

# RADIOTERAPIA ADAPTADA A LA RESPIRACION. DESARROLLO TECNOLOGICO A PROPOSITO DE UN CASO

*Alberto Lachos Dávila<sup>1</sup> y Yesenia Miranda Tunque<sup>2</sup>*

## RESUMEN

*El desarrollo tecnológico de la informática e imagenología ha revolucionado las técnicas de tratamiento en radioterapia.*

*La radioterapia moderna ha contribuido a mejorar el control tumoral y la sobrevida en diferentes patologías oncológicas.*

*La existencia del movimiento respiratorio se debe tomar en cuenta a fin de asegurar la presencia del tumor en todo el proceso de irradiación.*

*En el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas se ha diseñado un espirómetro pitot computarizado que nos permite visualizar el ciclo respiratorio del paciente con el objetivo de inmovilizar el tumor y administrar la radiación con mayor precisión.*

*En nuestra experiencia hemos obtenido un excelente control tumoral mejorando el periodo libre de enfermedad.*

*Esta técnica debería ser usada bajo protocolo y en pacientes seleccionados.*

**Palabras clave:** Radioterapia adaptada a la respiración, IMRT, IGRT, (DECS - BIREME).

## ABSTRACT

*The technological development of computing and imaging has revolutionized the treatment techniques in radiotherapy.*

*The modern radiation therapy has helped improve tumor control and survival in different oncological diseases.*

*The existence of respiratory movement must be taken into account to ensure the presence of the tumor in the irradiation process.*

*In the National Institute of Neoplastic Diseases is designed a computer spirometer that allows us to visualize the patient's respiratory cycle in order to immobilize the tumor and deliver radiation more accurately.*

*In our experience we have obtained a better tumor control improving disease-free period.*

*This technique should be used under protocol in selected patients*

**Keywords:** Breathing adapted Radioterapy, (DECS - BIREME).

1. Médico asistente del departamento de Radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. Lima, Perú.

2. Médico Residente del 3er año del Departamento de Radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas.

Recepción Agosto 2013. Aceptación Setiembre 2013.

## INTRODUCCIÓN

La radioterapia ha seguido una constante evolución. Desde los tratamientos en campos directos, en dos dimensiones, conformada en 3D con o sin modulación de intensidad, hasta los tratamientos en 4D (conformada, tomando en cuenta el movimiento respiratorio).

La existencia del movimiento respiratorio es una preocupación durante la radioterapia de tumores torácicos (pulmones, mama, mediastino) y abdominales (hígado y riñones).

Se han realizado evaluaciones del movimiento respiratorio observándose mayor desplazamiento de lóbulos medio e inferior de ambos pulmones.(Fig.1)

A fin de asegurar la presencia del tumor en el volumen irradiado en todo momento del ciclo respiratorio, los radio oncólogos están obligados a recurrir a campos lo más grandes posibles, exponiéndose al mismo tiempo a irradiar una proporción más importante de tejido sano.(Fig.2).

El advenimiento de la radioterapia conformada con o sin intensidad modulada hace esta situación más difícil, puesto que el concepto de conformación está basado en una localización de mayor precisión de la posición anatómica del volumen tumoral a fin de reducir las dimensiones de los campos y proteger mejor los tejidos sanos, esto obliga a los radio-oncólogos a buscar nuevas formas de poder liberar la irradiación en un momento preciso del ciclo respiratorio, por lo que se han desarrollado diferentes técnicas para cumplir este propósito.

### Técnicas de radioterapia adaptada a la respiración

1. Bloqueo respiratorio:
  - Bloqueo obtenido por la oclusión de una válvula de bloqueo activo (Active Breathing control o ABC).
  - Bloqueo voluntario por el paciente( Deep inspiration breath Hold technique o DIBH).
2. Seguimiento en tiempo real del ritmo respiratorio:
  - Real Time position Management (RPM):

La técnica de bloqueo activo consiste en la utilización de una válvula que bloquea la respiración del paciente a voluntad del operador.

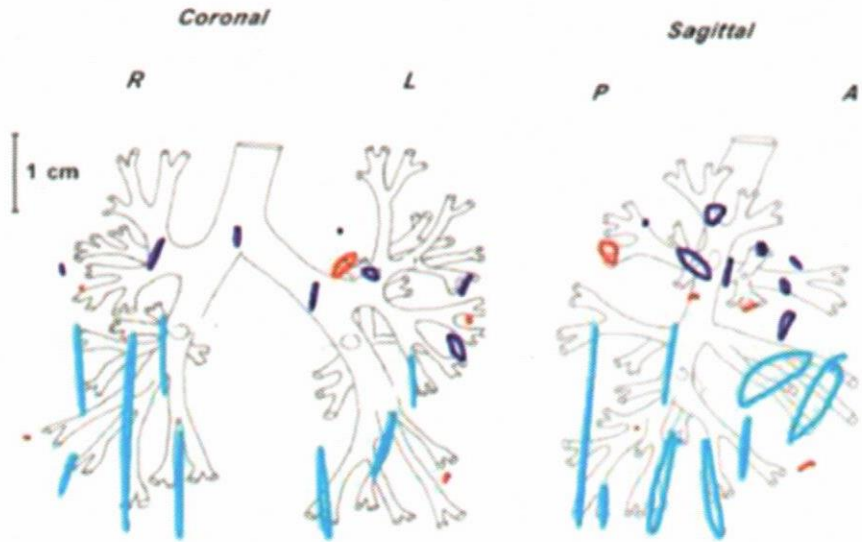


Figura N° 1

Movimiento alveolar en el proceso respiratorio

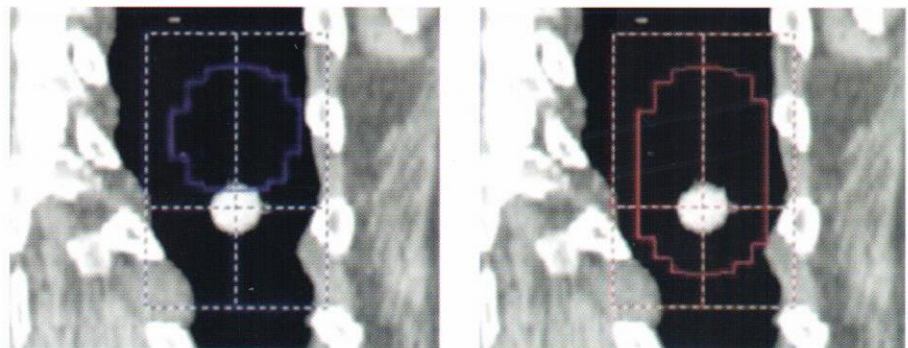


Figura N° 2

Imagen Tomográfica con un nódulo y el planeamiento. Conformando. Sobre todo su desplazamiento producido por Respiración.



Figura N° 3

Técnicas aplicadas actualmente IGRT (Radioterapia Guiada por Imágenes)



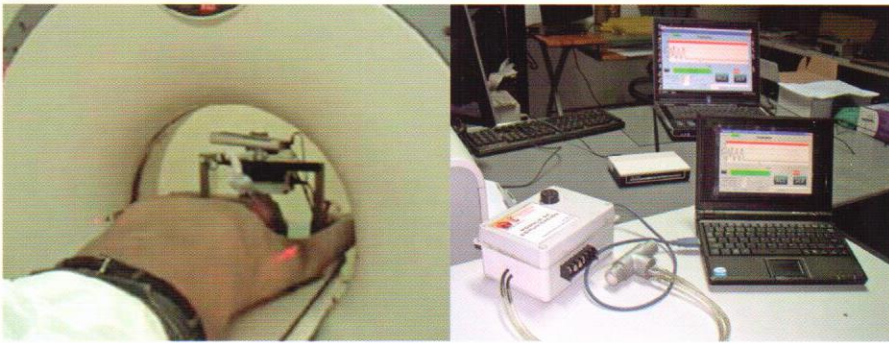


Figura N° 4 y 5

Equipo en aplicación a un paciente en el Instituto de Enfermedades Neoplásicas. Sistema integrado con el módulo para el paciente y las consolas remotas inalámbricas de monitoreo y control.

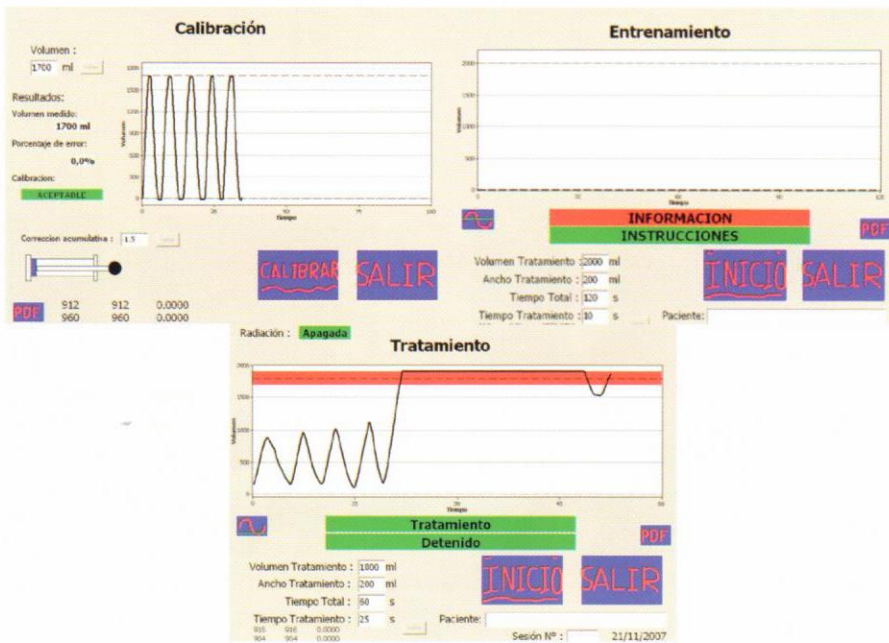


Figura N° 6

Etapas del procedimiento de la tecnica.

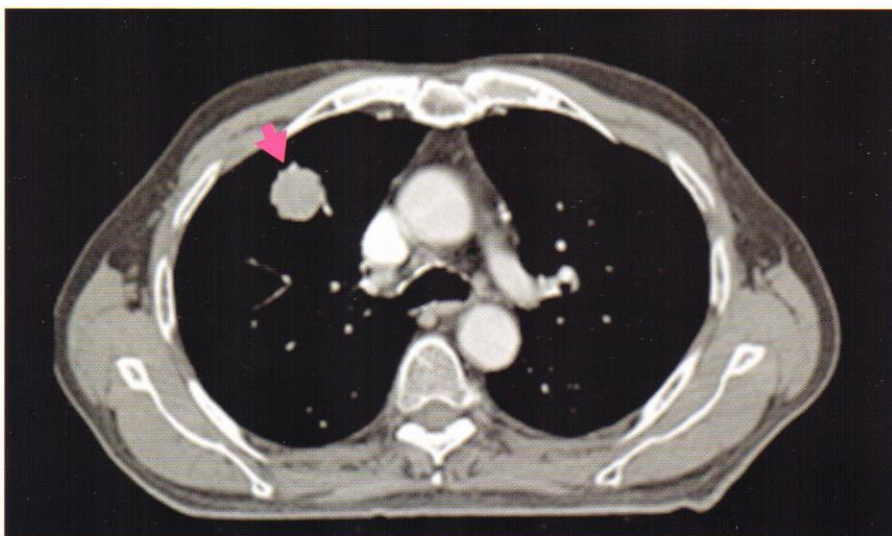


Figura N° 7

Tomografía de tórax en corte axial donde se evidencia el nódulo tumoral

La técnica de seguimiento en tiempo real del ritmo respiratorio es altamente tecnológica, que ha tenido un desarrollo impresionante en los últimos diez años en sus diferentes modalidades, el sistema “Varian” utiliza cámaras localizadas dentro de la sala de tratamiento para detectar el movimiento de la caja torácica, esta información es transmitida al sistema informático que con ayuda de un software grafica el ciclo respiratorio del paciente, permitiendo al operador irradiar el volumen blanco en un momento dado de la respiración, esta es una técnica muy costosa, que desde la planificación requiere de un simulador TAC implementado con software de reconstrucción de imágenes en 4D y los aceleradores lineales deben estar implementados con tecnología de radioterapia guiada por imágenes (IGRT).

Actualmente, la radioterapia ha alcanzado su máximo desarrollo con la radiocirugía robótica implementada con tecnología guiada por imágenes y seguimiento en tiempo real del ritmo respiratorio, utilizando un acelerador lineal robótico llamado CYBERKNFE.

Existen equipos de tratamiento de alta tecnología que nos permiten desarrollar estas técnicas de tratamiento.(Fig.3)

En la técnica de respiración controlada por el paciente, se requiere de entrenamiento para familiarizar al paciente con el software, además de evaluar la capacidad pulmonar a un nivel de respiración profunda reproducible. El objetivo es inmovilizar al tumor y expandir el tejido pulmonar sano fuera de la región de alta dosis. Esta técnica es mucho menos costosa que otros equipos. Se ha publicado los primeros resultados, demostrando sobre todo las ventajas dosimétricas de la radioterapia con bloqueo respiratorio voluntario sobre la modalidad de seguimiento en tiempo real del ritmo respiratorio protegiendo mayor volumen de pulmón sano y cubriendo el volumen tumoral con mayor exactitud.

**Ventajas del Sistema de Respiración Asistida con Gatillado por Espirómetro**

- Mejora la reproducibilidad de la irradiación torácica.
- Mejora de la resolución de las imágenes (no hay perdida de los volúmenes inicialmente en movimiento). Facilita la delimitación de volúmenes.
- Disminución del daño a los tejidos sanos.
- La disminución de la irradiación al tejido pulmonar sano permite incrementar la dosis prescrita al tumor con la posibilidad de mejorar el control tumoral (escalamiento de dosis).



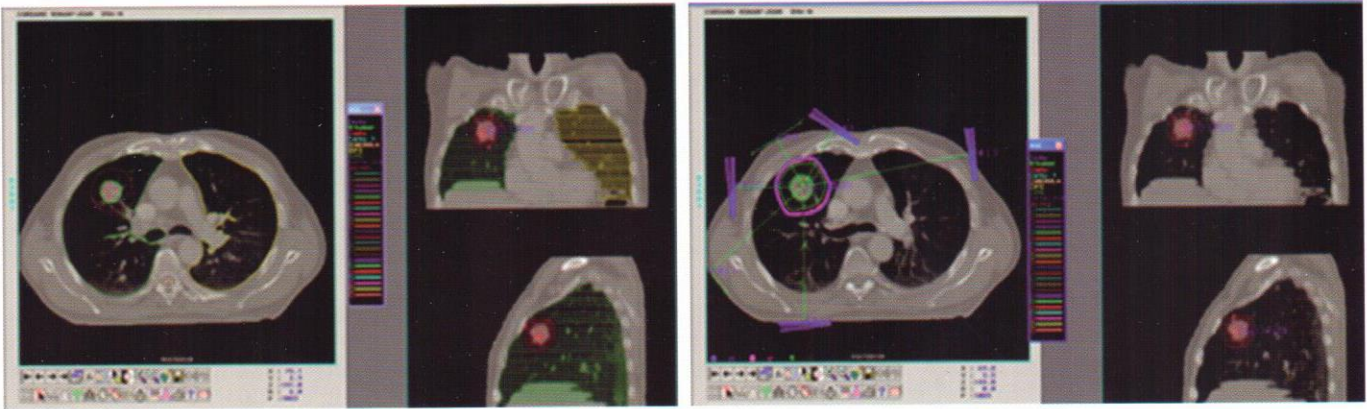


Figura N° 8

El plan de tratamiento tiene 6 campos conformados, de los cuales 4 campos tienen cuñas, con diferentes angulaciones permitiendo una adecuada distribución de dosis al tumor y los órganos de riesgo.

En el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas se diseñó un Espirómetro pitot computarizado para medir el flujo respiratorio, el cual es obtenido por los captadores de presión colocadas sobre el circuito del aire de doble dirección, esto permite visualizar el sentido del aire en los dos sentidos de inspiración y espiración, el paciente respira a través de un embudo bucal con un filtro antibacteriano con una pinza en la nariz a fin de evitar la respiración nasal. el paciente puede visualizar su curva de respiración. (Fig.4 y 5).

Las indicaciones recibidas por el paciente, que él visualiza en la pantalla permiten comunicar directamente las consignas de la respiración. El paciente debe realizar las apneas durante la adquisición de imágenes TAC y las fases del tratamiento siempre con el mismo nivel del aire.

Los pacientes deben tener una capacidad de apnea superior a 20 segundos.

#### El procedimiento de esta técnica consta de 3 etapas:

**Etapas de calibración** donde el software se calibra para el reconocimiento del futuro tratamiento.

**Etapas de entrenamiento** que consiste en evaluar la capacidad respiratoria de pacientes y el tiempo de apnea individual.

**Etapas de tratamiento** cuando ya se conoce la capacidad respiratoria del paciente y se programa el sistema para que el paciente tenga tiempo de apnea del 80 % de lo obtenido durante la etapa de entrenamiento.

Administrando la dosis indicada en diferentes campos de tratamiento que nos permite fraccionar el periodo de apnea (Fig. 6).

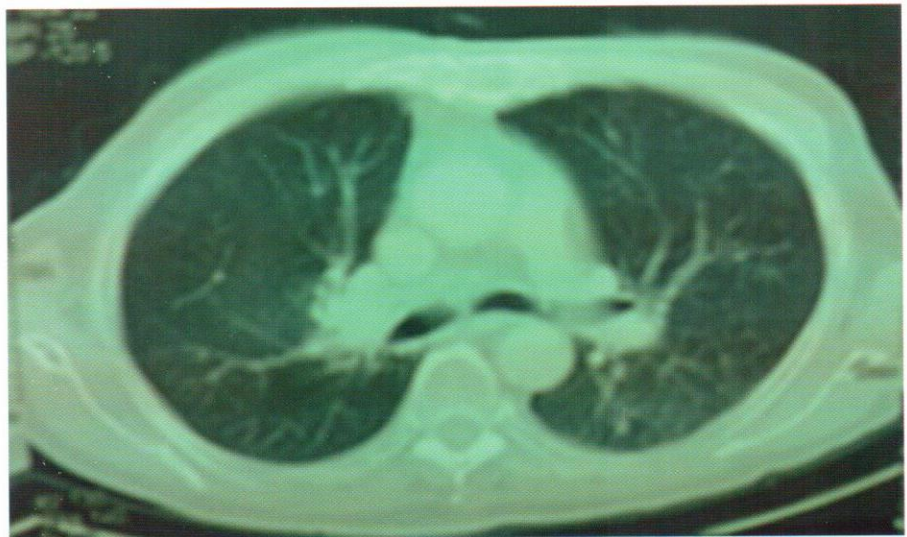


Figura N° 9

TEM tórax de marzo del 2013  
Respuesta completa del tumor pulmonar.

#### A propósito de un caso

En el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas se trató un paciente varón de 86 años, natural y procedente de Lima.

Con antecedentes personales: tabaquismo y HTA controlada, hernioplastia inguinal izquierda, amigdalectomía, hidrocele de testículo izquierdo.

Antecedentes familiares: madre con cáncer de pulmón, sobrina con cáncer de mama.

En controles médicos de rutina, en una radiografía de tórax se informa el hallazgo de un nódulo en el pulmón derecho.

Con estudio citológico y anatomía patológica de adenocarcinoma papilar TTF1 positivo.

#### Estudios por imágenes:

Tomografía de tórax: tumor de 2.5 x 2.6cm. en el lóbulo superior derecho, con presencia de ganglios mediastinales (Fig.7).

**Exámenes de extensión:** tomografía abdomino-pélvica y cerebral negativos. Se realiza estudios de mutación de EGFR con resultados negativos.

Llegándose al diagnóstico de Cáncer de Pulmón (T2,N1,M0)

Paciente recibe quimioterapia neoadyuvante base de carboplatino 450mg + paclitaxel 314mg por 4 cursos entre 10.02.11 al 15.04.11 con adecuada tolerancia.

Tomografía de tórax de control posterior a quimioterapia presencia de lesión de 2cm en lóbulo superior



derecho, no hay derrame pleural, ganglios mediastinales menores de 1cm.

### Exámenes de extensión de control negativo.

Paciente no desea operarse, deseando tratamiento alternativo de manejo. Recibió tratamiento con quimioterapia (carboplatino 150mg + paclitaxel 80mg por 4 cursos) concurrente con radioterapia conformada en 3D, utilizando la técnica de Radioterapia Adaptada a la Respiración, utilizando el espirómetro Pitot diseñado en nuestra institución. a dosis de 7000cGys en 35 sesiones al tumor y 6000cGy a los ganglios comprometidos. El tratamiento fue administrado desde el 23 de setiembre hasta el 13 de noviembre del 2011 (Fig. 8).

Durante el tratamiento con radioterapia el paciente desarrolla esofagitis actínica que se prolonga hasta dos semanas después de finalizada la radioterapia y sede a tratamiento con Omeprazol, sucralfato, analgésicos.

En sus controles posteriores, el paciente presentó Tuberculosis pulmonar (se aísla en cultivo de esputo: Mycobacterium Tuberculosis), recibiendo tratamiento anti-TBC hasta setiembre del 2012. El paciente respondió bien al tratamiento y sus controles fueron negativos.

En marzo del 2013 se realiza TEM de tórax, donde se evidencia respuesta completa del tumor pulmonar. (Fig. 9)

En abril del 2013 paciente presenta metástasis cerebral múltiple a nivel parietal izquierdo el mayor de 1.5cm., recibiendo radioterapia al cerebro a dosis de 3000cGy en 10 sesiones y refuerzo de 900cGy en 3 sesiones a dos metástasis mayores de 1cm.

Ultima tomografía cerebral de setiembre del 2013 realizada en otra institución, muestra control completo de la metástasis cerebral.

## CONCLUSIONES

Se sabe por el análisis de movimientos respiratorios que casi todos los órganos incluidos en tórax y abdomen, están sujetos a desplazamiento, unos más que otros, dando posibilidad a la aplicación de esta técnica.

Las ventajas que nos ofrece el sistema de respiración asistida con gatillado por espirómetro son: mejorar la reproducibilidad de la irradiación torácica, mejorar la calidad de las imágenes (no hay pérdida de los volúmenes inicialmente en movimiento), facilitando la delimitación de volúmenes.

Realizar el tratamiento en respiración profunda, bloqueando la respiración, permite disminuir el volumen de tejido pulmonar que recibe altas dosis de radiación.

Cuando las dosis recibidas por el tejido pulmonar sano son menores a su tolerancia, podemos incrementar la dosis prescrita al tumor (escalamiento de dosis) con el objeto de conseguir mayor control tumoral.

En el caso del paciente, se observa control completo del tumor pulmonar dos años después, pero desarrolla metástasis cerebral que también es tratada con radioterapia controlando dicha metástasis cerebral. El paciente actualmente se encuentra sin evidencia de enfermedad. En la actualidad en el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas contamos con tecnología de avanzada en proceso de implementación que nos permitirá realizar tratamientos guiados por imágenes (IGRT) y adaptados a la respiración del paciente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. William R. Hendee, Radiation therapy physics, Year Book Medical Publishers, Chicago-London.

2. Paul Keall. 4- Dimensional computed tomography Imaging and treatment planning Seminars in Radiation Oncology 2004;14:81-90.
3. Nichols JC, Nichols EA, Rony PR. Micro-procesador Z-80, Programación e Interfaces -México -2007.
4. Purdy JA. Current ICRU definitions of volume. Limitations and future directions Seminars in radiation Oncology 2004:14.
5. Murphy MJ. Tracking Moving Organs in real time. Seminars in Radiation Oncology 2004;14:52-64.
6. Shirato M. Intrafraccional tumor motion. Seminars in radiation Oncology 2004;14:10-18.
7. Dawson L. Interventions to reduce organ motion effects in radiation delivery. Seminars in radiation Oncology 2004;14:76-78.
8. Van Herk M. Errors and Margins in radiotherapy. Seminars in radiation Oncology 2004;14:52-64
9. Deep GS. Inspiration Breath hold and Respiratory Gating Strategies for reducing organ motion in gradiation treatment. Seminars in radiation Oncology 2004;14:65-75.
10. Harold C. Urschell. Treating Tumors that Move With Respiration. 2007
11. Interfraccional Tumor Motion Lung an Liver Seminars in Radiation Oncology, International Journal Radiation Oncology and Biological Physics . 2007
12. A. Sola, E. Martinez. Radioterapia en Tumores Moviles. 2009 Lima, Perú.