

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/260311067>

Una solución de bajo costo para la digitalización de centros radiológicos de pequeña/mediana escala

CONFERENCE PAPER · OCTOBER 2009

READS

216

6 AUTHORS, INCLUDING:



Emanuel Arguiñarena

National University of Central Buenos Aires

9 PUBLICATIONS 11 CITATIONS

SEE PROFILE



Mariana del Fresno

National University of Central Buenos Aires

43 PUBLICATIONS 128 CITATIONS

SEE PROFILE



Eduardo Caselli

National University of Central Buenos Aires

52 PUBLICATIONS 264 CITATIONS

SEE PROFILE



M. Santiago

National University of Central Buenos Aires

53 PUBLICATIONS 325 CITATIONS

SEE PROFILE

Una solución de bajo costo para la digitalización de centros radiológicos de pequeña/mediana escala

Emanuel Arguñarena⁽¹⁾, Mariana del Fresno^(1,2), Pedro Escobar⁽¹⁾, José M. Massa⁽¹⁾, Eduardo Caselli^(1,2), Martín Santiago^(1,3)

⁽¹⁾ *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Pinto 399, 7000 Tandil, Argentina. Email: mdelfres@exa.unicen.edu.ar*

⁽²⁾ *CICPBA, calle 526 entre 10 y 11, 1900 La Plata, Argentina*

⁽³⁾ *CONICET, Rivadavia 1917, 1033 Buenos Aires, Argentina*

Resumen En este trabajo se presenta el desarrollo y la implementación de un PACS en un centro radiológico de pequeña escala, el cual integra las diferentes modalidades digitales o analógicas ya existentes a un servidor de archivo, un servidor de listas de tareas y un conjunto de estaciones de procesamiento y visualización. Se recurre a diferentes componentes de código abierto, a un digitalizador de imágenes médicas y a soluciones ad-hoc para la digitalización de la salida de los equipos analógicos. Estas adaptaciones generan una solución de bajo costo para informatización completa del centro radiológico, la cual puede extrapolarse/escalarse fácilmente a otros centros de diagnóstico por imágenes. Los resultados obtenidos revelan una evolución favorable del flujo de trabajo de la institución y la mejora de la calidad del servicio, facilitando la integración de aplicaciones avanzadas de análisis digital de imágenes y la incorporación potencial no traumática de equipamiento digital futuro.

Palabras clave—PACS, DICOM, RIS, HL7, imágenes médicas, digitalización.

I. INTRODUCCIÓN

Todo centro o departamento de diagnóstico por imágenes requiere de un mecanismo efectivo para la administración, almacenamiento y comunicación de las imágenes médicas que genera diariamente. Actualmente no existen dudas de que la solución definitiva consiste en la implementación de un PACS (Picture Archiving and Communication System), el cual se encarga de administrar la información en formato digital generada por las distintas modalidades (imágenes, datos y diagnósticos) [1]. La gestión digital de información radiológica mediante PACS brinda ventajas ampliamente reconocidas a nivel mundial. Entre ellas pueden nombrarse: la agilización del manejo de la información clínica, reducción de costos, optimización de los diagnósticos y del flujo de trabajo, reducción del tiempo consumido por estudio y de la repetición de estudios por errores, capacidad de interacción entre centros médicos alejados, posibilidad de integración con sistemas de información hospitalarios (HIS, Health Information System) y de la aplicación de métodos de diagnóstico asistidos por computadora (CAD, computer-aided diagnosis) [2]-[4].

Uno de los problemas más comunes durante la implementación de un PACS está relacionado con la dificultad para integrar los diferentes equipos, modalidades, archivos y sistemas de información. Esto se debe a la existencia de diversos protocolos de comunicación y formatos de imágenes de especificación cerrada, propiedad

de los fabricantes de dichos equipos digitales. Ante esta problemática, la aparición del estándar DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) ha resultado ser la solución para la integración buscada [5]. En un principio, solamente se utilizaba para la comunicación de imágenes entre los diferentes sistemas. Con los años y las mejoras continuas, DICOM se ha convertido en uno de los estándares más populares en el área de imágenes médicas. Actualmente, los avances de la estandarización han posibilitado incrementar aún más la integración de los diferentes sistemas en el ámbito hospitalario a través, por ejemplo, del estándar HL-7 (Health Level-7), el cual facilita la interacción y el intercambio electrónico de datos clínicos y administrativos en los servicios de salud, entre aplicaciones heterogéneas [6].

Concebido de manera aislada, un PACS interactúa con las consolas de los equipos correspondientes a cada modalidad (radiografía convencional, ecografía, tomografía computada, resonancia magnética, etc.), de los cuales recibe los estudios en formato DICOM, y con las estaciones de trabajo (*workstations*), desde donde los profesionales consultan al PACS los estudios realizados, para la realización de sus informes y otras tareas de revisión. Para que un PACS pueda ser explotado de manera eficiente requiere la existencia un sistema de información radiológica (RIS), el cual administra la información demográfica de los pacientes, como así también la secuencia de turnos y otras tareas asociadas con el centro radiológico (manejo de stock e insumos, administración de informes, planificación de servicios técnicos a los equipos, etc.). La integración del RIS con el PACS permite disminuir el tiempo y los errores derivados de la carga manual de datos del paciente, previene la realización de procedimientos incorrectos, asegura la consistencia de los datos del paciente entre los registros del RIS y los estudios almacenados en archivos DICOM. En general, esta comunicación entre el RIS y el PACS se realiza a través de mensajería de acuerdo al estándar HL7 [3].

Naturalmente, el uso de PACS es altamente recomendable en centros de salud de gran escala. En la Argentina, se ha manifestado una tendencia creciente a la incorporación de este tipo de sistemas en hospitales importantes. Una de las primeras implementaciones se realizó en la Fundación Escuela de Medicina Nuclear (FUESMEN) de Mendoza, que ha trabajado en la

implementación de un PACS desde el año 1994 [7]. Otras implementaciones han sido llevadas adelante por el instituto FLENI, donde la planificación se realizó en el año 2000 y su consolidación se logró a mediados del año 2002, el Hospital Alemán, el Hospital Italiano [8], y el Swiss Medical Group, por mencionar algunas de las más conocidas. Si bien cada una de estas instituciones debió superar distintos inconvenientes y realizar importantes esfuerzos para la instalación de los sistemas, los resultados han sido altamente satisfactorios.

En la Argentina, además de grandes centros de salud de tipo hospitalario, existe un importante número de centros privados de pequeña/mediana escala que prestan servicios de diagnóstico por imágenes, en distintas modalidades, ante requerimientos de consultorios privados externos. Para este tipo de centros, la adopción de la tecnología digital, tanto para la captura de las imágenes médicas como así también para su administración y almacenamiento, resulta en general un objetivo prohibitivo, debido a los costos involucrados. Sin embargo, contar con un sistema de soporte digital de reducidas prestaciones, pero a bajo costo y con mínimo mantenimiento permitiría a este tipo de centros obtener múltiples beneficios, entre ellos: llevar registro histórico de los estudios realizados, tener acceso a herramientas de procesamiento digital para asistir a un mejor diagnóstico, reducción de costos de archivo, mayor capacidad de interacción con otros profesionales y con centros de mayor escala (telemedicina), etc.

En este trabajo se presenta la digitalización integral de un centro de diagnóstico por imágenes de pequeña escala, la cual involucra un conjunto de componentes de bajo costo de software y hardware. En particular, se utiliza un servidor PACS de código abierto de probada robustez, un escáner dedicado para la digitalización de films radiográficos, aplicaciones *ad-hoc* para la captura de imágenes de video y, finalmente, la utilización de un servidor de listas de tarea que interactúa con un RIS preexistente.

II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

A. Contexto

La implementación llevada a cabo en el marco del presente trabajo se realizó en el “Centro de Diagnóstico por Imágenes” (Tandil, Argentina), donde se atiende un volumen diario de hasta 60 pacientes. El centro posee una planta con dos salas de rayos X, una de mamografía, dos de ecografía, una para densitometría ósea y una sala para la obtención de placas panorámicas dentales. La planta permanente del centro está integrada por dos médicos especialistas en diagnóstico por imágenes, tres técnicos radiólogos y cuatro administrativos.

El centro cuenta con un equipo de rayos X Dynan 1000 con dos mesas radiológicas: una fija horizontal con un tubo de Rx y la otra móvil con dos tubos, para la obtención de placas radiográficas convencionales. Uno de estos equipos además está conectado a un dispositivo intensificador de imagen Precise Optics con salida de video convencional (Pal-N), utilizado para radioscopia. Las mamografías se obtienen mediante un mamógrafo GE Alpha RT. La adquisición de placas radiográficas se realiza en todos los casos de manera analógica mediante films radiográficos, los cuales se revelan en dos cuartos oscuros con estaciones

automáticas de revelado Mamoray, para las mamografías, y Jungwon Precision JP-33, para los estudios restantes.

Por otro lado, la institución posee dos equipos para la realización de estudios por ultrasonido. Uno de ellos es un ecógrafo GE Logiq Book XP de última generación con soporte DICOM 3 nativo, el cual está conectado a un video printer Sony UP-D897. El otro equipo de ultrasonido, un ecógrafo Siemens Sonoline SL-2, posee salida analógica en formato video, la cual se conecta a un video printer Sony UP-890AD. Mediante una capturadora de video montada sobre una PC es posible ejecutar el software “Sono Cubic Just 3D” que acompaña al ecógrafo, para la generación de ecografías 3D.

Las placas radiográficas son entregadas a los pacientes junto con el informe correspondiente. En el caso de las ecografías, los pacientes reciben, además del informe, imágenes impresas en papel termosensible. En la TABLA I se muestran los diferentes formatos de salida de los equipos.

Por último, el centro de diagnóstico dispone también de un sistema para el manejo de información de pacientes y administración interna, desarrollado por una empresa local.

TABLA I

EQUIPAMIENTO DISPONIBLE EN EL CENTRO DE DIAGNÓSTICO

Equipo	Salida
Rx	Film
Ecógrafo GE	DICOM, papel
Ecógrafo Siemens	Video (Pal-N), papel
Radioscopia	Video (Pal-N)

B. Desarrollo de la implementación

La solución propuesta involucra la integración de las diferentes modalidades de diagnóstico mencionadas, el servidor de archivos y lista de tareas, las estaciones de trabajo y la implementación del software asociado, como se puede apreciar en la Fig. 1.

El núcleo central de la implementación consiste en el montaje del servidor PACS que administra todas las imágenes generadas en el centro. Se decidió utilizar en esta implementación el software de código abierto denominado Dcm4Chee, desarrollado bajo tecnologías Java2EE [9], el cual presenta una gran robustez y es utilizado con éxito por diversas instituciones médicas en todo el mundo. Entre ellas se pueden citar: TeraMedica Healthcare Technologies (Australia), Teleradiology Services (EEUU), Radiology Institut Dr. Fink (Alemania), Hospital Na Homolce (República Checa) e Institut de Diagnòstic per la Imatge (España) [10]. La comunicación de los diferentes equipos y aplicaciones con el software Dcm4Chee se realiza mediante las siguientes primitivas DICOM: C-STORE SCP/SCU (almacenamiento), C-FIND SCP (búsqueda), C-MOVE SCP (recuperación) y MWL SCP (lista de tareas). Dcm4Chee funciona sobre un servidor con sistema operativo GNU/Linux Debian Lenny, equipado con un procesador AMD Athlon64 5000 Dual Core, cuatro discos rígidos de 400GB y 4 GB de RAM. Se configuraron los cuatro discos en un sistema redundante RAID 5, el cual provee un disco virtual de 1.1 TB y, además, garantiza la disponibilidad de los datos ante eventuales fallas o averías del sistema de almacenamiento.

Dcm4Chee incluye un servidor de listas de tareas (modality worklist, MWL), el cual informa a las diferentes

modalidades los estudios pendientes y los datos de los pacientes asociados. Estos datos son obtenidos por el servidor MWL desde el sistema de administración de turnos y pacientes, preexistente en el instituto, el cual actúa entonces como un RIS primitivo, pero perfectamente funcional. Dicho sistema es alimentado por la recepcionista en mesa de entradas del centro radiológico ante la solicitud de turnos y llegada de pacientes, e intercambia información con el servidor MWL mediante mensajería en formato HL7.

Para conformar el PACS se requiere de estudios en soporte digital DICOM 3. Sin embargo, como se dijo más arriba, únicamente el ecógrafo GE provee los estudios en dicho formato. Por tal motivo se implementaron estrategias para la digitalización de la información de tipo analógico (video y films radiográficos).

La digitalización de las señales de video generadas por el ecógrafo Siemens y el equipo intensificador de imágenes se realizó mediante una placa capturadora de video instalada en una PC de adquisición, ubicada junto a los equipos correspondientes. Dicha placa es controlada a través de un *plugin* desarrollado *ad-hoc*, el cual funciona dentro del software extensible ClearCanvas Workstation, de código abierto [11][12]. Mediante esta configuración es posible consultar desde la PC de adquisición la lista de pacientes al servidor MWL y enviar al PACS la información digitalizada en formato DICOM.

Para la digitalización de los films radiográficos se empleó un digitalizador de imágenes médicas Radlink Laser Pro 16. El digitalizador acepta films de hasta 14 × 52 pulgadas y permite obtener imágenes consistentes de alta calidad en escala de grises de 16 bits con resolución de hasta 3072 × 3850 píxeles. La digitalización de una placa de tórax en este equipo, con la mayor resolución espacial (116 micrones/píxel), demora unos 39 segundos. El dispositivo de digitalización se controla mediante el software Radlink Workstation 5.0.0b5, el cual se ejecuta sobre una PC Pentium IV 4GHz, con 160GB de disco y 2 GB de RAM. Dicho software recibe los datos demográficos de los pacientes del servidor MWL, genera los archivos DICOM a partir de las imágenes adquiridas y los envía al servidor PACS por medio de la primitiva C-STORE SCU. De igual manera, puede visualizar estudios anteriores solicitándolos al PACS mediante las primitivas C-FIND/C-MOVE SCU.

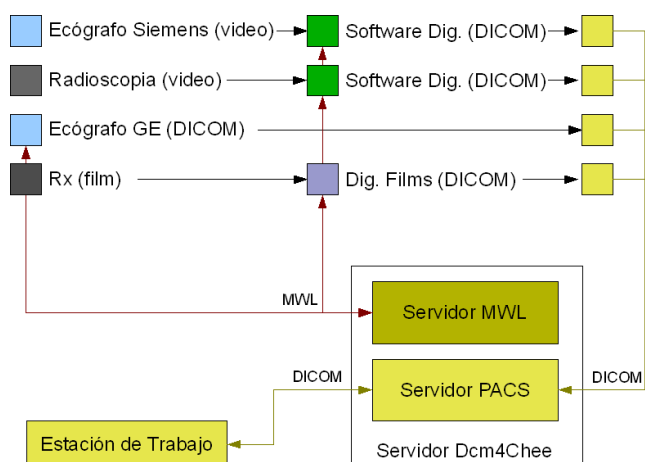


Fig. 1: Esquema de componentes.

Como estación de trabajo para consultar los estudios almacenados en el PACS se emplea la PC utilizada para la digitalización de las imágenes Rx. Se recurre al software del digitalizador (Radlink) o bien al ClearCanvas Workstation, el cual provee mejores prestaciones en ciertos casos específicos. Los informes se realizan mediante un procesador de texto, aunque está en desarrollo un sistema de informes basado en plantillas predefinidas.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En sus comienzos, el desarrollo descrito sólo se planteó como objetivo la implementación de un PACS para la digitalización y archivo diario de un número reducido de estudios de Rx, a ser utilizados en el marco de un proyecto de investigación [13]. Con este fin se contrató y entrenó a un técnico radiólogo, quien se encargó de digitalizar las imágenes seleccionadas y analizarlas mediante distintas herramientas de procesamiento digital. Sin embargo, rápidamente se evolucionó hacia la situación actual, en la cual todos los estudios de Rx son digitalizados para su informe por parte del médico especialista. Dos factores favorecieron este proceso de parte de los médicos radiólogos: la comodidad de acceder a los estudios desde la estación de trabajo en cualquier momento, y la posibilidad de utilizar diversas herramientas básicas del procesamiento de imágenes (zoom, stretching, etc.) durante el diagnóstico e informe. De hecho, la visualización de las imágenes digitales en el monitor de alta resolución de la estación de trabajo permite, según manifiestan los profesionales, apreciar detalles más sutiles y realizar diagnósticos más precisos, con respecto al diagnóstico mediante films en negatoscopio. Por ejemplo, ha sido posible detectar microfracturas en falanges o costillas, ciertas fracturas ocultas por superposición de elementos anatómicos o microcalcificaciones en mamas muy densas, etc., variando simples atributos de la imagen, tales como brillo y contraste.

La digitalización de los estudios ha permitido también la utilización creciente de herramientas sofisticadas para la asistencia en el diagnóstico en ciertos casos más específicos. Por ejemplo, ha sido posible integrar a la rutina diaria un software experimental de asistencia al diagnóstico de osteoporosis [13], basado en el análisis vectorial de la textura trabecular del fémur proximal, el cual provee un parámetro cuyo valor está relacionado con la calidad de la microarquitectura ósea [14]. La disponibilidad de las imágenes en formato digital ha facilitado también la evaluación más consistente de distintos parámetros antropométricos. En particular, resulta más conveniente la medición de ángulos, distancias y proporciones del cráneo (cefalometría) con fines de ortodoncia para corrección de anomalías anatómicas. También ha sido posible realizar mediciones de distancias para la determinación del diámetro del canal espinal de la columna vertebral (mediante el índice de TORG-Pavlov, por ejemplo). Ambos tipos de métricas se realizaban hasta la fecha mediante procedimientos gráficos sobre los films.

La digitalización de los films radiográficos mediante el scanner de imágenes médicas plantea una solución de tecnología intermedia y bajo costo (~USD 15.000) hacia la implementación de una modalidad completamente digital (*filmless*), la cual requiere equipamiento más caro. No

reduce costos de insumos, por el contrario, requiere la incorporación de personal especializado dedicado a la digitalización o la asignación de nuevas tareas a personal existente. Sin embargo, dicha tarea se reduce a la mera digitalización de la placa (menos de un minuto por placa), dado que la parte más tediosa, la carga de datos del paciente, es realizada de manera automática a partir de que se incorpora el estudio en la lista de tareas a través del RIS.

En el caso de los estudios de ecografía, ha sido posible incorporar video, además de imágenes, a los informes entregados a los médicos solicitantes, mejorando la calidad del servicio. Similares ventajas han sido posibles en el caso de los estudios de radioscopia con contraste, en los que se efectúa el seguimiento del flujo de un líquido radio-opaco a través del esófago. En particular, se obtienen videos del proceso en lugar de un subconjunto de imágenes aisladas, lo que permite apreciar diversas características dinámicas de interés para el diagnóstico.

De manera general, la entrega de los estudios en formato digital (por medio de un CD que también incluye software de visualización) ha sido recibida con gran aceptación por la mayoría de los médicos solicitantes (en especial los traumatólogos) debido a que facilita el análisis y diagnóstico de las afecciones. Es importante notar que los pacientes también reciben las imágenes de cada estudio en su formato habitual (analógico), dado que las mismas están disponibles y no se almacenan en archivo físico en el centro radiológico. Esta situación garantiza la preservación de los estudios originales, lo cual deja abierta la posibilidad de volver sobre los mismos en caso de ser necesaria una segunda ronda de diagnóstico o ante posibles peritajes médico-legales.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó una alternativa de bajo costo para la implementación de un PACS en un centro de diagnóstico por imágenes de pequeña escala, la cual integra los diversos equipos existentes junto con estaciones de trabajo y un servidor de archivos. Se utilizó como RIS el software de administración de turnos y pacientes preexistente en el centro de diagnóstico, el cual pudo vincularse al servidor de listas de tareas (servidor MWL) implementado mediante mensajería HL-7 y modificaciones menores de código. Se empleó el servidor PACS de código abierto Dcm4Chee como software central de la implementación y se generaron soluciones *ad-hoc* para la digitalización de la salida de equipos analógicos preexistentes.

Si bien la incorporación del PACS ha introducido tareas adicionales al flujo de trabajo del instituto, sobre todo debido a la digitalización de los estudios en film, los profesionales han manifestado un cambio satisfactorio en su rutina de trabajo y prácticas de diagnóstico. La incorporación de las imágenes digitales en el servidor PACS facilita el procesamiento computacional y la aplicación de técnicas modernas de diagnóstico. Además, la disponibilidad de estudios en formato digital posibilita un seguimiento más efectivo de los pacientes y el empleo de información con fines estadísticos y clínicos, aumentando incluso la capacidad de respuesta a los requerimientos de los médicos solicitantes.

Finalmente, la implementación descrita ha permitido familiarizar a médicos, personal técnico e incluso administrativo con las ventajas asociadas al manejo digital de los estudios de diagnóstico por imágenes, sentando las bases para una fácil incorporación futura de modalidades totalmente digitales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece especialmente al Dr. Mario Pecelis (Centro de Diagnóstico por Imágenes, Tandil, Argentina).

El presente trabajo se llevó adelante en el marco del Proyecto CITIC 2008 (Sinergia TIC) "Desarrollo de un sistema PACS para centros o departamentos de radiología de pequeña/mediana escala" (Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires-CICPBA), y del proyecto PAE 22600 (ANPCyT), Argentina.

REFERENCIAS

- [1] M. Hood y H. Scott, "Introduction to Picture Archive and Communication Systems", *Journal of Radiology Nursing*, vol. 25, No. 3, pp. 69-74, 2006.
- [2] K. Fridell, P. Aspelin, L. Edgren, L. Lindsköld y N. Lundberg, "PACS influence the radiographer's work", *Radiography*, vol. 15, No. 2, pp. 121-133, 2009.
- [3] S. Boochever, "HIS/RIS/PACS Integration: Getting to the Gold Standard", *Radiology Management*, vol. 26, No. 3, pp. 16-24, 2004.
- [4] A. Przelaskowski, "Computer-Aided Diagnosis: From Image Understanding to Integrated Assistance", *Information Tech. in Biomedicine*, Springer, ASC 47, pp. 44-54, 2008.
- [5] P. Mildemberger, M. Eichelberg y E. Martin, "Introduction to the Dicom Standard", *European Radiology*, Vol. 12, No. pp. 920-927, 2002.
- [6] P.H. Cheng, C.H. Yang, H.S. Chen, S.J. Chen y J.S. Lai, "Application of HL7 in a Collaborative Healthcare Information System", *Engineering in Medicine and Biology Society, IEMBS '04. 26th Annual International Conference of the IEEE*, Vol. 2, pp. 3354- 3357, 1-5 Sept 2004.
- [7] D. Passadore, R. Isoardi, F. Gonzalez Nicolini, P. Ariza, C. Novas y S. Omati, "Small PACS implementation using publicly available software", *Symposium Medical Imaging 1998: PACS Design and Evaluation: Engineering and Clinical Issues*, Proc. SPIE Vol. 3339, pp. 127-134, 1998.
- [8] F. Plazzotta, D. Kaminker, F. Campos, A. Cancio, D. Luna, A. Seehaus, R. García Mónaco, E. Soriano y F. González Bernaldo de Quirós, "Imágenes más allá del PACS: el Proyecto Historia Clínica Multimedia", *III Congreso Latinoamericano de Informática Médica INFOLAC*, 2008.
- [9] M. Warnock, C. Toland, D. Evans, B. Wallace y P. Nagy, "Benefits of Using the DCM4CHE DICOM Archive", *Journal of Digital Imaging*, vol. 20, Suppl 1, pp 125-129, 2007.
- [10] "Who uses dcm4che?", <http://www.dcm4che.org/confluence/pages/viewpage.action?pageId=393>, 2009.
- [11] "The ClearCanvas Website", <http://www.clearcanvas.ca>, 2009.
- [12] Paul Nagy, "Open Source in Imaging Informatics", *Journal of Digital Imaging*, vol. 20, pp 1-10, 2007.
- [13] Proyecto PAE 22600, "Radiología digital: desarrollo de métodos para el diagnóstico asistido por computadora del cáncer de mama y la osteoporosis", Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), Argentina.
- [14] M. Pecelis, J. Massa, L. Favro Velo, M. Santiago y E. Caselli, "Classification of trabecular patterns in the proximal femur using the vector representation algorithm: its correlation to the degree of osteoporosis", *11th World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering (WC2009)*, Munich, Alemania, 7 al 12 de Setiembre, 2009 (en prensa).