

# Trayectoria tecnológica de la tomografía híbrida por emisión de positrones (PET-CT)

VÍCTOR A. MALVÁEZ CAMPOS\*/ROLANDO V. JIMÉNEZ DOMÍNGUEZ\*\*

**RESUMEN:** En este trabajo se estudia la génesis y evolución de la tomografía híbrida por emisión de positrones tipo PET-CT, mediante las herramientas de la vigilancia tecnológica. Esta técnica tomográfica es actualmente muy empleada en el diagnóstico médico de pacientes con tumores o neoplasias, y su utilización eficiente en el país puede permitir el abatimiento de los costos y poner las tecnologías médicas de punta al alcance de un mayor número de pacientes. Para ello se necesita difundir su conocimiento y el campo de sus aplicaciones actuales y potenciales. Utilizando el análisis de patentes se detectan los principales campos tecnológicos que desarrollan las empresas líderes comercializadoras de dicha tecnología; se identifican las principales empresas en el mercado, sus perfiles y avances tecnológicos, y sus tendencias de desarrollo a futuro. El análisis de patentes se lleva a cabo consultando las bases de datos de la USPTO, EPO, JPO y WIPO. La vigilancia tecnológica se realizó utilizando la Clasificación Internacional de Patentes (CIP), pues esta metodología permite detectar los campos que están relacionados con las tecnologías asociadas a la tomografía PET-CT. Se encuentran las tendencias a futuro de las técnicas tomográficas y la evolución probable de costos de equipos y trazadores radiactivos.

**PALABRAS CLAVE:** Tomografía por emisión de positrones, detección del cáncer, tomografía híbrida, tomografía computarizada, tecnología tomográfica.

**ABSTRACT:** This work studies, by means of the technological surveillance, the origin and evolution of the hybrid tomography by positron emission, commonly known as PET-CT. This tomographic technique is currently used in the medical diagnosis of patients with tumors or neoplasias, and its efficient use in Mexico could reduce costs and increase the opportunities for more people to have access to advanced medical technologies. To this end it is necessary to make them known, together with the fields of actual and potential applications. The main providers of this technology and their core competences are detected by means of patent analysis, as well as their technological profiles, advances and future developments. Patent analysis is carried out by consulting data bases as USPTO, EPO, JPO and WIPO. The technological surveillance was accomplished with the help of the International Classification of Patents (ICP) protocol, which allows the identification of the technological fields that are related to PET-CT. Future trends in the technology and possible evolution of equipment and radioactive marker prices are also found.

**KEYWORDS:** Positron emission tomography, cancer detection, hybrid tomography, computerized tomography, tomographic technology.

## Introducción

El cáncer es una de las principales causas de mortalidad en el mundo, y los porcentajes de muertes por esta enfermedad van en aumento debido a diversos factores (ambientales, hábitos de consumo, mayor esperanza de vida, etc.). La mayoría de los cánceres son normalmente detectados mediante radiografía (técnicas convencionales de Rayos X), pero el diagnóstico hecho de esta forma es muy deficiente porque no permite distinguir entre neoplasias benignas y malignas; por consiguiente, no constituye una buena base para prescribir el tratamiento adecuado.

\* Ing. En Comunicaciones y Electrónica; Maestro en Política y Gestión del Cambio Tecnológico egresado del CIECAS-IPN.

\*\* Profesor-investigador titular del CIECAS-IPN. Becario de los sistemas SIBE y EDI del IPN (Proyecto SIP-20100198); Miembro del SNI-México.

En cambio, la tomografía computarizada (CT) es utilizada con frecuencia para recabar información anatómica y morfológica sobre las lesiones, y cuando se combina con la tomografía por emisión de positrones (PET) permite obtener la información metabólica y fisiológica necesaria para distinguir entre lesiones benignas y malignas, con alto grado de certidumbre. Así resulta que en la actualidad la tomografía PET-CT constituye el estudio o medio de diagnóstico de elección para la estrategia terapéutica (Martínez Villaseñor *et. al.*, 2006).

En el año 2003 había en México solamente un tomógrafo PET-CT, que estaba instalado y operando en el Laboratorio de Medicina Nuclear de la UNAM; por esa época estos equipos eran todavía muy escasos en el mundo, a pesar de que su aparición en el mercado se inició en la década de los noventa. En Latinoamérica sólo los había en Brasil (2), Argentina (2) y Chile (1). Ya para 2006 México contaba con cinco o seis, algunos en instituciones de salud privadas, y este número ha ido rápidamente en aumento, así como el personal capacitado y la pericia de éste. Los costos, sin embargo, siguen siendo altos pero con tendencia a la baja, como se desprende de este estudio.

El principio de operación de un tomógrafo PET-CT es más o menos simple. Se inyecta al paciente una sustancia trazadora (isótopo radiactivo de muy corta vida media) que emite positrones (antipartículas del electrón). La sustancia es arrastrada por la sangre a todas las partes del cuerpo, de modo que puede examinarse éste en cualquier zona seleccionada. Un positrón emitido por el radiofármaco desde cualquier célula del cuerpo se combina casi instantáneamente con un electrón, siempre presente en los átomos de la materia, aniquilándose ambos y produciendo dos fotones que viajan en la misma dirección pero en sentidos opuestos. La imagen se obtiene gracias a que los tomógrafos son capaces de detectar los fotones emitidos por el paciente. Para que estos fotones acaben por conformar la imagen deben detectarse “en coincidencia”, es decir, al mismo tiempo, en una ventana de tiempo adecuada (nanosegundos); además deben provenir de la misma dirección y tener sentidos opuestos; pero también su energía debe superar un umbral mínimo que certifique que no ha sufrido dispersiones energéticas de importancia en su trayecto hasta los detectores. Los detectores de un tomógrafo PET están dispuestos en anillo alrededor del paciente, y gracias a que detectan en coincidencia los fotones generados en cada aniquilación, conformarán la imagen. Para la obtención de la imagen estos fotones detectados son convertidos en señales eléctricas. Esta información posteriormente se somete a procesos de filtrado y reconstrucción, gracias a los cuales se obtiene la imagen.

Existen varios radiofármacos emisores de positrones de utilidad médica. El más importante de ellos es el Flúor 18, que es capaz de unirse a la desoxi-glucosa para producir el trazador 18-Flúor-Desoxi-Glucosa (18FDG). Casi todos los tejidos del cuerpo humano tienen avidez por la glucosa, pero sobre todo los tumores malignos; así que en ellos la glucosa se concentra con mayor rapidez y son los que presentan mayor actividad fotónica. Esto resulta un arma de capital importancia en el diagnóstico médico, puesto que muestra qué áreas del cuerpo tienen un metabolismo glucídico elevado, que es una de las características primordiales de los tejidos neoplásicos. La utilización de la 18FDG por los procesos oncológicos se basa en que en el interior de las células tumorales se produce sobre todo un metabolismo fundamentalmente anaeróbico que incrementa la expresión de las moléculas transportadoras de glucosa. La 18FDG es captada por las células pero al no poder ser metabolizada, sufre un “atrapamiento metabólico” gracias al cual se obtienen las imágenes. Una de las ventajas de la 18FDG es su corta vida, de unos 110 minutos, de modo que el paciente puede someterse al estudio PET-CT una hora después de recibir el radiofármaco y pocas horas después éste pierde su actividad casi por completo, haciéndose inocuo, siendo eliminado finalmente por el cuerpo. El FDG se hace radiactivo al ser irradiado en un ciclotrón, pero por el corto tiempo de vida del trazador éste debe ser producido cerca del lugar donde se va a utilizar; todo esto contribuye a elevar su precio.

El PET permite estimar los focos de crecimiento celular anormal en todo el organismo, en un solo estudio, por abarcar todo el cuerpo si se requiere; por lo tanto, permitirá conocer también la extensión. Pero además sirve, entre otras cosas, para evaluar, en estudios de control, la respuesta al tratamiento, al comparar el comportamiento del metabolismo en las zonas de interés entre dos estudios hechos en distintas fechas.

#### **Desarrollo de la investigación. Herramientas y estrategias utilizadas**

**Vigilancia Tecnológica.** El aprovechamiento eficaz de las tecnologías adecuadas por parte de una organización o empresa (hospital) requiere de la adopción de una cultura organizacional que pueda incorporar los conocimientos de un entorno de constantes cambios tecnológicos. Con esta dinámica de cambios constantes, la elección de la tecnología a adoptar resulta ser fundamental para la organización; si la decisión no se realiza de forma acertada, la tecnología incorporada puede resultar obsoleta en el corto plazo, a menos que dicha tecnología esté acompañada de un mecanismo de adaptación y capacitación permanentes a fin de mantenerse al día con los avances tecnológicos.

Según diversos autores, entre ellos Hidalgo (2002), la vigilancia tecnológica puede ayudar a las organizaciones a detectar las oportunidades y amenazas, en un mercado muy competitivo, a fin de conocer el entorno empresarial, orientarse al desarrollo de nuevos productos o servicios, encontrar socios financieros, comerciales o tecnológicos. Para ello las acciones de esta vigilancia pueden ser desarrolladas en cinco etapas:

1. Anticipar: Alertar sobre los cambios o amenazas procedentes del mismo sector de actividad o distintos en la organización
2. Reducir riesgos: Detectar las oportunidades de inversión y comercialización
3. Progresar: Detectar las oportunidades de inversión y comercialización
4. Innovar: Detectar ideas nuevas y soluciones
5. Cooperación: Identificar a los socios de manera oportuna para desarrollar proyectos conjuntos, ahorrando inversiones y facilitando la incorporación de nuevos avances tecnológicos a los propios productos, procesos y servicios.

Lo importante no es sólo acopiar la información sino que debemos procesarla, clasificarla, analizarla, asimilarla y convertirla en conocimiento que pueda ser utilizado en la toma de decisiones para obtener buenos resultados. La importancia de la vigilancia dentro de la organización es proporcionar la información pertinente, suficiente y oportuna a la persona idónea o que la requiere para tomar decisiones.

Porter (1990), propone cuatro modalidades de la vigilancia a considerar en la competitividad de las empresas:

- Vigilancia Comercial: Estudia los datos referentes a proveedores y clientes.
- Vigilancia Competitiva: Se ocupa de los competidores los actuales y los potenciales.
- Vigilancia del Entorno: estudia los fenómenos externos que condicionan a la empresa, como la política, el medio ambiente (normas específicas) y la sociología (las costumbres de los consumidores).
- Vigilancia Tecnológica: se ocupa de detectar y acopiar la información sobre las tecnologías disponibles o que acaban de aparecer y que puedan ser incorporadas a nuevos productos, procesos o servicios.
- Esta información se obtiene fundamentalmente por medio de las patentes.

Ashton y Stacey (1995) consideran que un sistema de vigilancia tecnológica tiene carácter estratégico en la organización, caracterizándolo de la siguiente manera:

1. Ayuda a la Dirección de Proyectos de Innovación Tecnológica a configurar su estrategia.
2. Permite incorporar nuevos avances tecnológicos a los productos y servicios.
3. Contribuye a abandonar a tiempo un determinado proyecto de innovación.
4. Identifica oportunidades de inversión y comercialización.
5. Identifica socios para colaborar, ahorrando costos de I+D y desarrollos paralelos.
6. Identifica amenazas potenciales que puedan suponer una pérdida de mercado.

### **Herramientas de la vigilancia tecnológica utilizadas para este trabajo**

Este trabajo se apoyó principalmente en el Análisis de Patentes, que es una de las herramientas más útiles de la vigilancia tecnológica, pues permite tener información sobre las áreas de mayor fortaleza de los distintos proveedores de tecnología, los proyectos que están desarrollando en I+D, la compra de tecnología, etc. En nuestro caso, mediante una búsqueda en bases de datos de WIPO, USPTO, EPO y JPO se elaboró un reporte sobre los principales proveedores que desarrollan y comercializan la tecnología PET-CT. Por medio de esta búsqueda se encontraron las competencias centrales de cada empresa y fue posible describir cada una de ellas.

El análisis de patentes permitió también conocer su cartera de patentes, la importancia que tiene la I+D en el desarrollo tecnológico de cada una de las empresas proveedoras. Si la empresa tiene una amplia cartera de patentes, se facilita el estudio mediante la vigilancia tecnológica.

Sarlabos (1997) considera que las patentes no sólo protegen una invención sino que ponen a disposición de los interesados la información tecnológica que de otra forma no hubiera sido publicada; esta información presenta las siguientes ventajas:

- Transmite información tecnológica reciente.
- Tiene estructura y nomenclatura uniformes, lo que las hace comprensibles a escala internacional.
- Un ejemplo de esto es la clasificación internacional de patentes (CIP), la cual:
  - Contiene información que no se divulga en otras bibliografías.
  - Contiene datos de identificación con el titular de la patente.
  - Al no ser secreta puede utilizarse de forma libre en la I+D.

Al examinar una patente, el documento que la respalda brinda información de manera más rápida, en comparación con lo que se publica en revistas técnicas especializadas. Por esta razón muchos investigadores no divulgan en medios científicos su invención de forma detallada, sino después de haber transcurrido cierto tiempo, cuando la patente ha sido concebida y autorizada para su explotación.

Algunas ventajas que tienen las patentes en cuanto a la información tecnológica son:

Permite la ingeniería inversa, es decir, conocer los aspectos específicos de la tecnología permite desarrollar innovaciones.

Permite conocer la tecnología libre, cuya vigencia varía de país a país.

Contiene la información tecnológica más reciente.

Cubre todos los sectores técnicos.

Presenta información no divulgada.

Sin embargo, también existen algunos obstáculos en el uso de patentes:

Los investigadores son reacios a usar información de patentes por:

Desconocimiento.

Por publicarse en distintos idiomas (existen resúmenes en inglés; pero la lógica de redacción es acorde al país que publica la patente).

Hay a veces costos importantes para obtener copias.

### Estudio de la tecnología PET-CT

Por medio de la búsqueda de patentes, conocimos las principales empresas que comercializan esta tecnología y sus modelos comerciales, son las siguientes:

Nombre del Proveedor	Nombre del Modelo del PET-CT
Siemens	Biograph
General Electric (GE)	Discovery
Philips	Gemini
Shimadzu	Stargate y Sophia

El estudio del portafolio de las patentes asociadas a estos modelos permitió determinar las áreas de conocimiento en las que se concentran los esfuerzos de cada una de estas empresas, así como elaborar una lista de los principales inventores y las áreas de conocimiento en las que se desarrollan. La clasificación de las áreas de conocimiento se realizó con auxilio de la CIP, la Clasificación Internacional de Patentes; esta clasificación de patentes se divide en 5 partes o clases (WIPO, 2009):

El más alto nivel corresponde a los campos técnicos; éstos se clasifican por letras mayúsculas y el rango es de la A hasta la H.

Las clases se subdividen en más de 600 subclases. Éstas se identifican por dos dígitos numéricos y una letra, por ejemplo: A21B.

Las subclases son divididas en grupos principales y subgrupos.

Los grupos principales siempre terminan con “/00”, por ejemplo, A21C 5/00 se refiere a la división de máquinas.

La jerarquía de los subgrupos dentro de los grupos principales ha sido designada por los títulos que le preceden.

Con la información precedente pueden conocerse las fortalezas tecnológicas de las empresas o sus competencias centrales, es decir, aquéllas que corresponden a sus áreas de mayor desarrollo. Una de las formas de ilustrar de manera gráfica estas competencias centrales es por medio de los “mapas tecnológicos”, que son construcciones visuales o gráficas, a veces muy elaboradas, que permiten mostrar lo siguiente:

La identificación de las principales empresas que distribuyen y venden el PET-CT.

Las competencias centrales (*core competences*) de cada una de las empresas.

Las estrategias de negocio de las empresas.

La identificación de posibles socios para colaborar, con el consiguiente ahorro de esfuerzos y gastos en I+D y desarrollos paralelos.

### Resultados de la Búsqueda de Patentes

Los resultados de esta búsqueda se desplegarán por medio de los mapas tecnológicos, en donde se mostrarán las principales Clasificaciones Internacionales de Patentes (CIP).

En esta búsqueda se encontraron cuatro empresas que tienen la capacidad de hacer I+D y comercializar los productos PET-CT. Éstas son Siemens, General Electric, Philips y Shimadzu. Estas empresas reflejaron distintos perfiles tecnológicos en el área de imagenología y medicina nuclear.

La empresa Siemens tiene una elevada publicación de patentes en la clasificación G, lo que significa que ha manejado desarrollos en la parte de los principios físicos, en cómputo y conteo. Estas características se pueden ver en la traducción del código CIP “G06” que se muestra en la tabla siguiente, en ella se muestran las diversas vertientes que tiene esta clasificación.

#### Patentes con Clasificación G de la empresa Siemens

Clasificación	Interpretación
G06T 7/00 (2006.01)	Análisis de imagen (desde un mapeado binario para obtener un mapeado no binario)
G06T 5/00 (2006.01)	Perfeccionamiento o restauración de imagen (mapeado binario a un mapeado binario creando una imagen similar)
G06F 19/00 (2006.01)	Equipos médicos de proceso de datos o de cómputo digital, especialmente adaptados a aplicaciones específicas
G06K 9/62 (2006.01)	Métodos o disposición para el reconocimiento que utilizan medios electrónicos

Estas clasificaciones están orientadas al desarrollo de la reconstrucción de imagen por medio de algoritmos computacionales y también al desarrollo de mapeos para la calidad de las imágenes captadas por medio de la tomografía.

La segunda empresa cuyas patentes fueron revisadas es Philips; esta empresa tuvo un gran número de patentes publicadas en la clasificación G, en particular en la subclasificación G06, que concierne al área de computo, conteo y cálculo, y en la subclasificación G01, que concierne a la parte de ensayos y metrología.

**Patentes con Clasificación G de la Empresa Philips**

Clasificación	Interpretación
G06T 7/00 (2006.01)	Análisis de imagen, p. ej. Desde un mapeado binario para obtener un mapeado no binario.
G01T 1/29 (2006.01)	Medida de los rayos X, rayos gamma, radiaciones corpusculares o de las radiaciones cósmicas (G01T 3/00, G01T 5/00 tienen prioridad). Medida efectuada sobre haces de radiaciones, p. ej. sobre la posición o la sección del haz; medida de la distribución espacial de radiaciones (centelleografía G01T 1/164)
G06T 11/00 (2006.01)	Generación de imagen bidimensional (2D), p. ej. desde una descripción para obtener una imagen en mapeado binario
G06F 19/00 (2006.01)	Equipos o métodos de proceso de datos o de cómputo digital, especialmente adaptados a aplicaciones específicas (G06F 17/00 tiene prioridad; sistemas o métodos de proceso de datos especialmente adaptado a funciones administrativas, comerciales, financieras, de supervisión o de pronóstico G06Q)

En esta sección se presentan las clasificaciones que concentran los campos de algoritmos de programación para lograr medidas de la distribución espacial, es decir, regular la cantidad de radiación o centelleo dependiendo de la parte del cuerpo que se va exponer.

La tercera empresa examinada fue General Electric. Esta empresa tiene la particularidad de concentrar sus desarrollos tecnológicos en la clasificación C de química metalúrgica, específicamente en la subclasificación C07B, que corresponde a los compuestos generales de la química orgánica y sus aparatos.

Clasificación	Interpretación
C07B 59/00 (2006.01)	Introducción de isótopos de elementos en los compuestos orgánicos

Esta clasificación nos indica que esta empresa realiza I+D en las áreas de los radiotrazadores o radiofármacos con base en el Flúor 18 (18F). Este campo tecnológico es muy claro para la división *Health Care*.

La última empresa revisada fue Shimadzu, cuyos desarrollos están orientados en la clasificación G de Física y en la subclasificación G01T en el campo tecnológico de las medidas de radiaciones nucleares o de rayos X.

**Patentes con Clasificación G de la Empresa Shimadzu**

Clasificación	Interpretación
G01T 1/161 (2006.01)	Medida de los rayos X, rayos gamma, radiaciones corpusculares o de las radiaciones cósmicas (G01T 3/00, G01T 5/00 tienen prioridad). Medida de la intensidad de radiación (G01T 1/29 tiene prioridad). Aplicaciones en el campo de la medicina nuclear; p. ej., contado <i>in vivo</i> (aplicación de material radiactivo al cuerpo A61M 36/00)
G01T 1/20 (2006.01)	Medida de los rayos X, rayos gamma, radiaciones corpusculares o de las radiaciones cósmicas (G01T 3/00, G01T 5/00 tienen prioridad). Instrumentos en los cuales los impulsos engendrados por un detector de radiaciones están integrados; p. ej., por un circuito de bombeo de diodo (contadores de repetición de pulsos en general G01R 23/02) . Con detectores de centelleo
G06T 1/00 (2006.01)	Tratamiento de datos de imagen, de aplicación general

Este grupo de clasificaciones permite deducir que esta empresa se ha dedicado a trabajar sobre las mediciones de radiación tipo X o nucleares proporcionadas por las fuentes, y en la medición por medio de sus detectores, desarrollando la espectrometría; esta función sirve para medir la radiación en el cuerpo y las distintas densidades de ésta; de esta manera puede evitarse exceder el máximo de radiación permitida en las partes del cuerpo muy blandas y que se ocasionen daños a los pacientes. Shimadzu es una empresa reconocida mundialmente por la calidad de sus detectores y medidores de radiaciones de diversa naturaleza, principalmente por su alta sensibilidad.

**La industria del PET-CT en los negocios**

Según el reporte de TriMark (2007), la industria de la imagenología médica tiene un crecimiento global que depende del tipo de equipo (radiografía convencional, fluoroscopio, ultrasonido, exploración de Resonancia Magnética MRI, CT, medicina nuclear y PET), y del mercado (hospitales públicos y privados, recursos del paciente no internado, consultorios médicos, atención sanitaria a domicilio, consultorios dentales, consultorios veterinarios y centros de investigación). TriMark considera que las proyecciones del mercado mundial de imagen médica de diagnóstico y terapéutica mundial alcanzan los \$20 mil millones de dólares anuales, con aumentos estimados entre el 5% y 6% por año para 2010.

Otras proyecciones superan los \$27 mil millones de dólares, con un crecimiento constante de dos dígitos para muchos sectores. Los estudios para el mercado de la imagenología médica dan una proyección en los EU que se estima crecer un 8% por año a partir de 2010, alcanzando cerca de los \$11 mil millones de dólares para entonces. Las dos categorías de prueba son la radiografía y la mamografía, que dominan este mercado en términos de volumen de procedimientos y corresponden aproximadamente al 25% y 31% del mercado mundial total de la proyección de imagen médica, respectivamente. El aumento del volumen de procedimientos en la mamografía se debe a que se está difundiendo una cultura para el cuidado de la salud en la población femenina, en lo que respecta a la prevención del cáncer de mama.

TriMark observa oportunidades significativas para hacer crecer el negocio de la proyección de imagen médica fuera de los EU. Específicamente, los procedimientos europeos de la proyección de imagen médica aumentaron 25% durante el año anterior. Sin duda, las crecientes campañas de las organizaciones de salud de las mujeres desempeñan un papel crítico en la comercialización de los resultados de la investigación en mamografía. En una perspectiva de mercado, las ventas de las unidades de escáneres del PET están aumentando entre hospitales grandes, centros médicos e instalaciones de servicio comunitarias. El número de procedimientos que son realizados también está creciendo.

Las ventas en los EU del PET fueron en 2006 de \$625.8 millones de dólares y las ventas mundiales de \$1,655.4 millones. Los analistas industriales estiman que se hicieron 1.209,900 estudios clínicos en los EU en 2006, utilizando los escáneres fijos de PET-CT o simplemente del PET, escáneres móviles de PET-CT o del PET, o cámaras de medicina nuclear con detección. Los estudios fueron realizados en 1,725 sitios, integrados por recursos de hospital (63%) y de no-hospital (37%). La demanda para la exploración del PET continuó creciendo con un aumento de 12% al año. Antes de 2011 se espera que el volumen de procedimientos con el

PET aumente a 2.1 millones, para una tasa de crecimiento anual compuesta total del 12% en los próximos cinco años.

El PET ha llegado a ser más accesible a un mayor número de médicos y pacientes, observándose un aumento en la demanda. Esto ha estimulado ventas de la fluoro-deoxy-D-glucosa (FDG), mientras que se reduce el costo por dosis. Antes de 2006, las ventas de FDG ya eran de \$408 millones de dólares al año. Estas ventas pueden alcanzar los \$814 millones de dólares antes de 2011, a pesar de que el precio de la dosis de FDG ha disminuido.

### Shimadzu

Según el reporte anual corporativo de 2006 (Shimadzu, 2006), en su división Health Care también se observan aumentos de las ventas en el segmento de productos de diagnóstico de imagen médica, de los cuales la mayoría está constituida por los sistemas de rayos X, los sistemas PET y los sistemas PET-CT.

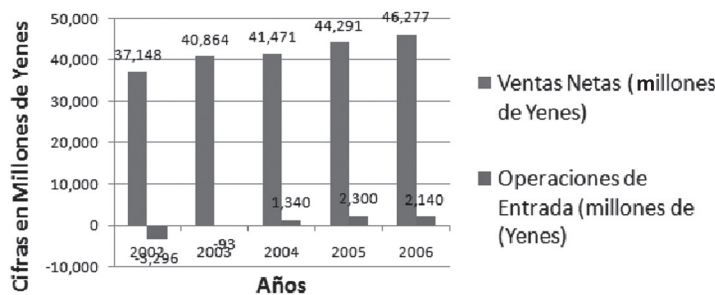
En el segmento de mercado de los sistemas de rayos X la demanda mayor es de equipos con detectores del tipo FDP (Flat Panel Detectors). Estos dispositivos han reemplazado la tecnología analógica convencional. Los detectores FPD utilizan un método de conversión directa de imagen que produce imágenes de forma clara y detallada; este sistema ha ganado aceptación en los hospitales y clínicas, incrementándose más las ventas cada año.

Los resultados anuales de la compañía se presentan al fin del mes de marzo de cada año. En el mercado japonés los productos de rayos X tienen altos desempeños, mientras que las ventas del PET han declinado debido a los retrasos en el lanzamiento de un nuevo escáner para el PET-CT.

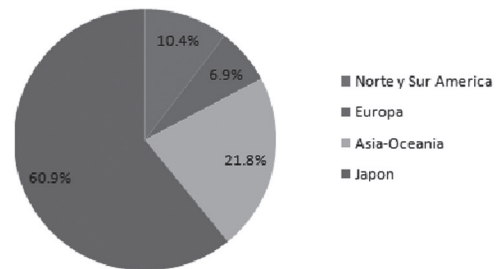
En los mercados internacionales se observa lo siguiente: Los resultados en este segmento crecieron 4.5% con respecto al año anterior, con 46,277 millones de yenes en 2006; sin embargo, se observa una declinación en los ingresos netos del 6.9%, con 2,140 millones de yenes menos, en consonancia principalmente con las menores ventas de PET y PET-CT.

### Ventas de la División Health Care de la Empresa Shimadzu

Ventas y operaciones de entrada de la empresa Shimadzu



Porcentaje de ventas por región de la empresa Shimadzu



### Siemens

Según el Reporte Anual de Siemens del año 2006, la división de Medical Solutions volvió a tener una de sus principales actuaciones con € 1.06 billones en la división de Health Care; estos fueron beneficios fiscales en el año 2006. El incremento en su base amplia de ganancias fue el área de diagnóstico médico en imagenología; estos negocios compensaron los aumentos en las inversiones de I+D comparados con el año anterior. La empresa CTI Molecular Imaging, Inc. fue adquirida en el tercer trimestre del año fiscal de 2005, también contribuyendo a las ganancias del año. Sus ventas y pedidos han aumentado 8% con respecto al año anterior, a € 8.227 billones por ventas y € 9.334 millones por nuevos pedidos.

#### Ventas de la División Medical Solutions de la Empresa Siemens

Medical Solutions (Cifras en Millones de Euros)			Fin de año Septiembre 30	
Año	2006	2005	Actual	Ajustado
Beneficio del grupo	1,061	976	9%	
Margen de beneficio del grupo	12.90%	12.80%		
Ventas	8,227	7,626	8%	5%
Nuevos Pedidos	9,334	8,641	8%	6%

Excluyendo los efectos de conversión de monedas del 2% y un 1% para las ventas de un orden, respectivamente, y sus efectos de cartera de 1% sobre ventas y pedidos.

Fuente: Reporte Anual 2006 Siemens Health Care

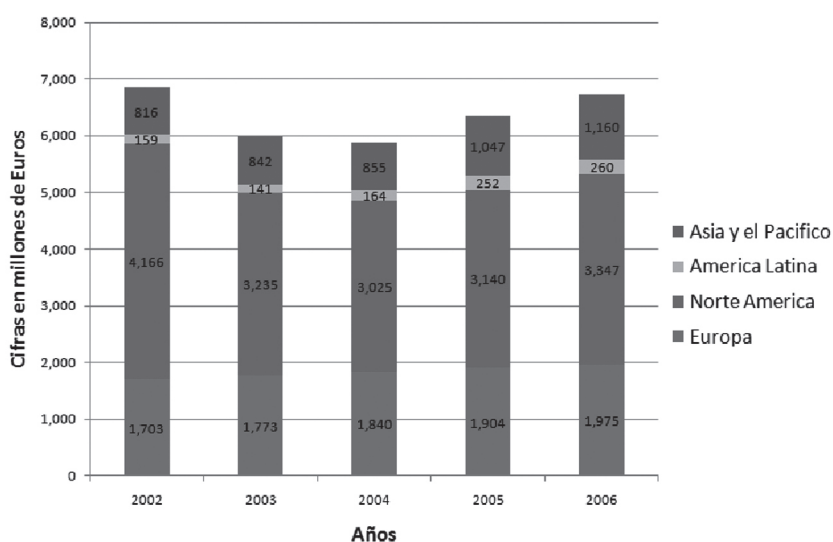
### Philips

En su reporte anual del 2006 (Philips 2006) las ventas tuvieron un crecimiento del 7% con respecto al año anterior, en la división de Medical Systems. Los sistemas que lograron el crecimiento fueron: tomografía computarizada, medicina nuclear, rayos X, la sección de *Healthcare Informatics*, ultrasonido y monitoreo. Este logro en ventas es explicable porque se abrieron nuevos canales de ventas en Japón, China y el resto de Asia.

#### Ventas de la División Health Care de la Empresa Philips

Datos Claves (Cifras en millones de Euros)			
Año	2004	2005	2006
Ventas	5,884	6,343	6,742
Crecimiento de Ventas			
% de incremento (disminución) nominal	-2	8	6
% de incremento, comparable	4	7	7
EBITA	715	770	936
(como un porcentaje de ventas)	12.2	12.1	13.9
EBIT	35	679	795
(como un porcentaje de ventas)	0.6	10.7	11.8
Capital Neto de Explotación (NOC)	2,862	3,400	4,332
Flujo de efectivo antes de las actividades de financiamiento	677	566	-371
Empleados (FTEs)	30,790	30,978	32,843

#### Ventas de Philips Health Care del año 2002-2006



Fuente: Reporte Anual 2006 Philips Health Care

### General Electric

Según el Annual Report del 2006, General Electric (2006) es una de las empresas líderes en el desarrollo de los nuevos paradigmas sobre el cuidado del paciente; su experticia o pericia en imagenología médica e información tecnológica, diagnóstico médico, sistemas de monitoreo de paciente, investigación de enfermedades, descubrimiento de medicamentos y manufactura de tecnologías de biofármacos está dedicada a detectar padecimientos tempranos y ayudar a los médicos a darle al paciente un tratamiento a la medida.

**Cuadro 1**  
**Ventas de la División Health Care de la Empresa General Electric**

Resumen del Segmento de Operaciones (cifras en millones de dólares)					
Ingresos	2006	2005	2004	2003	2002
Infraestructura	47,429	41,803	37,373	36,569	40,119
Servicios Financieros	23,792	20,646	19,524	16,927	15,688
GE Banco	21,759	19,416	15,734	12,845	10,266
Cuidado de la Salud (Health care)	16,562	15,153	13,456	10,198	8,955
Canal de TV. NBC Universal	16,188	14,689	12,886	6,871	7,149
Industrial	33,494	32,631	30,722	24,988	26,154
<b>Total del Segmento de Ingresos</b>	<b>159,224</b>	<b>144,338</b>	<b>129,695</b>	<b>108,398</b>	<b>108,331</b>
Elementos corporativos y eliminaciones	4,167	3,618	4,596	5,023	3,636
<b>Ingresos Consolidados</b>	<b>163,391</b>	<b>147,956</b>	<b>134,291</b>	<b>113,421</b>	<b>111,967</b>

Fuente: Reporte Anual 2006 General Electric

A continuación, usando los datos de ventas netas de la división de Health Care de cada una de las empresas que comercializan la tecnología PET-CT, se calcula la tendencia de ventas que estima la consultora de negocios de TriMark para 2010, que es de 27 mil millones de dólares.

En el Cuadro 2 se muestra la recolección de las cantidades de ventas netas y a éstas se les hace una conversión en dólares para estandarizarlas. Segundo, se da una estimación de la aportación del área de imagen en ventas (un aproximado de 52%) en lo que respecta a la tomografía computarizada tipo PET-CT y a la resonancia magnética; todo ello con respecto a toda la división de Health Care.

**Cuadro 2**  
**Recopilación de las Ventas Mundiales en la División Health Care**

Empresa	Ventas del Año 2006 en el área de healthcare (Millones)	Conversión en Dólares (Millones)	Proporción del negocio de healthcare para cada empresa	Ventas Totales en el mercado de imagenología
Año				2006
Siemens	€ 8,227	\$12,145	0.50	\$6,315
GE	\$16,562	\$16,562	0.50	\$8,612
Philips	€ 6,742	\$8,901	0.50	\$4,629
Shimadzu	¥46,277	\$389	1.00	\$389
<b>Total</b>			<b>2.50</b>	<b>\$19,945</b>

Fuente: Elaboración propia.



La suma total de las tres empresas en ventas coincide con el reporte de ventas de la consultora TriMark, y ésta estima que se tendrá un crecimiento de entre 5% y 6% año con año.

A continuación se calcula la proyección con el 6% de crecimiento para hacer la proyección de ventas en 2010 y sacar el total.

**Cuadro 3**  
**Proyecciones de las Cifras de Ventas en 2010 de la División Health Care**

Empresas	Años Calculados				
	2006	2007	2008	2009	2010
Siemens	6,315	6,694	7,096	7,522	7,973
GE	8,612	9,129	9,677	10,257	10,873
Philips	4,629	4,906	5,201	5,513	5,843
Shimadzu	389	412	437	463	491
<b>Total</b>	19,945				25,180

Fuente: Elaboración propia

Las proyecciones del cuadro anterior se calcularon por medio del interés compuesto.

La fórmula es la siguiente:

$$P(n+1) = Pn + (Pn * \text{Interés}) \text{ ----- (1)}$$

$Pn$  = Período actual

$P(n+1)$  = Período futuro o siguiente a calcular.

Interés= Ese dato se dio con base en el crecimiento de la empresa TriMark.

La segunda forma en que se calculó fue mediante la fórmula del valor presente; la fórmula es la siguiente:

$$PV = VF / (1+r)^n \text{ ----- (2)}$$

$PV$  = Valor Presente

$VF$  = Valor Futuro

$r$  = interés

$n$  = número de años.

Para este problema, el dato que hace falta es el interés (sin tomar en cuenta el que maneja TriMark); por lo tanto, se despeja la variable interés para sustituirla en la fórmula (2).

$$r = ((VF/VP)^{1/n}) - 1 \text{ ----- (3)}$$

$VP = 20$  mil millones,  $VF = 27$  mil millones,  $n = 4$

Sustituyendo

$$r = ((20,000/27,000)^{1/4}) - 1$$

$$r = 0.78$$

Con este dato se puede hacer la proyección de año con año hasta 2010, utilizando la ecuación (2), y saber si la suma de todas sus ventas son los 27 mil millones.

**Proyecciones de Ventas Calculadas con el Valor Futuro en la División Health Care**

Empresas	Años calculados (cifras en millones de dólares)				
	2006	2007	2008	2009	2010
Siemens	6,315	6,757	7,230	7,736	8,278
GE	8,612	9,215	9,860	10,550	11,289
Philips	4,629	4,953	5,300	5,671	6,068
Shimadzu	389	416	445	477	510
<b>Total</b>	19,945				26,144

Fuente: Elaboración Propia. Las cantidades del 2006 calculadas en el reporte anual de cada empresa y los siguientes años son proyecciones de la fórmula de valor futuro esto si prever la crisis económica que inicio en el año 2008

Este cuadro prueba la veracidad de los datos que se están manejando; esto quiere decir que la industria de la imagenología médica tiene una importancia estratégica en las empresas y tiene una importancia también en la demanda de este sector, ya que año con año se observa un continuo crecimiento. Por lo tanto, otras empresas que estén interesadas en migrar a esta industria se verán obligadas a realizar grandes inversiones en el desarrollo de la imagenología médica. Para los hospitales los avances tecnológicos brindan año con año mejores formas para realizar un diagnóstico médico con mayor precisión, detectando oportunamente las causas de los padecimientos y logrando que cada vez se reduzcan más los costos de estudios para la detección de tumores malignos.

### Conclusiones

El análisis de patentes permitió identificar que las principales firmas comercializadoras de los equipos de tomografía por emisión de positrones y tomografía computarizada (PET-CT) fueron inicialmente las empresas Siemens, General Electric, Philips y posteriormente se incorporó la empresa Shimadzu. Estas empresas han utilizado diferentes estrategias para desarrollar la tecnología PET-CT, que se describen a continuación.

Siemens generó una empresa tipo *spin off* con el propósito de llevar a cabo estos desarrollos; la primera patente de PET-CT le fue otorgada en 1997 y la asignación de la misma quedó

a nombre de CTI PET Systems<sup>1</sup> con el número de registro 6631284. Esta empresa se encuentra ubicada en Knoxville, Tennessee (EUA), en las mismas instalaciones que tiene Siemens en Knoxville; los inventores que desarrollaron el primer prototipo de PET-CT fueron David Townsend y Nutt Ronald, siendo este último autor de numerosas aportaciones en el área de la imagenología para la empresa Siemens.

El primer modelo de Siemens en el mercado de PET-CT salió en el año 2000 con el nombre comercial de “Biograph”,<sup>2</sup> constituyéndose así en la primera empresa en lanzar esta tecnología al mercado.

Casi simultáneamente, en el mismo año que Siemens, General Electric lanzó al mercado su modelo “Discovery LS”.<sup>3</sup> Esta empresa comenzó utilizando secretos industriales, desde el año de 1999 hasta 2005, cuando se comienzan a encontrar los primeros registros de patentamiento de dicha empresa; en el periodo antes mencionado se encontró que esta empresa lanzó al mercado los modelos “Discovery ST”,<sup>4</sup> en 2002 y “Discovery STE”,<sup>5</sup> en 2005. Esta empresa también se ha dedicado a la digitalización, almacenamiento, transmisión y compresión de las imágenes.

Philips en su división Koninklijke Philips Electronics N.V. se ha especializado en el desarrollo de algoritmos de programación para la medición de radiación a través de una distribución espacial; ésta depende de la cantidad de radiación o centelleo aplicada a la parte del cuerpo que se va a exponer. Es decir, Philips se ha concentrado más en los aspectos conocidos como “espectrometría”.

Shimadzu, por su parte, adoptó la estrategia de unirse con distintas empresas de electrónica para incorporarse al mercado de la tomografía en 2006; esta empresa centra sus esfuerzos en la medición de rayos X y otras radiaciones nucleares, enfocándose principalmente en la medición, por medio de los detectores de alta tecnología que desarrolla, de las intensidades de radiación y en la espectrometría, con el propósito de que se evite en la mayor medida posible un exceso de radiación en las partes más blandas del cuerpo.

Los costos de equipos y radiofármacos han ido disminuyendo a medida que la tecnología se ha perfeccionado y difundiéndose entre un cada vez mayor número de usuarios; en este último proceso el mejor conocimiento de estas tecnologías y su potencial de aplicaciones ha sido determinante.

### Bibliografía

- ♦ Ashton, W. & G. Stacey (1995), “Technical intelligence in business: understanding technology, threats and opportunities”; Intl. Journal of Technology Management, 10 (1), 79-104.
- ♦ Escorsa, P. & M. Maspons (2001), *De la vigilancia a la inteligencia competitiva* (1ra. ed.), Prentice Hall, Madrid.
- ♦ EPO (2009) European Patent Office: ESPACENET. Revisado Marzo 16 2009, de [http://ep.espacenet.com/advancedSearch?locale=en\\_EP](http://ep.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP)
- ♦ Fundación COTEC. (1999), *Vigilancia tecnológica: Documentos COTEC sobre oportunidades tecnológicas* (1ra ed.), Graficas Arias Montano, S.A., España.
- ♦ Hidalgo, A. (2002), *La vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva*; Ed. Pirámide, capítulo “La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones”, Madrid, pp. 307-335).
- ♦ JPO (2009), Japan Patent Office : Industrial Property Digital Library IPDL. Revisado Abril 15 2009, de <http://www19.ipdl.inpit.go.jp/PA1/cgi-bin/PA1INIT?1175358331875>
- ♦ Martínez Villaseñor, D. y R. Gerson (2006), “La Tomografía por Emisión de Positrones, (PET/CT). Utilidad en Oncología”; Revista *Cirugía y Cirujanos*, Vol. 74, No. 4, editada por la Academia Mexicana de Cirugía, México, D. F.; pp. 295-304.
- ♦ Sarlabos, C. (1997), “Introducción: la cuestión de las patentes y la investigación tecnológica, la justificación de su análisis”; Seminario sobre patentes para investigadores OEA, 1997; Montevideo, 7-19.
- ♦ TriMark Publications, LLC (2007), *Positron Emission Tomography Markets*, December 2007.
- ♦ US-PTO (2008), United States Patent and Trademark Office: Patent Application full text and image data base. Revisado diciembre 8 2008, de <http://appft1.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>
- ♦ WIPO (2009), “World Intellectual Property Organization. Patent Scope”. Revisado Febrero 12 2009, de <http://www.wipo.int/pctdb/en/index.jsp>
- ♦ WIPO (2009). Guía para la Clasificación Internacional de Patentes, en [www.wipo.int/classifications/ipc](http://www.wipo.int/classifications/ipc)

<sup>1</sup> Patente Madre encontrada en la base de datos USPTO

<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fnetacgi%2FPTO%2Fsearch-adv.htm&r=31&p=1&f=G&l=50&d=P TXT&S1=6631284&OS=6631284&RS=6631284>

<sup>2,3,4</sup> Heiko Schröder (2003) “PET-CT: A new imaging technology in nuclear medicine”, *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, Vol. (30), No. (10), p.1420.

<sup>5</sup> Modelo Discovery STE Catalogo GE Healthcare.

[http://www.gehealthcare.com/euen/fun\\_img/products/pet\\_ct\\_imaging/products/discovery\\_ste.html](http://www.gehealthcare.com/euen/fun_img/products/pet_ct_imaging/products/discovery_ste.html)