

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

## IMPACTO DEL SISTEMA PACS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLÓGÍA DEL INER

QUE PRESENTA:

**LEMUS MARTINEZ CECILIA**

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS  
(INGENIERÍA BIOMÉDICA)



ASESORA: **DRA. MARTHA ORTIZ POSADAS**

SINODALES:

**DRA. MARTHA ORTIZ POSADAS**

**DRA. ROCIO ORTIZ PEDROZA**

**M.A.S.S. SILVIA RODRIGUEZ ALFARO**

MÉXICO D.F. MAYO 2009



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00032

Matrícula: 206380890

IMPACTO DEL SISTEMA PACS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLÓGIA DEL INER

En México, D.F., se presentaron a las 10:00 horas del día 27 del mes de mayo del año 2009 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. MARIA DEL ROCIO ORTIZ PEDROZA  
M.A.S.S. SILVIA RODRIGUEZ ALFARO  
DRA. MARTHA REFUGIO ORTIZ POSADAS




CECILIA LEMUS MARTINEZ  
ALUMNA

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretaria la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS (INGENIERIA BIOMEDICA)

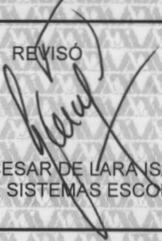
DE: CECILIA LEMUS MARTINEZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

## APROBAR

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

REVISÓ



LIC. JULIO CESAR DE LARA SASSI  
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBI



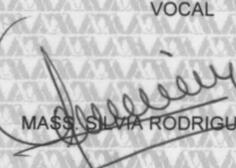
DRA. VERONICA MEDINA BAÑUELOS

PRESIDENTA



DRA. MARIA DEL ROCIO ORTIZ PEDROZA

VOCAL



M.A.S.S. SILVIA RODRIGUEZ ALFARO

SECRETARIA



DRA. MARTHA REFUGIO ORTIZ POSADAS

**A mis padres**

## **Agradecimientos**

A la Dra. Martha Ortiz Posadas, por su apoyo y dirección del presente proyecto de investigación.

Al M. en Ing. Ricardo Noe Rodríguez Vera y a la M. en Ing. Ana Bertha Pimentel Aguilar del Departamento de Ingeniería Biomédica del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, por las facilidades y orientación otorgadas para el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Roberto Sotelo Robledo y a todo el personal del Departamento de Imagenología del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, por la amable cooperación otorgada para el desarrollo de esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por su apoyo financiero durante la realización de los estudios de maestría.

A las sinodales por su gran disposición y revisión de este documento.

## CONTENIDO

Índice de Tablas	x
Índice de Figuras	xvi
Índice de Anexos	xviii
Resumen	xix
Abstract	xxi

### **INTRODUCCIÓN** 1

### **1. PRODUCTIVIDAD EN DIFERENTES DEPARTAMENTOS DE IMAGENOLOGÍA** 4

#### **1. IMPACTO DEL SISTEMA PACS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS DEPARTAMENTOS DE IMAGENOLOGÍA** 5

1. Productividad de los Técnicos Radiólogos 6
2. Productividad de los Médicos Radiólogos 8
3. Productividad de los Médicos Clínicos 10
4. Análisis Costo- Beneficio de la Implantación de un PACS 12

### **2. INFRAESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS** 14

1. CAPACIDAD TECNOLÓGICA INSTALADA 15
2. ADQUISICIÓN DE DATOS DISPONIBLES EN EL INER 18
  1. Datos Históricos 18

1.	Reporte de Productividad Mensual del Departamento de Imagenología	18
2.	Informe Mensual de Placa Simple	19
3.	Informe Mensual de Tomografía Computarizada	19
4.	Reportes de Diagnóstico Radiológico	19
5.	Reporte de Gastos de Consumibles	19
6.	Reporte de Costo Funcional del DI	20
7.	Reporte de Personal Adscrito al DI	20
<b>2.</b>	<b>Datos de los Subsistemas del PACS</b>	<b>20</b>
1.	Subsistema de Almacenamiento del PACS	20
2.	Estudios Concluidos por el Técnico Radiólogo en RIS	21
3.	Reportes de Diagnóstico Radiológico Interpretados en RIS	21
4.	Sistema de Visualización	21
<b>3.</b>	<b>Datos Heurísticos</b>	<b>22</b>
1.	Código de Barras RC	23
2.	Evaluación Cualitativa del Sistema de Visualización	25
3.	Tiempos y Movimientos del Paciente en el DI	30
<b>3.</b>	<b>PRODUCTIVIDAD DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL INER</b>	<b>36</b>
<b>1.</b>	<b>PRODUCTIVIDAD DE TÉCNICOS RADIÓLOGOS</b>	<b>37</b>
<b>1.</b>	<b>Indicadores de Producción</b>	<b>37</b>
1.	Indicador ITEC1	37
2.	Indicador ITEC2	38
3.	Indicador ITEC3	38

<b>2.</b>	<b>Validación de Indicadores de Producción</b>	39
1.	Validación ITEC1	40
2.	Validación ITEC2	41
3.	Validación ITEC3	42
<b>3.</b>	<b>Indicadores de Utilización del Sistema</b>	44
1.	Indicador CR1	44
2.	Indicador CR2	45
3.	Indicador CR3	46
4.	Indicador RISTEC	46
<b>4.</b>	<b>Validación de Indicadores de Utilización de Sistema</b>	48
1.	Validación CR1	48
	<i>a) Aplicación de CR1 a todos los turnos</i>	48
	<i>b) Aplicación de CR1 a un turno</i>	50
	<i>c) Aplicación parcial de CR1 considerando el número de estudios</i>	51
2.	Validación CR2	54
3.	Validación CR3	56
4.	Validación RISTEC	59
<b>2.</b>	<b>PRODUCTIVIDAD DE MÉDICOS RADIÓLOGOS</b>	62
<b>1.</b>	<b>Indicadores de Producción</b>	62
1.	Indicador IMR1	62
2.	Indicador IMR2	62
<b>2.</b>	<b>Validación de Indicadores de Producción</b>	63
1.	Validación IMR1	63
2.	Validación IMR2	67
<b>3.</b>	<b>Indicadores de Utilización del Sistema</b>	71
1.	Indicador IMR3	71
<b>4.</b>	<b>Validación de Indicadores de Utilización del Sistema</b>	72

1.	Validación IMR3	72
<b>3.</b>	<b>PRODUCTIVIDAD DE MÉDICOS CLÍNICOS</b>	<b>76</b>
1.	<b>Indicadores de Producción</b>	76
1.	Indicador IMC1	76
2.	Indicador IMC2	76
3.	Indicador IMC3	77
2.	<b>Validación de Indicadores de Producción</b>	78
1.	Validación IMC1	78
	<i>a) Servicios de hospitalización que solicitaron estudios de RX.</i>	78
	<i>b) Servicios de hospitalización que solicitaron estudios de TC.</i>	80
	<i>c) Servicios clínicos que solicitaron estudios de RX.</i>	84
	<i>d) Servicios clínicos que solicitaron estudios de TC.</i>	85
2.	Validación IMC2	86
	<i>a) Origen de los pacientes de la modalidad de RX.</i>	86
	<i>b) Origen de los pacientes de la modalidad de TC.</i>	88
3.	Validación IMC3	89
	<i>a) Placas impresas de RX por servicio de hospitalización.</i>	89
	<i>b) Placas impresas de TC por servicio de hospitalización.</i>	90
	<i>c) Placas impresas de RX por servicio clínico.</i>	92
	<i>d) Placas impresas de TC por servicio clínico.</i>	93
3.	<b>Indicadores de Utilización del Sistema</b>	95
1.	Indicador ISV1	95
2.	Indicador ISV2	95
3.	Indicador ISV3	96

4.	Indicador ISV4	97
<b>4.</b>	<b>Validación de Indicadores de Utilización del Sistema</b>	98
1.	Validación ISV1	98
2.	Validación ISV2	100
3.	Validación ISV3	102
4.	Validación ISV4	105
<b>5.</b>	<b>Evaluación Cualitativa del Sistema de Visualización del PACS</b>	106
1.	Resultados de Evaluación Cualitativa	106
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO</b>	114
<b>1.</b>	<b>Indicadores de Costo</b>	114
1.	Indicador IC1	114
2.	Indicador IC2	114
3.	Indicador IC3	114
4.	Indicador IC4	115
<b>2.</b>	<b>Validación de Indicadores de Costo</b>	115
1.	Validación IC1	116
a)	<i>Gasto proyectado en placas radiográficas en función del número de estudios realizados</i>	118
2.	Validación IC2	119
a)	<i>Gasto proyectado en placas radiográficas en función del número de pacientes atendidos</i>	120
3.	Validación IC3	121
4.	Validación IC4	122
<b>3.</b>	<b>Indicadores de Beneficio</b>	123
1.	Indicador IB1	123
2.	Indicador IB2	123
<b>4.</b>	<b>Validación de Indicadores de Beneficios</b>	124

1.	Validación IB1	124
	a) <i>Imagen Digital RX IB1<sub>PACS</sub></i>	124
	b) <i>Impresión en seco RX IB1<sub>RC</sub></i>	125
	c) <i>Impresión en Húmedo RX IB<sub>RX</sub></i>	126
	d) <i>Imagen Digital TC IB1<sub>TC</sub></i>	129
2.	Validación IB2	130
	a) <i>Impresión en seco de RX IB2</i>	130
	b) <i>Impresión en húmedo en la modalidad de RX IB2<sub>RX</sub></i>	131
	c) <i>Impresión en seco de la modalidad de TC IB2</i>	134
<b>5.</b>	<b>BENEFICIOS PRODUCIDOS POR EL PACS EN EL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS</b>	136
1.	<b>Beneficios de Técnicos Radiólogos</b>	136
2.	<b>Beneficios de Médicos Radiólogos</b>	137
3.	<b>Beneficios de Médicos Clínicos</b>	137
4.	<b>Beneficios en Costos</b>	138
5.	<b>Beneficios en el Departamento de Imagenología</b>	138
<b>6.</b>	<b>FICHA TÉCNICA DE INDICADORES</b>	140
1.	<b>Aplicación de la ficha técnica a ITEC1</b>	140
<b>7.</b>	<b>FORMATO DE APLICACIÓN DE INDICADORES</b>	143
1.	<b>Aplicación del formato a ITEC1</b>	143
	<b>CONCLUSIONES</b>	146
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	149

## Índice de Tablas

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
2.1	Distribución de las estaciones de visualización por servicio clínico	17
2.2	Campos 2° y 5° del archivo TRACES del subsistema de visualización	22
2.3	Clasificación de las cuentas del SV según el servicio clínico de adscripción de los MCs	26
2.4	Preguntas de la evaluación cualitativa del sistema de visualización del PACS	29
2.5	Pacientes atendidos mensualmente en RX durante los años 2005 -2007	33
2.6	Pacientes atendidos en RX, desviación estándar por año y promedio del periodo 2005 – 2007	33
2.7	Pacientes atendidos mensualmente en TC durante los años 2005 -2007	34
2.8	Pacientes atendidos en TC, desviación estándar por año y promedio del periodo 2005 – 2007	35
3.1	Datos históricos de RX del 2005 al 2007	39
3.2	Datos históricos de TC del 2005 al 2007	39
3.3	Datos colectados de 19 TRs de la RC y aplicación de CR1	49
3.4	Estudios de RX enviados al PACS registrados por los TRs	53
3.5	Tiempo diario trabajado por cada TR	55
3.6	Aplicación de CR2	56
3.7	Aplicación de CR3	58

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
3.8	Aplicación de RISTEC	61
3.9	Reportes de diagnóstico radiológico y estudios realizados en todas las modalidades en el periodo 2005-2007	64
3.10	Aplicación de IMR1 para todas las modalidades en el periodo 2005-2007	64
3.11	Reportes de diagnóstico y estudios de RX realizados en el periodo 2005-2007	65
3.12	Aplicación de IMR1 para RX en el periodo 2005-2007	65
3.13	Reportes de diagnóstico radiológico y estudios de TC realizados en el periodo 2005-2007	66
3.14	Aplicación del IMR1 para TC en el periodo 2005-2007	66
3.15	Reportes radiológicos por médico radiólogo para todas las modalidades en el periodo 2005-2007	67
3.16	Aplicación del IMR2 para todas las modalidades en el periodo 2005-2007	67
3.17	Reportes radiológicos de RX de cada médico radiólogo durante el periodo 2005-2007	68
3.18	Aplicación del IMR2 para RX en el periodo 2005-2007	69
3.19	Reportes de diagnóstico radiológicos de TC por MR en el periodo 2005-2007	70
3.20	Aplicación de IMR2 para TC en el periodo 2005-2007	71
3.21	Reportes radiológicos de todas las modalidades y reportes radiológicos interpretados en RIS para el periodo 2005-2007	72

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
3.22	Aplicación de IMR3 a todas la modalidades en el periodo 2005-2007	73
3.23	Total de reportes de diagnóstico de RX en el periodo 2005-2007	73
3.24	Aplicación del indicador IMR3 para RX en el periodo 2005-2007	74
3.25	Total de reportes de diagnóstico de TC para el periodo 2005-2007	74
3.26	Aplicación del IMR3 para TC en el periodo 2005-2007	75
3.27	Estudios de RX solicitados por los servicios de hospitalización en el periodo 2005-2007	79
3.28	Resultados del IMC1 en la modalidad de RX para los servicios de hospitalización en el periodo 2005-2007	80
3.29	Estudios de TC solicitados por los servicios de hospitalización en el periodo 2005-2007	81
3.30	Resultado de IMC1 a los servicios de hospitalización en la modalidad de RX del periodo 2005-2007	81
3.31	Aplicación del IMC1 a la modalidad de RX y EV asignadas en el 2007	82
3.32	Aplicación del IMC1 a la modalidad de TC y EV asignadas en el 2007	83
3.33	Aplicación del IMC1 a las modalidades de RX y TC en el año 2007	83
3.34	Aplicación del IMC1 a las modalidades de RX y TC y EV asignadas en el 2007	84
3.35	Estudios de RX solicitados por cada servicio clínico al DI del 2005 al 2007	85

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
3.36	Resultados del IMC1 a los servicios clínicos en la modalidad de RX entre el 2005 y el 2007	85
3.37	Estudios de TC solicitados al DI por cada servicio clínico en el periodo 2005 – 2007	86
3.38	Resultado de IMC1 en la modalidad de TC a cada servicio clínico del INER del 2005 al 2007	86
3.39	Origen de los pacientes atendidos en el DI de RX en el periodo de 2005 -2007	87
3.40	Resultado de IMC2 en la modalidad de RX en el 2005 al 2007	87
3.41	Origen de los pacientes atendidos en el DI de TC en el periodo de 2005 -2007	88
3.42	Resultado de IMC2 en la modalidad de RX en el 2005 al 2007	88
3.43	Destino de las placas de RX impresas para los servicios de hospitalización en el 2005 al 2007	90
3.44	Resultado de IMC3 en la modalidad de RX para los servicios de hospitalización del 2005 al 2007	90
3.45	Placas de TC impresas para cada servicio clínico con EV instalada del 2005 al 2007	91
3.46	Aplicación del IMC3 a la modalidad de TC para los servicios de hospitalización	92
3.47	Placas de RX impresas para los servicios clínicos del 2005 al 2007	93
3.48	Resultado de IMC3 de RX para los servicios clínicos en el 2005 al 2007	93
3.49	Placas de TC impresas para los servicio clínico del 2005 al 2007	94
3.50	Resultado del indicador IMC3 a la modalidad de TC para los servicios clínicos del 2005 al 2007	95

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
3.51	Accesos por EV y su ubicación	99
3.52	Accesos mensuales de los médicos clínicos relacionados con su servicio de adscripción, y la aplicación del indicador ISV2	101
3.53	Ubicación de accesos del Médico FLP1732	103
3.54	Resultado del ISV3 y su movilidad mensual de Dic 07 a Feb 08.	104
3.55	Cuentas creadas en el sistema de visualización	105
3.56	Respuestas de la encuesta aplicada a 28 médicos clínicos del INER	107
3.57	Resultados de la evaluación cualitativa relacionados al grupo de trabajo del MC	107
3.58	Resultados globales normalizados de la evaluación cualitativa del SV	113
3.59	Datos de todas las modalidades del DI y costos de DI 2005 – 2007	116
3.60	Gasto proyectado en placas radiográficas y ahorro potencial para 2007 en función del número de estudios realizados	119
3.61	Gasto proyectado en placas radiográficas y ahorro potencial en 2007 considerando el número de pacientes atendidos	121
3.62	Aplicación del IC3 al periodo del 2005 al 2007	122
3.63	Aplicación del IC3 al periodo del 2005 al 2007	123
3.64	Resultado de IB1 para una imagen digital en la modalidad de RX	125
3.65	Resultado de IB1 para impresión en seco	126
3.66	Resultado de IB1 para impresión en húmedo en la modalidad de RX	128

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
3.67	Aplicación de IB1 en la modalidad de RX por tecnología	129
3.68	Resultado del IB1 para una imagen digital en la modalidad de TC	130
3.69	Resultado del IB2 para la impresión en seco en la modalidad de RX	131
3.70	Resultado de IB2 para la impresión en húmedo en la modalidad de RX	133
3.71	Promedio de los resultados del indicador IB2 por tecnología	132
3.72	Aplicación del IB2 para la impresión en seco en la modalidad de TC	134
A2	Ubicación de accesos de los Médico Clínicos usuarios del SV	159

## Índice de Figuras

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
2.1	Ejemplo del diseño de un código de barras	24
2.2	Formato de registro de datos	31
3.1	Resultados de ITEC1 en las modalidades de RX y TC del 2005 al 2007	41
3.2	Resultados de ITEC2 en las modalidades de RX y TC del 2005 al 2007	42
3.3	Resultados de ITEC3 en las modalidades de RX y TC del 2005 al 2007	43
3.4	Resultados de CR1 aplicado a todos los turnos	50
3.5	Resultados de CR1 aplicado al turno vespertino	51
3.6	Aplicación parcial de CR1	53
3.7	Resultados para CR2 aplicado a todos los turnos	55
3.8	Resultados para CR3 aplicado a todos los turnos	58
3.9	Resultados para RISTEC aplicado a todos los turnos	61
3.10	Resultado de ISV1 por servicio clínico en el periodo Dic 07 a Feb 08	99
3.11	Respuestas promedio globales de la evaluación cualitativa del sistema de visualización del PACS	113
3.12	Resultado del indicador IC1 al periodo de 2005 – 2007 para todas las modalidades de imagenología.	117

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
3.13	Aplicación del indicador IC2 para todas las modalidades de Imagenología para el periodo 2005 – 2007	120
3.14	Ficha técnica de indicadores	141
3.15	Ficha técnica del indicador ITEC3	142
3.16	Formato de aplicación de indicadores	144
3.17	Formato de aplicación de indicador ITEC3	145
A.1	Densidad normal con parámetros $\mu=0$ y $\sigma^2=1$	154

## Índice de Anexos

<b>Anexo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Determinación del tamaño de la muestra	154
2	Ubicación de accesos de los Médico Clínicos usuarios del SV	159

## IMPACTO DEL SISTEMA PACS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL INER

**Resumen.** El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la instalación del sistema PACS, en la productividad del Departamento de Imagenología (DI) del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), a través del diseño y la validación de un conjunto de indicadores para evaluar la productividad de los técnicos radiólogos, los médicos radiólogos y los médicos clínicos, haciendo un análisis comparativo de la productividad antes, durante y después de la instalación del PACS. Así mismo se realizó un análisis costo – beneficio, en términos de los ahorros monetarios, las ganancias potenciales en insumos y el beneficio en la atención al paciente.

Se generaron 23 indicadores: 7 para técnicos radiólogos, 3 para los médicos radiólogos, 7 indicadores y una evaluación cualitativa para los médicos clínicos y 6 indicadores de costo - beneficio. La validación de estos indicadores se hizo en las modalidades de rayos X (RX) y tomografía computada (TC), debido a que eran las únicas dos modalidades conectadas al PACS.

Los resultados arrojaron de manera inicial, que la utilización de *placas radiográficas* disminuyó en 28.30% para TC y 12.2% para RX, además de que se redujo el desperdicio de las mismas en 44.42% para TC y 28.2% para RX. La productividad de los *técnicos radiólogos* se incrementó al atender 16.52% y 9.03% más pacientes de RX y TC respectivamente y producir 21.49% y 6.62% más estudios radiológicos de TC y RX respectivamente. Aumentó la demanda de estudios de RX y de TC de pacientes referidos por los *médicos clínicos* en las áreas de urgencias 26.73% (RX) y 28.51% (TC), así como en consulta externa 19.8% (RX) y 22.98% (TC). Así mismo, se detectó que la aceptación del sistema de visualización del PACS fue satisfactoria, ya que el 57.14% de los *médicos clínicos entrevistados*, percibieron que la disponibilidad de las imágenes era más rápida y el 67.86% percibió que el sistema le proveía mayor información. Dado el incremento en la productividad del DI y el ahorro en la utilización de consumibles, se redujo en 9.67% el *costo promedio* de atención al

paciente, lo que representó un ahorro neto de \$143,476.14. Otro hallazgo fue que el tiempo de disponibilidad de las imágenes de RX en las estaciones de trabajo se redujo en 7 minutos (40.29%) con respecto al tiempo de disponibilidad en placa.

Finalmente es importante mencionar, que los indicadores propuestos en este trabajo pueden aplicarse a otras modalidades de imagen, así como a diferentes tecnologías ubicadas en otros servicios clínicos.

## **PACS SYSTEM IMPACT ON THE PRODUCTIVITY OF THE IMAGING DEPARTMENT AT THE INER**

**Abstract.** The objective of this work was to evaluate the impact of the implementation of a PACS system, in the productivity of the Imaging Department (ID) at the National Institute of Respiratory Diseases (INER), through the design and validation of a set of indicators for evaluating the productivity of the radiologic technologist, radiologist and clinical physicians, by means of a comparative productivity analysis before, during and after the implementation of the PACS. Likewise a cost – benefit analysis was developed considering monetary savings, potential gains in supplies and benefits in patient care.

In total 23 indicators were designed: 7 for the radiologic technologist, 3 for the radiologist physicians, 7 indicators and a qualitative evaluation for the clinical physicians and 6 cost – benefit indicators. The validation of these indicators was performed for the imaging modalities of x ray (RX) and computed tomography (CT), due to the fact that, those were the only two modalities connected to the PACS.

The first findings showed that the radiographic films use lessened in 28.30% for CT and 12.2% for RX, besides of diminishing the waste associated to them in 44.42% for CT and 28.2% for RX. The radiologic technologist productivity increased since they attended 16.52% RX and 9.03% more RX and CT patients respectively and produced 21.49% and 6.62% more radiologic CT and RX examinations. An increased demand for RX and CT examinations from the outpatient 19.8% (RX) and 22.98%(CT) and emergency patients 26.73%(RX) and 28.51%(TC) send by the clinical physicians was found. In the same way, the acceptance of the PACS systems was found as satisfactory, since 57.14% of the clinical physician surveyed, perceived that image availability was faster and 67.86% perceived that the system provided more information. Due to the increase in the ID productivity and the savings in the supplies consumption, the average patient care cost diminished in 9.67%, which bring in a net saving of \$143,476.14 pesos. Another finding was the reduction in the image

availability time at the radiologists' workstations, which was found to be of 7 minutes (40.29%) in comparison to radiographic film availability time.

Finally it is important to mention that the indicators proposed in this work can be applied to other imaging modalities, to several different technologies placed in other clinical services.

## INTRODUCCIÓN

El advenimiento de un nuevo milenio trae consigo grandes oportunidades e innovadoras tecnologías y plantea para el sector salud la difícil decisión de digitalizar o no sus operaciones y sistemas, para ello se han creado equipos y modalidades digitales, así como sistemas de información para una mejor gestión tecnológica, tal es el caso del sistema de comunicación y archivo de imágenes, (PACS por sus siglas en inglés), que es utilizado en el departamento de imagenología.

En el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER, un hospital público de 3er nivel localizado en la Ciudad de México, en el año 2002 comenzó la digitalización de su departamento de imagenología (DI) con la adquisición de un equipo de radiología computarizada y la compra de un equipo de tomografía computarizada. En el año 2006 continuó con la instalación de un sistema PACS, compuesto de un subsistema de archivo y comunicación de imágenes, un subsistema de información radiológica (RIS, por sus siglas en inglés) y un subsistema de visualización de imágenes. La incorporación de un sistema de alta complejidad tecnológica, como es el caso de un sistema PACS, requiere de un proceso de adaptación y estabilización en su uso dentro del DI. En este sentido se habla de un cambio en el modo de proveer el servicio de imagenología y por tanto un cambio en los procesos operativos del personal. Sin embargo, existe la premisa de que la inversión que conlleva adquirir, instalar y poner en marcha un sistema PACS, resulta muy costosa para las instituciones de salud pública, pues como se sabe en México, sólo se invierte un 6.2% del PIB en salud, por lo que es muy importante que las tecnologías en salud que se adquieran en el sector público, se utilicen de manera óptima.

Por lo anterior, el objetivo general de esta investigación fue: Evaluar el impacto de la instalación del sistema PACS, mediante la estimación de la productividad del DI del INER, con la hipótesis de que debido a la inclusión de dicho sistema, habría un incremento en su productividad. Para lo cual se plantearon tres objetivos particulares:

1. Diseñar indicadores que permitieran evaluar la productividad del DI considerando tres ámbitos técnicos radiólogos, médicos radiólogos y médicos clínicos.

2. Validar internamente los indicadores, realizando un análisis comparativo de la productividad antes, durante y después de la incorporación del PACS.
3. Realizar un análisis costo – beneficio de la implantación del PACS, en términos de los ahorros monetarios, así como de los beneficios obtenidos en la productividad del DI y en la atención a los pacientes.

Esta tesis está estructurada de la siguiente forma: en el capítulo 1 se presentan los hallazgos obtenidos de la revisión bibliográfica de diversos trabajos que evalúan la productividad en diferentes DIs debida a la introducción de un PACS. En el capítulo 2 se describe la infraestructura del DI del INER, la información disponible relacionada con los procesos operativos y administrativos, así como el diseño de 3 tácticas heurísticas para la obtención de información: el diseño de un código de barras para adquirir datos relacionados con el trabajo de los TR; una evaluación cualitativa del sistema de visualización del PACS para los médicos clínicos y un estudio de tiempos y movimientos para cuantificar el tiempo de atención al paciente . En el 3er capítulo se presentan los 23 indicadores de productividad generados, así como los resultados de su validación en el DI.

Se espera que esta investigación coadyuve en el proceso de planeación y administración del DI y provea una referencia, para que tanto en el INER como en otras instituciones de salud, puedan realizarse estudios de productividad similares y con base en los resultados arrojados, se tomen las medidas preventivas y/o correctivas pertinentes, tales como la reingeniería de procesos, para hacer más productivos los departamentos de imagenología y con ello proporcionar una mejor atención al paciente.

Por último, cabe señalar que como resultado de esta investigación, se generaron los trabajos que a continuación se enlistan:

- C. Lemus-Martinez, M.R. Ortiz-Posadas, A.B. Pimentel-Aguilar, “Film to Filmless Transition: Productivity Tools to Assess the Imaging Department”, presented at the 5<sup>th</sup> Annual Meeting Health Technology Assessment International (HTAi), Montreal, Canada, July 6-9, 2008.
- C. Lemus-Martinez, M.R. Ortiz-Posadas, A.B. Pimentel-Aguilar, “Indicators to Estimate Radiographic Film Savings due to a PACS in a Mexican Health Institute”, in *Proc. 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Vancouver, 2008, pp. 4515-4518.
- C. Lemus-Martinez, M.R. Ortiz-Posadas, A.B. Pimentel-Aguilar, “Estimación de la Productividad del Técnico Radiólogo en un Ambiente Cuasi-Digital”, *Memorias del XXXI Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica CNIB2008*, 2008, pp. 78–81.

# 1. PRODUCTIVIDAD EN DIFERENTES DEPARTAMENTOS DE IMAGENOLOGÍA

La productividad puede definirse como la proporción entre salidas y entradas. Las entradas se refieren a los insumos empleados en los procesos necesarios para producir las salidas. Las salidas es todo aquello que se produce, mientras que las entradas todo lo utilizado. Diversas combinaciones entre entradas y salidas proveen diferentes niveles de productividad. Por tanto, la productividad es una medida de la eficiencia en el uso de los recursos disponibles [1].

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) [2], menciona que existen diferentes enfoques para la medición de la productividad y que su cálculo e interpretación requieren de una cuidadosa consideración. Generalmente se hace a través de indicadores, los cuales se definen como “una unidad de medida que permite el seguimiento y evaluación periódica de las variables clave de una organización mediante su comparación en el tiempo con los correspondientes referentes externos e internos” [3]. Una definición alternativa es: “un conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad” [4]. Por otro lado, los indicadores poseen dos funciones básicas: una *función descriptiva* que consiste en la aportación de información sobre el estado real de una actuación o programa, y a su vez, una *función valorativa* que consiste en añadir a dicha información un juicio de valor, lo más objetivo posible, sobre si el desempeño en dicho programa está siendo o no el adecuado [5].

En el sector salud, los indicadores representan medidas que capturan información relevante sobre distintos atributos y dimensiones del estado de salud de una población, así como del desempeño de los sistemas de administración hospitalarios [6]. Por otro lado la medición de la productividad, puede ser una herramienta útil en la planeación de políticas del sector salud, ya que brinda un soporte cuantitativo para hacer el uso racional de los recursos disponibles y por tanto encontrar maneras más eficientes de proveer los servicios de salud.

## **1.1.IMPACTO DEL SISTEMA PACS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS DEPARTAMENTOS DE IMAGENOLOGÍA**

Los avances tecnológicos han progresado a tal punto, que es posible ahora adquirir imágenes médicas digitales, archivarlas mediante sistemas computacionales y visualizarlas con una mejor calidad [7]. La tendencia hacia la digitalización conlleva la incorporación de un sistema de almacenamiento, distribución y procesamiento digital de imágenes médicas PACS (por sus siglas en inglés Picture Archiving and Communications System) al Departamento de Imagenología (DI). La implantación de estos sistemas potencia los métodos convencionales de diagnóstico por imagen, ya que ofrecen mejoras en la eficiencia operacional del DI, acceso a imágenes adquiridas con diversas modalidades de manera más rápida, acceso simultáneo a imágenes en múltiples sitios, así como almacenaje económico [8], lo cual tiene un impacto en la productividad del DI.

Un PACS está compuesto principalmente por un servidor de almacenamiento y distribución de datos e imágenes, software para la administración de la base de datos, estaciones de trabajo y visualización para el procesamiento y despliegue de imágenes, así como conexiones hacia los equipos de las diferentes modalidades de adquisición de imágenes; todos ellos conectados mediante una red computacional [9]. Además puede tener conexiones con otros sistemas de información, como el sistema de información radiológica RIS (por sus siglas en inglés Radiological Information System), el cual provee información sobre los pacientes y sus estudios [10].

El servidor almacena datos en línea desde cualquier punto clínico de la institución de salud y a su vez distribuye las imágenes. Contiene la información de los datos demográficos y los estudios realizados al paciente. Las imágenes se almacenan en el archivo llamado *near-line* para su rápida recuperación, o en el archivo *off-line*, cuya información puede almacenarse en disco o en cinta.

Una estación de trabajo es una computadora que permite al médico radiólogo, procesar y visualizar las imágenes digitales en formato DICOM, para esto utiliza monitores de alta resolución, procesadores de mayor capacidad y software para la manipulación de las imágenes de los estudios.

Una estación de visualización es una computadora en la cual se instala un software para desplegar las imágenes y reportes radiológicos vía red. Para esto, el PACS tiene un servidor de distribución, responsable de la entrega de imágenes a aquellas estaciones de visualización que lo demanden. Este servidor puede ser distinto al servidor de almacenamiento del PACS.

La función principal de un sistema RIS es almacenar información de los pacientes y sus estudios de imagenología. Típicamente almacenará todos los datos demográficos del paciente (nombre, fecha de nacimiento, dirección, etc.), así como la información del médico clínico que lo atiende. También se registra información de los estudios, incluyendo la fecha y la hora, el tipo de estudio, la historia clínica, etc. y es en este sistema donde el médico radiólogo puede hacer su reporte de diagnóstico radiológico.

En estudios previos [8] se ha demostrado que la integración de los sistemas PACS al servicio de imagenología, incide en la efectividad clínica y la productividad de los diferentes niveles de la organización, influyendo en el desempeño tanto de los técnicos y médicos radiólogos, así como de los médicos clínicos, y el personal administrativo, en diversas formas que incluyen tanto en la satisfacción del médico como de los pacientes. Con el fin de identificar los beneficios asociados con la introducción del sistema PACS al departamento de imagenología (DI), se mencionan a continuación los diferentes ámbitos donde impacta en la productividad [11].

### **1.1.1.Productividad de los Técnicos Radiólogos**

Tradicionalmente las responsabilidades que los técnicos radiólogos (TR) tenían que cumplir, eran funciones técnicas (procesamiento de imágenes y evaluación de

calidad), de apoyo administrativo (calendarización de exámenes, llenado de reportes y supervisión administrativa) y auxiliares (recepción del paciente, mantenimiento del cuarto oscuro, registro estadístico). Los sistemas PACS han demostrado mejorar la productividad de los técnicos radiólogos en las tres áreas. Los requisitos para las funciones de soporte han sido minimizadas por las mejores capacidades de archivo del PACS, permitiendo almacenaje de las imágenes a corto y largo plazo, así como sus correspondientes reportes [12].

Por otro lado, Janover [13] propone que para evaluar la productividad del PACS, el tiempo de trabajo del TR representa la mayor parte de los costos controlables del departamento de radiología; para ello sugiere que la productividad del TR sea medida como el número de horas empleadas entre el número de horas que el TR está disponible para realizar su trabajo. Considera que el DI nunca podrá alcanzar una productividad del 100%, debido al flujo intermitente de pacientes estimó que la máxima productividad es del 75%, además de considerar el nivel de eficiencia y fatiga personal del TR que reduce su productividad al menos en 20%, por tanto considera que el máximo nivel de productividad en el DI será del 55-60%. En este sentido, antes de la incorporación de los PACS a los DIs, se realizaron estudios para calcular los tiempos promedio para la realización de diversos exámenes radiológicos. Se encontró que un estudio simple de tórax toma en promedio  $8.9 \pm 4.1$  minutos [14]. Los resultados mostraron variaciones de hasta 300% por la existencia de variables no controladas, como el número de camas censables, el entrenamiento del TR y el modo de transportación del paciente. A pesar de la dificultad de cuantificar el trabajo que realiza el TR objetivamente, percepciones subjetivas[11] sugieren que las tres funciones (técnicas, de apoyo y auxiliares) son mejoradas con la utilización del PACS, ya que el flujo de los pacientes es mejorado con una programación de citas, la cual es asistida por la interfase RIS con el PACS. Los TRs reportan menor fatiga, debido al menor número de interrupciones por parte de los médicos que buscaban imágenes y la eliminación de las responsabilidades relacionadas con el control de las placas y el cuarto oscuro. Los requisitos administrativos también son reducidos con el PACS debido a su habilidad para evaluar la administración del tiempo y la

productividad a través de mediciones cuantitativas [13]. En este sentido se reportan trabajos que compararon el tiempo de realización de estudios de radiología simple de tórax de dos vistas en tres instituciones distintas. Se analizaron dos instituciones que imprimían en húmedo y una que tenía un equipo de radiología computada (RC). Considerando el tiempo de realización de un estudio, que comprendía desde el momento en que el TR recibía al paciente en la sala del estudio, hasta que la imagen estaba lista para ser interpretada por el médico radiólogo. Un estudio estaba listo en promedio en 12.5 minutos si era impreso en húmedo y en 7.4 minutos mediante la digitalización de la RC [15].

Además se condujo una encuesta en la que participaron 112 instituciones con diferentes perfiles demográficos y tecnológicos con el fin de establecer medidas de referencia para evaluar la productividad de los TRs y para documentar la relación entre la instalación de las tecnologías de la información digitales, incluyendo el PACS y el RIS, con la productividad del TR [16]. Para ello se definió la productividad del TR como el número anual de exámenes realizados por técnico empleado en una jornada a tiempo completo. Se observaron mejores medidas en la productividad de los TRs en las instituciones que habían implementado un RIS, un PACS o listas de trabajo para las diferentes modalidades de imagen. Por ejemplo, se encontró que un TR tuvo una productividad anual promedio de 3070 estudios si el hospital tenía entre 100 y 200 camas censables [17].

### **1.1.2.Productividad de los Médicos Radiólogos**

La incorporación de un sistema PACS al DI, como se dijo, también incide en la productividad de los médicos radiólogos (MR), Reiner y Siegel [12]. reportaron incrementos en la productividad de los médicos radiólogos (MR) de más del 50% después de cinco años de operación digital Se encontró que dicho incremento fue debido a múltiples factores, tales como: el acceso más sencillo, rápido y confiable a exámenes y reportes antiguos, la eliminación de interrupciones frecuentes por médicos clínicos y empleados de archivo en busca de placas, una mejor distribución de la carga de trabajo con menor dependencia al personal del archivo, así como la

incorporación de una software que permite la recuperación automática de estudios comparativos. Otro estudio [18], demostró una reducción del 16.2% en el tiempo de interpretación de exámenes de Tomografía Computarizada (TC) de tórax y abdomen utilizando el PACS, en comparación con la interpretación convencional con placas, para lo cual se seleccionaron aleatoriamente cien exámenes de TC los cuales fueron interpretados por cuatro radiólogos experimentados en la utilización de los sistemas PACS. Se realizó un estudio de tiempos y movimientos para determinar el tiempo total requerido para desplegar, interpretar y reportar sus hallazgos. La capacidad del PACS, para desplegar rápidamente estudios nuevos y antiguos resultó en decrementos sustanciales en el tiempo de despliegue de las imágenes, acortando el tiempo total de interpretación. Conforme se incrementa el número de imágenes a revisar, así como la complejidad de los estudios, los ahorros en tiempo alcanzados con el PACS son acentuados.

Para Andriole [19], el tiempo de disponibilidad de las imágenes está relacionado con el uso de las modalidades digitales, ya que encontró que en el caso de las placas tradicionales un estudio puede estar listo para ser interpretado en  $29.2 \pm 14.3$  min., mientras que utilizando un equipo de radiología computarizada (RC) tomó  $6.7 \pm 1.5$  min, lo cual representa una reducción en tiempo del 77%. Otro estudio [20], muestra que los tiempos de reporte de los MRs, disminuyeron de 10 horas en promedio a aproximadamente 30 min, mientras que el tiempo total de la realización de un estudio radiológico, incluyendo el diagnóstico decreció de 26 horas a aproximadamente 2 horas.

Lepanto [21] reporta haber evaluado la productividad de los MRs, como el número de reportes radiológicos interpretados por cada MR empleado en una jornada de tiempo completo. Menciona que el número de reportes de diagnóstico de rayos X simple de tórax interpretados antes de la instalación del PACS fue de 4,620 por médico al año, mientras que durante el periodo de transición se registraron 4,776 reportes anuales y un año después de la instalación del PACS, se registraron 5,863 reportes por cada médico al año. El autor encontró que los beneficios del PACS fueron la reducción en

el tiempo de dictado, así como un incremento en la productividad de los MRs, los cuales fueron evidentes un año después de la implementación del PACS. Mientras que durante el periodo de transición los resultados variaron en cada una de las diferentes modalidades.

Por otro lado, se reporta [22] que algunos de los factores que han contribuido a incrementar la productividad de los MRs mediante el uso de los sistemas PACS, son la automatización de tareas manuales, tales como el despliegue de imágenes, el acceso electrónico a los datos del paciente, mediante la integración del PACS con el RIS, ajustes mediante botones y ventanas predeterminados, menos interrupciones y menos fatiga. Estas características que ofrecen los sistemas PACS han mejorado la exactitud del diagnóstico en la interpretación de los estudios de TC. Asimismo, Rumreich [23] encontró que la productividad del MR no sólo depende de las tecnologías digitales, sino que existe una relación directa entre la eficiencia del MR y su satisfacción con el ambiente en el cual realiza las interpretaciones de las imágenes.

### **1.1.3.Productividad de los Médicos Clínicos**

Del mismo modo que en los casos de los técnicos y los médicos radiólogos, el sistema PACS también incide en el trabajo que realizan los médicos clínicos (MC). En este sentido se ha reportado que el PACS hace al DI más eficiente, y por tanto coadyuva a mejorar el desempeño y comunicación entre el DI y los médicos clínicos (MC) [24], para ello Smith [10] menciona que las áreas que el PACS atiende al cubrir las demandas de los MC son rapidez, seguridad y simplificación en el acceso a la información de los estudios de imagenología. Refiere que la accesibilidad es cubierta a través de la visualización de los estudios vía red, el cual provee acceso a las imágenes independientemente de la ubicación del MC. Mientras que la rapidez también es mejorada, ya que se reduce el intervalo entre la realización del estudio y la disponibilidad de las imágenes y del reporte de diagnóstico [21]. Las necesidades de seguridad son cubiertas a través de la instalación de filtros a nivel de las

aplicaciones de software y de hardware. Y la simplificación se logra proveyendo a los MC con más información sin agobiarlos con demasiados datos.

Algunos autores [25][26] reportan que los médicos clínicos mostraron una tendencia creciente a revisar las imágenes de los estudios que habían ordenado en el ambiente digital, en comparación con el ambiente tradicional de placas. Reiner y Siegel [20], encontraron que el número de estudios radiológicos digitales para pacientes hospitalizados aumentó 71%, mientras que para los pacientes ambulatorios se encontró un incremento del 59%. Los médicos, fueron cuestionados acerca de su preferencia por las imágenes, comparando los PACS con la alternativa basada en placas convencionales. El 92% de los MCs mostró preferencia por el PACS, sólo el 3% prefirió el uso de placas impresas y el 5% no tuvo preferencia alguna [12]. Esta tendencia puede explicarse a que el PACS les permitió tener acceso a estudios radiológicos previos con relativa facilidad, en comparación con tener que ir físicamente a recuperar las imágenes del archivo, además de darles la libertad de acceder a las imágenes radiológicas en cualquier lugar donde hubiera una estación de visualización instalada [27].

Fang [28] reporta que tras la implantación del PACS, los MC estaban complacidos con los nuevos beneficios tales como ahorros en el tiempo de archivado de estudios, la posibilidad de hacer consultas telefónicas en imágenes cuya urgencia era concomitante, así como un número decreciente en la pérdida de estudios. Además encontró que el servicio de urgencias y la unidad de cuidados intensivos aceleraron el tratamiento del paciente al omitir el tiempo que usaban en el transporte de la placa. Mientras que el área de consulta externa también se benefició por la reducción en el tiempo de espera de los pacientes debido a la capacidad de acceder a los estudios de imagen de manera casi instantánea. En este sentido, Nitrosi [29] encontró una atención más rápida por parte de los servicios clínicos debida a la inclusión del PACS, lo que condujo a una disminución en el periodo de estadía de los pacientes. Para ello analizó a los 17 servicios clínicos que ordenaron el mayor número de estudios radiológicos y encontró que neurología, cirugía torácica y medicina interna

mostraron reducciones del 12%, 11% y 10% respectivamente en su tiempo de atención al paciente. Chan [30] por su parte, implantó una encuesta de satisfacción para los MCs, los cuales de manera casi unánime prefirieron el PACS sobre las placas; de los 37 MC que respondieron, el 91% percibió un aumento en su productividad, además otros aspectos como facilidad de uso, capacidad diagnóstica y aceptación fueron evaluados.

#### **1.1.4. Análisis Costo- Beneficio de la Implantación de un PACS**

En general, para justificar el elevado costo de un sistema PACS se ha recurrido a estrategias tales como el encontrar beneficios que el sistema brinda al DI. Dentro de estos se ha encontrado mejoría en la eficiencia operacional e incrementos en la productividad del personal del DI, tales como reducciones en el tiempo de interpretación de estudios [18], así como reducciones en el número de estudios no leídos, menor cantidad de retomas en estudios para los pacientes, y menor pérdida de estudios, además de los ahorros económicos que es posible obtener si se planea correctamente la instalación del sistema [28].

Levine [11] menciona que los ahorros en placas son usualmente los ahorros más cuantificables para justificar la inversión en un PACS y que estos ahorros incluyen no sólo el costo de la placa utilizada sino los costos relacionados a ellas, tales como químicos, personal administrativo para su manejo, transporte, placas de deshecho y retomas de estudios, así como el mantenimiento del equipo para su revelado. El autor sugiere que las proyecciones de ahorros en placas deben incluir las estimaciones de las placas adicionales que se hubieran requerido para cubrir la demanda de estudios de imagen esperados para el siguiente periodo. Estas estimaciones deben incluir además proyecciones de incrementos en el uso de placas que hubiesen ocurrido con la incorporación de nuevas tecnologías, como tomógrafos computarizados multicorte o algún otro tipo de modalidad que haga un uso intensivo de imágenes. Además de que el tiempo total requerido por estas actividades puede estimarse basado en un porcentaje del total de tiempo empleado en realizarlas. El

tiempo requerido para las actividades del manejo de placa puede entonces, ser anualizado a horas basado en el número de estudios realizados. Las estimaciones de este tiempo puede obtenerse a través de entrevistas, heurística u observaciones. Asimismo, deben estimarse los incrementos en la utilización de los equipos debidos a la eliminación de actividades relacionadas con el manejo de las placas [29]. Por otra parte, Flagle [31] coincide con esto, ya que estimó mediante un análisis costo beneficio que el incremento en la productividad del personal y la eliminación de las actividades relacionadas con las placas condujeron en promedio a ahorros de \$19 dólares por estudio, sobre las operaciones basadas en placas, que con un volumen de 55,000 estudios por año, se esperaba un ahorro de aproximadamente \$1,000,000.00 de dólares anuales.

Por otro lado Andriole [19], propone que una forma objetiva de evaluación de los sistemas PACS, es compararlos con los sistemas tradicionales de placas, analizándolo desde la óptica de la productividad y justificación potencial de costos. Para Andriole, la productividad de los sistemas PACS debe ser calculada como la tasa del flujo de pacientes a través de estudios de tiempos y movimientos. Propone además, una metodología para hacer una comparación de costos en términos de las ganancias potenciales debidas a la productividad, así como a los gastos incurridos en los dispositivos.

De la revisión a diferentes publicaciones sobre el impacto que un sistema PACS tiene en la productividad del DI, se puede concluir que dicho sistema, incide de manera directa en el desempeño del trabajo de los diferentes actores involucrados en su operación, a saber: técnicos y médicos radiólogos, así como médicos clínicos. Es por ello que el objetivo general de este trabajo fue la evaluación del impacto del sistema PACS en la productividad del DI en el INER, estimando la productividad en los tres ámbitos arriba mencionados y analizando el costo-beneficio de la implantación del sistema.; a través de la evaluación de los recursos humanos, tecnológicos, documentales y heurísticos disponibles, para proponer diversos indicadores para estimar la productividad.

## 2. INFRAESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

El Departamento de Imagenología (DI) del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) produce un volumen anual de trabajo de aproximadamente 56,000 estudios de imagen, distribuidos en 49,300 estudios de radiología, 5600 de tomografía, 700 de ultrasonido y 413 de medicina nuclear en promedio [32]. El DI atiende a pacientes provenientes de todos los servicios clínicos del INER, entre los que se encuentran hospitalización urgencias y consulta externa.

Además, el DI también atiende a pacientes provenientes de la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje (*JFCA*) que solicita estudios radiológicos para aquellos empleados que están interponiendo algún tipo de demanda ante sus empleadores y que amerite el estudio. Atiende también a pacientes referidos del área de *enseñanza*, que solicita estudios radiológicos para el proceso de admisión de los residentes de nuevo ingreso. Otra clasificación son los pacientes asegurados con diversas compañías que tienen *convenios* con el INER. Mientras que los pacientes de *protocolo* son aquellos que se les realizan estudios de imagen solicitados por el área de investigación. En este documento a los pacientes provenientes de la *JFCA*, *enseñanza*, *convenios* y *protocolo* se clasificaron como *otros*.

Debido a la gran demanda de estudios de imagenología que existe en el INER, el DI debe laborar las 24hrs de los 365 días del año, por lo cual posee 6 diferentes turnos de trabajo para el personal técnico:

- Turno matutino (TM) que comprende de las 7 a las 14 hrs.
- Turno vespertino (TV) que comprende de las 14 a las 20 hrs.

Los TM y TV atienden a todos los pacientes, es decir, pacientes de consulta externa, hospitalización, urgencias, *JFCA*, *enseñanza*, *convenios* y *protocolo*.

- Turno nocturno A (TNa) cuya jornada laboral es lunes, miércoles y viernes de 21 a 7 hrs.
- Turno nocturno B (TNb) cuyo horario de trabajo son los días martes, jueves y sábado de 21 a 7 hrs.
- Turno nocturno C (TNc) cuyo horario es de sábado y domingo de 19 a 7 hrs.

Todos los turnos nocturnos atienden sólo a pacientes de urgencias.

- Turno especial (TE) cuya jornada laboral es los fines de semana y días festivos de 7 a 19 hrs y que atiende a pacientes programados de tomografía computarizada (TC) y de urgencias

## **2.1. CAPACIDAD TECNOLÓGICA INSTALADA**

El DI tiene cuatro modalidades de imagen: un ultrasonido (US) Aloka, un equipo de medicina nuclear (MN) Gamma Cámara, tres equipos de fijos de rayos X (RX) Polyphos y un equipo de tomografía computarizada (TC) Somatom Zoom, sin embargo para el caso de esta investigación sólo se trabajó con RX y TC ya que eran las únicas modalidades que estaban conectadas funcionalmente al sistema PACS durante el periodo de estudio del 2005 al 2007. La digitalización del DI comenzó en el año 2002 [33] con la adquisición en comodato de un equipo de radiología computarizada (RC) Direct View 900, una impresora láser Dry View 8900 y con la compra de un equipo de TC de 16 cortes Somatom Zoom. En el año 2006 [34], se instaló un sistema de almacenamiento, distribución y procesamiento digital de imágenes médicas PACS.

El sistema PACS del INER opera en una plataforma Windows, consta de 3 subsistemas, los cuales son descritos a continuación:

### *1. Subsistema de archivo y comunicación de imágenes: Sienet-Sky*

Este subsistema está conformado por una red de estaciones de almacenamiento, distribución y diagnóstico. El manejo de imágenes se hace en el formato DICOM

V3.0. Cuenta con dos estaciones de diagnóstico, equipadas con monitores de alta resolución grado médico, las cuales tienen herramientas que permiten la revisión, análisis y manipulación digital de las imágenes; así como la personalización de las preferencias de los usuarios cuando se conecten en cualquier estación mediante sus claves de acceso. Estas estaciones se localizan al interior del DI, en el cuarto de diagnóstico denominado blue room, debido a que sus paredes son de color azul, ya que se ha demostrado que este color tiene efectos favorables en la agudeza visual del MR [35].

### *2. Subsistema de información radiológica: Sienet-IWM*

El RIS administra el flujo de información relacionada con el paciente y con la administración del DI. La concordancia de los datos entre el RIS y el PACS proporciona a los radiólogos y clínicos, imágenes y resultados ordenados para la gestión de sus estudios. Cabe mencionar que los reportes de diagnóstico que los radiólogos realizan, son almacenados en este subsistema. Está constituido por un conjunto de trece estaciones distribuidas en las diferentes modalidades y en la recepción del DI.

### *3. Subsistema de visualización de imágenes Sienet- MagicWeb*

Este subsistema consta de un servidor web que distribuye las imágenes médicas digitalizadas y diagnosticadas a través de una red conformada por 21 estaciones de visualización, ubicadas en 18 servicios clínicos diferentes del Instituto, cuya distribución se muestra en la Tabla 3.1. Observe que los únicos tres servicios clínicos que cuentan con dos estaciones de visualización son los pabellones 3 y 4 de neumología oncológica y el servicio de urgencias. El servicio de otorrinolaringología también tiene asignadas dos estaciones, una localizada en el área de hospitalización (P7B) y otra en el área de consulta externa (ORL CE). Mientras que todos los otros servicios clínicos sólo tienen asignada una estación de visualización en sus instalaciones. Cabe mencionar que a partir del mes de mayo del 2007 el DI dejó de imprimir placas radiográficas para todos los servicios clínicos de hospitalización del

Instituto, con el fin de promover la utilización de todas las estaciones de visualización del sistema.

Una vez conocida la infraestructura del DI del INER, se realizó una búsqueda para conocer el tipo de datos que estaban disponibles en el INER y cuáles eran los mecanismos para acceder a ellos. Esta fue una parte medular de la investigación, ya que con base en la información adquirida se generaron los resultados de esta investigación.

Tabla 2.1.  
Distribución de las estaciones de visualización por servicio clínico

# Estaciones Visualización	Servicio Clínico	Descripción
1	P1.	Pabellón de hospitalización de pacientes con enfermedades intersticiales.
1	P2.	Pabellón de hospitalización de pacientes con tuberculosis
2	P3.	Neumología oncológica
2	P4.	Neumología oncológica
1	P5.	Enfermedades de la vía aérea
1	P7A.	Pabellón de hospitalización de neumología pediátrica
1	P7B	Pabellón de hospitalización de pacientes de clínico otorrinolaringología
1	UCI.	Unidad de Cuidados Intensivos
1	Recuperación	Unidad de recuperación post-operatoria
1	Aislamiento	Unidad de Aislamiento
1	ORL CE	Servicio de consulta externa de ORL
1	Qx	Quirófano
1	Broncoscopía	Servicio clínico de Broncoscopía
1	Investigación	Servicio de morfología
2	Urgencias	Servicio clínico de urgencias
1	Blue Room	Departamento de Imagenología
1	Dirección	Dirección Médica
1	Subdirección	Subdirección Médica

## **2.2.ADQUISICIÓN DE DATOS DISPONIBLES EN EL INER**

Se recopiló la información disponible en el Instituto, que pudiera ser útil en la generación de indicadores y evaluación de la productividad del DI. Esta búsqueda se realizó para tres tipos de datos:

1. Datos históricos. Se refiere a los datos almacenados en los archivos de los diferentes departamentos del INER.
2. Datos del sistema. Se refiere a los datos que se obtuvieron de los registros de los subsistemas del PACS.
3. Datos heurísticos. Se refiere a los datos que fueron obtenidos mediante estrategias generadas específicamente con ese fin, debido a que no podían colectarse directamente en los archivos del INER ni en el sistema PACS.

### **2.2.1.Datos Históricos**

Para consultar cualquier tipo de información de los archivos del INER que sea considerada de acceso público, se debe realizar una solicitud formal al Instituto Federal de Acceso a la Información Pública (IFAI) mediante su Sistema de Solicitud de Información (SISI). La información requerida para esta investigación fue solicitada mediante 14 solicitudes distintas, las cuales fueron dirigidas a cada uno de los departamentos correspondientes y por ley tuvieron que ser respondidas. De este modo, fue posible obtener datos de diferentes documentos relacionados con el trabajo del DI.

#### *2.2.1.1.Reporte de Productividad Mensual del Departamento de Imagenología*

Este reporte contiene el número de estudios de rayos X (RX), de tomografía computarizada (TC), de ultrasonido (US) y de medicina nuclear (MN) realizados; la cantidad de pacientes atendidos, la cantidad mensual de placas utilizadas correctamente y el número de placas de deshecho. Este reporte fue solicitado para los años 2005, 2006 y 2007 [36].

#### *2.2.1.2. Informe Mensual de Placa Simple*

Este reporte contiene el número de estudios realizados de RX y el nombre del servicio clínico que originó la solicitud; la cantidad de pacientes atendidos en la modalidad de RX, la cantidad mensual de placas utilizadas correctamente y las placas de deshecho, así como el servicio clínico destino de las placas impresas para RX. Este reporte fue solicitado para los años 2005, 2006 y 2007 [32].

#### *2.2.1.3. Informe Mensual de Tomografía Computarizada*

Este reporte contiene el número de estudios de TC realizados y el nombre del servicio clínico que originó la solicitud; la cantidad de pacientes atendidos en la modalidad de TC; la cantidad mensual de placas utilizadas correctamente y las placas de deshecho, así como el servicio clínico destino de las placas impresas para la TC. Este reporte fue solicitado para los años 2005, 2006 y 2007 [37].

#### *2.2.1.4. Reportes de Diagnóstico Radiológico*

Los reportes de diagnóstico radiológico que se realizaron mediante placas impresas y la ayuda de un negatoscopio, se contabilizaron de manera manual en el registro que cada MR guarda ya sea en sus archivos personales, o en una computadora de escritorio ubicada en el blue room, ya que no existe un documento donde se registre de manera sistemática esta información. Es importante aclarar que gran cantidad de las interpretaciones diagnósticas que los MRs realizan no quedan registradas, pues sólo son discutidas verbalmente con los médicos clínicos (MCs) de manera informal. Esto significa que aunque el médico radiólogo está realizando su trabajo, no queda registrado formalmente, lo cual dificulta el acceso a datos completos y por ende, a la estimación de la productividad del MR. De este modo, se realizó un registro de los reportes radiológicos de los años 2005 al 2007 encontrados, los cuales fueron sistematizados y contabilizados.

#### *2.2.1.5. Reporte de Gastos de Consumibles*

Este reporte especifica el gasto de consumibles del DI, tales como placas radiográficas, jeringas, vendas, gasas, medios de contraste, químicos para el

revelado, medicamentos, etc. [38], en el cual se especifica también el monto erogado por el INER para la adquisición de placas radiográficas durante los años 2005 al 2007.

#### *2.2.1.6. Reporte de Costo Funcional del Departamento de Imagenología*

Este documento reporta el costo de operación del DI para el periodo 2005 -2007 [39], llamado *costo funcional total*, que es la cantidad de dinero que el INER invierte para que el DI pueda operar. Para su cálculo se incorporó el gasto en sueldos y prestaciones de todo el personal que compone el departamento, el gasto de consumibles de los almacenes de varios, farmacia y víveres así como los costos de las compras directas de acuerdo a bases de asignación como número de tomas de agua, porcentaje de consumo de energía eléctrica, número de teléfonos por departamento, el costo de la depreciación de los equipos ubicados en cada área y al número de metros cuadrados de superficie construida utilizada por cada departamento, también incluye el gasto en provisiones económicas, que incluye asignaciones como: funerales, pago de defunción y en general compensaciones por servicios de carácter social.

#### *2.2.1.7. Reporte de Personal Adscrito al Departamento de Imagenología*

Se solicitó el reporte del personal adscrito al DI del 2005 al 2007 [40]. De este documento se extrajo el número de TR y MR adscritos al DI durante el periodo evaluado.

### **2.2.2. Datos de los Subsistemas del PACS**

Dentro de los criterios de inclusión para la información disponible en los subsistemas del PACS se consideraron, la viabilidad de obtención de los datos, su relevancia y el periodo de su vigencia en el sistema.

#### *2.2.2.1. Subsistema de Almacenamiento del PACS*

Del subsistema de almacenamiento del PACS se colectaron los tiempos de disponibilidad de las imágenes de los estudios de RX y de TC. El registro del tiempo de disponibilidad es la hora en que la transmisión de la imagen finaliza después de

haber sido almacenada en la base de datos del archivo digital y por lo tanto está disponible para ser visualizada por el radiólogo en la estación de diagnóstico en el blue room.

#### *2.2.2.2. Estudios Concluidos por el Técnico Radiólogo en RIS*

Del sistema RIS se colectó el número de estudios concluidos por cada TR. Este dato se localizó en el menú de pruebas, haciendo un filtrado por técnico y fecha.

#### *2.2.2.3. Reportes de Diagnóstico Radiológico Interpretados en RIS*

El número de estudios con reporte de diagnóstico radiológico interpretados en RIS, se obtuvo del menú de estadísticas estándar del módulo “varios” del RIS, haciendo un filtrado por médico, modalidad y fecha. Para facilitar la obtención de esta información se desarrolló una aplicación para generar un reporte de productividad para los médicos radiólogos que contabilizara el número de reportes de diagnóstico interpretados por cada médico radiólogo, durante un periodo seleccionado por el usuario. Esta aplicación genera una hoja de cálculo, donde en una matriz se muestra la información solicitada. La aplicación se programó en el subsistema RIS y quedó disponible para su uso en la sección de misceláneos.

#### *2.2.2.4. Subsistema de Visualización*

Con el fin de evaluar la productividad de los médicos clínicos se colectó el archivo *Traces\_YYYY-MM-DD*, localizado en el Subsistema de Visualización (SV) del PACS. En este archivo se almacenan los registros de la actividad del servidor de distribución de imágenes vía red, cada uno de estos registros provee información que es clasificada en siete campos diferentes. Los datos relevantes, fueron localizados en el 2do campo, que contiene la fecha y la hora de ocurrencia del registro y en el 5o campo, que se registra la clave de acceso del médico clínico, el tipo de acceso (entrada o salida), así como la dirección IP de acceso al sistema. La Tabla 2.2 muestra un ejemplo de la información disponible en estos campos del archivo *Traces\_YYYY-MM-DD* que fue utilizada. Este archivo almacena datos por un máximo de tres meses de actividad, de modo que el periodo disponible en los registros del

sistema al momento de la adquisición de la información fue del mes de Diciembre del 2007 hasta Febrero 2008. Por otro lado, se levantó un inventario de la ubicación de cada estación de visualización en los diferentes servicios clínicos del Instituto, para relacionarla con su dirección IP asignada. Esto permitió identificar físicamente la ubicación de los accesos que se registraron en el SV y procesar la información proporcionada por el archivo TRACES.

Tabla 2.2  
Campos 2° y 5° del archivo TRACES del subsistema de visualización

2° Campo	5° Campo
Fecha y Hora	Contenido
12/14/2007 8:36:29 AM	'vrp1609' logged in from 192.168.12.200.
01/09/2008 07:46	'fgo6031' logged in from 192.168.12.200.
2/22/2008 12:21:31 PM	'dfb90022' logged in from 192.168.8.205.

### 2.2.3. Datos Heurísticos

Durante el desarrollo de esta investigación, se identificó que eran necesarios un conjunto de datos que no estaban disponibles, relevantes para la evaluación de la productividad, pero que era posible adquirirlos mediante metodologías específicas diseñadas para tal fin. Para ello se desarrollaron las siguientes tres tácticas:

- I. El desarrollo de un código de barras para la sistematización de datos de la RC, para la evaluación de la productividad del TR.
- II. El diseño y la aplicación de una evaluación cualitativa sobre el desempeño del sistema de visualización del PACS para los médicos clínicos.
- III. Un análisis de tiempos y movimientos para cuantificar el tiempo de atención al paciente.

A continuación se presentan las metodologías desarrolladas para la adquisición de los datos heurísticos.

### 2.2.3.1. Código de Barras para la Radiología Computarizada

Durante la identificación de los datos disponibles en la modalidad de RX, se encontró que la radiología computarizada (RC) proveía archivos estadísticos en su sistema. Para poder sistematizar dicha información, se diseñó una estrategia mediante el uso del lector de código de barras de la RC. El software de aplicación requiere como campo obligatorio un código de identificación del técnico radiólogo (TR) para procesar la petición de cada operación. Los TRs solían escribir cualquier carácter para completar el procedimiento, por tanto la RC generaba estadísticas basadas en los códigos que eran introducidos aleatoriamente y la información producida no podía ser correlacionada con el trabajo realizado por cada TR. En este sentido, se diseñó un código de barras personalizado, que el lector de la RC fuera capaz de detectar y procesar. Dicho código incorpora algunos caracteres del nombre y apellidos del TR, los cuatro dígitos del número de empleado, dos números aleatorios y el carácter "T", como el identificador del técnico. El código diseñado posee nueve caracteres y se estructura de la siguiente manera:

*T + 1er número aleatorio + 1er dígito del número de empleado + 2ª letra del nombre del técnico + 2º dígito del número de empleado + 2ª letra del apellido paterno + 3er dígito del número de empleado + 2ª letra del apellido materno + 4to dígito del número de empleado + 2º número aleatorio.*

El código de barras fue diseñado utilizando el software Label Vista, y sus atributos funcionales fueron: código 128, altura 20 puntos, estrechez 0 y orientación horizontal. La Fig. 2.1 muestra un ejemplo del diseño de este código. En total se generaron 31 códigos de barras para que la información de cada uno de los 26 TRs y los 5 médicos radiólogos de los 6 diferentes turnos, pudiera ser correlacionada en la RC. Dichos códigos fueron impresos en etiquetas y, colocados en la credencial de los TRs. Asimismo, se desarrolló una base de datos que relaciona el código de barras del TR y procesa los datos obtenidos del RC.

	1	2	3	4	
	Alberto Sanchez Pineda		6095	63	T66L0A9I53
	1. Nombre		3. Números Aleatorios		
	2. Número de Empleado		4. Código Diseñado		

Fig. 2.1. Ejemplo del diseño de un código de barras

Por otro lado, el equipo de RC produce cinco archivos de texto con diferente información:

*CassetteStats*, provee información de la vida útil y del desempeño de cada chasis de fósforo utilizado para digitalizar las imágenes.

*DestinationStats*, permite el conteo de imágenes impresas por formato de placa y cuenta el número de imágenes exitosas entregadas a la base de datos del archivo digital del PACS.

*TechStats*, registra el número de imágenes enviadas por el TR al archivo digital y contabiliza cuántas imágenes fueron almacenadas adecuadamente en el archivo digital (aceptadas) y cuantas no se almacenaron correctamente (rechazadas), además muestra el porcentaje de imágenes rechazadas en relación al número de imágenes aceptadas.

*ImageList*, registra información de las imágenes del estudio realizado, tal como proyección, parte anatómica, cassette utilizado y un acuse de entrega por imagen al archivo digital.

*PatientList*, registra los datos demográficos e información clínica de cada paciente atendido.

Sólo los archivos *ImageList* y *PatientList* fueron utilizados en esta investigación. En ambos archivos se registran el código de identificación del técnico que realizó el estudio, la fecha y la hora de envío de cada imagen.

La RC tiene una capacidad de memoria limitada, ya que sólo puede almacenar la información de un periodo máximo de cuatro días. Debido a ello se estableció que los

datos debían ser colectados los martes y los viernes, para evitar pérdidas de información. Después de coleccionar la información la base de datos de la RC debe ser restablecida. Se coleccionaron datos de los TRs que utilizaron su código de barras en cada uno de los 6 turnos durante el periodo de evaluación.

### *2.2.3.2. Evaluación Cualitativa del Sistema de Visualización*

Con el fin de conocer la percepción que los médicos clínicos tenían del sistema de visualización (SV) del PACS se generó una estrategia para hacer una evaluación cualitativa, mediante el diseño de una encuesta de opinión en la cual se les solicitó a los médicos que evaluaran siete características del sistema:

1. La velocidad de adquisición de la información.
2. La periodicidad de uso de las imágenes radiológicas.
3. La eficiencia del proceso en la adquisición de la información.
4. La facilidad de uso del sistema.
5. La confiabilidad en el sistema.
6. La pérdida de estudios e información proporcionada.

La encuesta la respondieron 28 médicos clínicos (adscritos y residentes) de los servicios clínicos donde el sistema de visualización está instalado. La encuesta fue diseñada con 8 preguntas cerradas con un dominio de 5 valores para las respuestas que se describen a continuación:

- 0 Si a los médicos les satisfacía mucho más trabajar con placas radiográficas impresas
- 1 Si a los médicos les satisfacía más trabajar con placas radiográficas impresas
- 2 Si para los médicos era lo mismo trabajar con placas radiográficas impresas que con el sistema de visualización
- 3 Si a los médicos les satisfacía más trabajar con el sistema de visualización
- 4 Si a los médicos les satisfacía mucho más trabajar con el sistema de visualización

Además de las siete características evaluadas, se les pidió a los médicos clínicos que evaluaran de manera general el sistema de visualización, para después comparar su percepción con el promedio de todas sus respuestas y corroborar si había concordancia o no. Para calcular el número de médicos clínicos que debían participar y el número de respuestas que se deberían obtener como mínimo, se calculó el tamaño de la muestra para la encuesta.

La muestra de médicos que respondió la encuesta se calculó con el concepto de muestreo aleatorio simple [Anexo 1]. Se sabía que la población total de médicos que tenían una cuenta creada en el SV era de 194, dentro de la cual existían 22 clasificaciones diferentes relativas al servicio clínico de adscripción (Tabla 2.3). Con base en estas clasificaciones se calculó la desviación estándar de la población (Ec. 2.1), con este valor se obtuvo el valor esperado (Ec. 2.2), considerando un intervalo de confianza del 95% y las 22 clasificaciones de cuentas distintas:

Tabla 2.3  
Clasificación de las cuentas del SV según el servicio clínico de adscripción de los MCs

Servicio Clínico	# Cuentas	Servicio Clínico	# Cuentas	Servicio Clínico	# Cuentas
P1	8	Consulta Externa	14	Cirugía	11
P2	5	Urgencias	24	Clínica del sueño	6
P3	7	Broncoscopía	2	Radiología	2
P4	8	Hospitalización	15	Residente	7
P5	3	Investigación	8	Médico Residente Cirugía	11
P7A	21	Medico Adscrito	5	Medicina Nuclear	2
P7B	9	Dirección	6	Anestesiología	7
UCI	11				

Para calcular la desviación estándar, se obtuvo el promedio de MR's por servicio clínico con una cuenta creada (Ec. 2.0), sabiendo, como se mencionó, que existían 22 clasificaciones distintas para las cuentas creadas (n):

n=22

$$\bar{x} = \frac{\sum \# \text{ cuentas por servicio clínico}}{n} \quad (\text{Ec. 2.0})$$

$$\bar{x} = \frac{8+5+7+8+3+21+9+11+14+24+2+15+8+5+6+11+6+2+7+11+2+7}{22}$$

$$\bar{x} = 8.7272$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (\text{2.1})$$

Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(8-8.72)^2 + (5-8.72)^2 + (7-8.72)^2 + (3-8.72)^2 + (21-8.72)^2 + \dots + (2-8.72)^2 + (7-8.72)^2}{(21)}}$$

$$\sigma = 5.59368$$

$$\text{Error estándar: } E = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{2.2})$$

$$E = \frac{(0.95)(5.59368)}{\sqrt{22}} = 1.13294$$

Con estos valores, se calculó el tamaño teórico de la muestra (Ec. 2.3), con un valor de Z=1.96 relativo al intervalo de confianza deseado (95%):

$$n_0 = \left[ \frac{Z * \sigma}{E} \right]^2 \quad (\text{2.3})$$

$$n_0 = \left( \frac{(1.96)(5.59368)}{(1.13294)} \right)^2 = 93.64565$$

Se obtuvo el promedio de los MC pertenecientes a cada estrato  $N=8.7272$ , y con el valor obtenido para  $n_0$ , se calculó el tamaño de la muestra (Ec. 2.4):

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (2.4)$$

$$n = \frac{93.64565}{1 + \frac{93.6455}{8.7272}} = 7.977147$$

Por lo tanto la muestra mínima calculada fue de 8 médicos. Se escogió un periodo de un mes para la colección de los datos, por lo que diariamente se recorrieron todos los nodos donde había una estación de visualización cubriendo aleatoriamente todos los turnos, para abordar a los médicos e invitarles a participar en la encuesta. De esta manera se logró entrevistar a 28 médicos tanto adscritos como residentes de todos los servicios clínicos. La Tabla 2.4 muestra las preguntas planteadas a los MCs con sus posibles respuestas.

Pregunta	A	B	C	D	E
1. Como percibe usted la <b>velocidad de adquisición de las imágenes</b> con respecto a lo que tardaba en obtener una placa impresa para su paciente.	<b>Mucho Más</b> rápido Con Placas	<b>Más rápido</b> Con Placas	<b>Igual</b> Con Placas Que Con Magic	<b>Más rápido</b> Con Magic	<b>Mucho Más</b> rápido Con Magic
2. ¿Con que periodicidad emplea el sistema Magic Web en comparación con lo que utilizaba las placas impresas?	Utilizaba <b>Mucho Más</b> las Placas	Utilizaba <b>Más</b> las Placas	<b>Igual</b> Placas Que lo que utilizo Magic	Utilizo <b>Más</b> el Magic	Utilizo <b>Mucho Más</b> el Magic
3. Como evalúa el <b>desempeño</b> del sistema Magic Web para visualizar un estudio radiológico, en comparación con el proceso de obtención de una placa impresas	<b>Mucho Mejor</b> desempeño con <b>placas</b>	<b>Mejor</b> desempeño con placas	<b>Igual</b> desempeño Con Placas Que Con Magic	<b>Mejor</b> desempeño con Magic	<b>Mucho Mejor</b> desempeño con Magic
4. ¿Es más sencillo utilizar el sistema Magic Web para visualizar una imagen radiológica que pasar por todo el proceso para visualizar una placa impresa?	<b>Mucho Mas</b> sencillo con <b>placas</b>	<b>Mas</b> sencillo con <b>placas</b>	<b>Igual</b> Con Placas Que Con Magic	<b>Mas</b> sencillo con Magic	<b>Mucho Mas</b> sencillo con Magic
5. ¿Considera más confiable el trabajar con el Sistema Magic Web que con el proceso que se seguía con las placas impresas?	<b>Mucho Mas</b> confiable con <b>placas</b>	<b>Mas</b> confiable con <b>placas</b>	<b>Igual</b> Con Placas Que Con Magic	<b>Mas</b> confiable con Magic	<b>Mucho Mas</b> confiable con Magic
6. ¿Existe una menor pérdida de estudios de los pacientes con el Sistema Magic Web que con las placas?	Se perdían <b>mucho menos</b> estudios con <b>placas</b>	Se perdían <b>menos</b> estudios con <b>placas</b>	Se pierden el <b>mismo</b> numero de estudios con Magic que con las placas	Se pierden <b>menos</b> estudios con Magic	Se pierden <b>mucho menos</b> estudios con Magic
7. Los estudios visualizados mediante el sistema Magic Web, le proveen de mayor información	Una placa impresa provee de <b>mucho mas</b> información	Una placa impresa provee de <b>mas</b> información	Una placa impresa provee <b>la misma</b> información que el Magic	<b>Magic Web</b> provee de <b>mas</b> información	<b>Magic Web</b> provee de <b>Mucha mas</b> información
8. Haciendo una evaluación general de todos los aspectos, como prefiere usted trabajar, con el sistema Magic Web o con placas impresas.	Prefiero <b>mucho más</b> las <b>placas</b> impresas	Prefiero <b>más</b> las placas imresas	Es <b>igual</b> trabajar con placas que con magic	Prefiero <b>más</b> el <b>Magic Web</b>	Prefiero <b>mucho más</b> el <b>Magic Web</b>

Tabla 2.4 Preguntas de la evaluación cualitativa del sistema de visualización del PACS

### 2.2.3.3. *Tiempos y Movimientos del Paciente en el DI*

Se hizo la medición de los tiempos del paciente en función de sus movimientos dentro del DI, para lo cual se generó una estrategia para la obtención de datos disponibles en las estaciones de trabajo del PACS, para relacionarlas con la atención brindada al paciente de las modalidades de RX y TC. Con el fin de desarrollar esta estrategia, el primer paso fue identificar los flujos de atención del paciente y el flujo de la información de ambas modalidades, con base en los cuales se seleccionaron los tiempos que se deseaban coleccionar.

Se coleccionó en la recepción del DI la hora de llegada del paciente y su nombre, después en la sala de RX y/o TC se coleccionó la hora del 1er disparo del estudio y la hora de salida del paciente de la sala; posteriormente en la recepción se registró la hora de entrega de placa al paciente.

Por otro lado, se registró la hora de recepción de las imágenes de los estudios digitalizados en las estaciones de trabajo SKY001 y SKY002 del PACS en el blue room, cómo se describe en la sección 2.2.2.1. Cada uno de estos datos se registró mediante un formato (Fig. 2.2), cuyos campos son:

*Fecha:* Se registra la fecha en la que se coleccionaron los datos.

*Nombre del paciente:* Se anotó el nombre del paciente, cuando éste era transcrito al sistema RIS en la recepción.

*Tipo de estudio.* Se anotó el tipo de estudio a realizarse cuando este dato era transcrito al RIS en la recepción.

*Hora de llegada.* Se anotó la hora en que el paciente llegaba al mostrador de recepción.

*Ingreso a sala.* Se registró la hora en que el paciente entraba a la sala de RX o TC.

*Toma de estudio.* Se registró la hora del primer disparo del estudio.

*Salida del paciente.* Se registró la hora en que el paciente dejaba la sala de RX o TC.

*Entrega placa.* Se registró la hora en que la placa era entregada al paciente en recepción.

*Network Status.* En esta sección se registró la hora en que la imagen llegaba a la estación de trabajo y por tanto estaba disponible para ser visualizada.

*Reloj.* Se anotó la hora del cronómetro que se utilizó y la hora que marcaba la hora del sistema de la estación de trabajo. Esta hora sirvió como referencia cuando se requirió de algún ajuste para obtener la hora real de recepción de las imágenes.

*PC.* En este campo se anotó la hora de recepción de las imágenes registrada en el subsistema de almacenamiento del PACS, ubicado en las estaciones de trabajo del blue room.

fecha	Nombre del Paciente	Recepción		Sala RX / TC			Recepción	Blue Room	
		Tipo estudio	Llegada paciente	Ingreso a sala	Toma estudio	Salida paciente	Entrega placa	Network status	
								Reloj	PC

Fig. 2.2 Formato de registro de datos

La táctica utilizada fue escoger un paciente al azar, seguirlo durante toda su estancia en el DI y registrar en el formato los datos de interés. El periodo de colecta de datos para este estudio fue del 31 de enero al 15 de marzo del 2008. Cabe mencionar que tanto el reloj de las estaciones de trabajo SKY001 y SKY002, como el reloj con el que se tomaron los tiempos del estudio, fueron diariamente sincronizados con la hora proporcionada por el Centro Nacional de Metrología [41].

Una muestra significativa de la población real de pacientes de la modalidad de RX del INER, se calculó mediante las Ec.s 2.1 - 2.3 y el número mensual de pacientes atendidos de los años 2005 -2007 (Tabla 2.5). Primero se calculó el promedio de

pacientes atendidos mensualmente (Ec. 2.0b). Para mostrar su aplicación se muestra el cálculo del promedio mensual de pacientes atendidos durante el 2007:

$$\bar{x} = \frac{\sum \# \text{pacientes atendidos mensualmente}}{\# \text{meses analizados}} \quad (2.0b)$$

$$\bar{x}_{2007} = \frac{4806 + 3833 + 3933 + 3811 + 3749 + 3527 + 3565 + \dots + 3029 + 4066 + 3423}{12}$$

$$\bar{x}_{2007} = \frac{45519}{12} = 3736.25$$

Con base en los promedios mensuales para cada uno de los tres años evaluados (Tabla 2.6), se calcularon las desviaciones estándar correspondientes (Ec. 2.1). Para ilustrar su aplicación, se muestra el cálculo de la desviación estándar del año 2007:

$$\sigma_{2007} = \sqrt{\frac{(4806 - 3736.25)^2 + (3833 - 3736.25)^2 + \dots + (4066 - 3736.25)^2 + (3423 - 3736.25)^2}{11}}$$

$$\sigma_{2007} = 434.73$$

Después se identificó el valor máximo de las desviaciones estándar de los tres años analizados  $\sigma_{MAX} = 434.7342$  (Tabla 2.6). Con este valor se calculó el valor esperado (Ec. 2.1), considerando un intervalo de confianza del 95% y 12 clasificaciones distintas relativas a la cantidad de meses en un año:

$$E = \frac{(0.95)(434.7342)}{\sqrt{12}} = 119.232$$

Con los valores de  $Z=1.96$  correspondiente a un intervalo de confianza del 95%; la desviación estándar de la población, calculada como el promedio de las desviaciones estándar del 2005 al 2007  $\sigma = 395.7313$  (Tabla 2.6) y el valor esperado calculado, se calculó el tamaño teórico de la muestra (Ec. 2.2):

$$n_0 = \left( \frac{(1.96)(395.74)}{(119.232)} \right)^2 = 42.32$$

Se calculó el promedio de los pacientes atendidos anualmente en el DI, como el promedio de los promedios mensuales de los tres años considerados N=3480.72, mediante la Ec. 2.3 el valor  $n_0$  y N obtenidos se encontró:

$$n = \frac{42.32}{1 + \frac{42.32}{3480.72}} = 41.81$$

Este resultado significa que el número mínimo de pacientes que debían ser muestreados era de al menos 42 pacientes para asegurar que los resultados encontrados tuvieran una confiabilidad del 95%.

Tabla 2.5  
Pacientes atendidos mensualmente en RX durante los años 2005 -2007

RX	ENE	FEB	MZO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>2007</b>	4806	3833	3933	3811	3749	3527	3565	3427	3666	3029	4066	3423	45519
<b>2006</b>	3467	3361	3055	3484	3114	3026	3234	3935	3517	3932	3829	3452	41406
<b>2005</b>	3281	4082	2986	2886	3234	3120	2752	3116	2730	3300	3918	3660	39065

Tabla 2.6  
Pacientes atendidos en RX, desviación estándar por año y promedio del periodo 2005 - 2007

	Promedio Anual	Desviación Estándar
<b>2007</b>	3736.25	434.73
<b>2006</b>	3450.50	319.15
<b>2005</b>	3255.42	433.31
<b>Promedio</b>	3480.72	395.73

Del mismo modo, para la modalidad de TC la cantidad mínima de registros necesaria para asegurar una muestra significativa de la población real de pacientes, se calculó mediante las Ec.s 2.1-2.3 y el número mensual de pacientes atendidos de los años 2005 -2007 (Tabla 2.7 ).

Tabla 2.7

Pacientes atendidos mensualmente en TC durante los años 2005 -2007

	ENE	FEB	MZO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>2007</b>	259	441	384	330	477	214	360	444	475	447	453	373	4657
<b>2006</b>	336	397	355	416	352	407	364	436	374	386	287	274	4384
<b>2005</b>	313	395	260	396	390	411	337	331	326	398	439	275	4271

Al igual que para la modalidad de RX, primero se identificó el valor máximo de las desviaciones estándar de los tres años considerados  $\sigma_{MAX} = 85.52$  (Tabla 2.8). Con este valor se calculó el valor esperado (Ec. 2.1), considerando un intervalo de confianza del 95% y 12 clasificaciones distintas relativas a la cantidad de meses en un año.

$$E = \frac{(0.95)(85.52)}{\sqrt{12}} = 23.45$$

Con los valores de  $Z=1.96$  correspondiente a un intervalo de confianza del 95%; la desviación estándar de la población, calculada como el promedio de las desviaciones estándar del 2005 al 2007  $\sigma = 63.77$  (Tabla 2.8) y el valor esperado calculado, se calculó el tamaño teórico de la muestra (Ec. 2.2):

$$n_0 = \left( \frac{(1.96)(63.77)}{(23.45)} \right)^2 = 28.96$$

Se calculó el promedio de los pacientes atendidos anualmente en el DI, como el promedio de los promedios mensuales de los tres años considerados  $N=369.78$ , mediante la Ec. 2.3 el valor  $n_0$  y  $N$  obtenidos se encontró:

$$n = \frac{28.96}{1 + \frac{28.96}{369.78}} = 26.86$$

Este resultado significa que el número mínimo de pacientes que debían ser muestreados era de al menos 27 pacientes para asegurar que los resultados encontrados tuvieran una confiabilidad del 95%.

Tabla 2.8  
Pacientes atendidos en TC, desviación estándar por año y promedio del periodo  
2005 - 2007

	<b>Promedio Anual</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>2007</b>	388.08	85.52
<b>2006</b>	365.33	49.01
<b>2005</b>	355.92	56.78
<b>Promedio</b>	369.78	63.77

Una vez que la información fue colectada, se sistematizó y con base en ella y en los antecedentes reportados en la literatura (capítulo 1), se encontró que muchas de las metodologías propuestas para la evaluación de la productividad, no podían ser aplicadas para la evaluación de la productividad del DI del INER, ya que en la mayoría de los casos no se reporta de manera explícita ni los datos específicos utilizados, ni las características propias de los DIs o las condiciones de trabajo del INER no eran análogas a las reportadas. Por lo tanto, fue necesario diseñar indicadores *ad hoc* que permitieran evaluar la productividad en los tres ámbitos propuestos, con base en los recursos a los que se tuvo acceso en el Instituto. Estos indicadores se presentan en las siguientes secciones de este documento.

### 3. PRODUCTIVIDAD DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL INER

Se diseñó un conjunto de 23 indicadores para evaluar la productividad del DI en los diferentes ámbitos donde el PACS tuvo un impacto. Se generaron 7 indicadores para evaluar el trabajo de los técnicos radiólogos (TR), 3 indicadores para los médicos radiólogos (MR), 7 indicadores y una evaluación cualitativa para los médicos clínicos (MC) y 6 indicadores de costo –beneficio. Estos indicadores fueron validados con la información disponible de los años 2005, 2006 y 2007 con el objetivo de hacer un análisis comparativo de antes, durante y después de la instalación del PACS.

El término *validar* se refiere a si lo que se está midiendo es lo que se quiere o intenta medir [42]. La validación de los indicadores tiene por objeto comprobar que éstos son útiles y para ello, se debe comparar la utilidad de los resultados alcanzados con los objetivos inicialmente previstos y para los cuales se habían desarrollado dichos indicadores. Como resultado de la validación se debe tener una idea clara sobre la idoneidad de los indicadores [43]. En el caso de esta investigación se utilizó la validación interna, ya que es la magnitud en que los hallazgos de un estudio representan exactamente la relación causal entre una intervención y una salida, en las circunstancias particulares de dicha investigación [42].

Los indicadores diseñados para los TR, MR y MC fueron agrupados en dos clasificaciones: indicadores de producción e indicadores de utilización de sistema, atendiendo al origen de los datos con los cuales fueron validados. Es decir, si para su validación se utilizaron datos históricos se clasificaron como indicadores de producción y si los datos se obtuvieron del sistema PACS o de los equipos de RC y TC, se clasificaron como indicadores de utilización de sistema. Mientras que los indicadores del análisis de costo – beneficio fueron clasificados como indicadores de costo e indicadores de beneficio. A continuación se presentan los resultados, posteriormente se muestra la validación del indicador, sus características y un análisis de dicha validación.

### **3.1. PRODUCTIVIDAD DE TÉCNICOS RADIÓLOGOS**

El Departamento de Imagenología (DI) del INER cuenta con un equipo de técnicos radiólogos (TRs) altamente capacitados en la adquisición de imágenes radiológicas de diversas modalidades como radiología simple, tomografía computarizada, ultrasonido y medicina nuclear. Actualmente laboran 26 TRs distribuidos en todas las modalidades de imagen y en los 6 turnos del DI [40]. Cabe mencionar que en este trabajo, sólo se analizaron las modalidades de radiología simple (RX), digitalizada mediante un equipo de radiología computarizada (CR) y la tomografía computarizada (TC), ya que durante el periodo de análisis 2005-2007 eran las únicas dos modalidades conectadas al sistema PACS. Como se mencionó, se diseñaron siete indicadores para medir la productividad de los TRs clasificados en indicadores de producción e indicadores de utilización del sistema.

#### **3.1.1. Indicadores de Producción**

La premisa de los sistemas PACS es que con su inclusión, la impresión de placas radiográficas disminuye o es totalmente eliminada, debido a que las imágenes son archivadas de manera digital y es posible visualizarlas sin necesidad de la impresión en papel radiográfico. Aquellos indicadores que miden el impacto de la productividad del TR en uno de los procesos donde el sistema PACS tiene mayor incidencia en sus labores como es la impresión de placas radiográficas, fueron clasificados como indicadores de producción. Por ello se diseñaron tres indicadores para medir el impacto de la impresión de las placas radiográficas en el servicio que provee el DI.

##### **3.1.1.1. Indicador ITEC1**

Este indicador relaciona el número de placas correctamente utilizadas con respecto a cada estudio en la modalidad de imagen realizado, sobre un periodo de tiempo determinado por el usuario. Su cálculo está dado por la Ec. 3.1, La tendencia esperada de este indicador es decreciente al comparar dos periodos, lo que significa que un menor número de placas se imprime por cada estudio que se realiza.

$$ITEC1_{\text{Periodo Evaluado}} = \left( \frac{\text{Placas utilizadas en la modalidad}}{\text{Estudios realizado por modalidad}} \right) \quad (3.1)$$

### 3.1.1.2.Indicador ITEC2

Este indicador relaciona el número de placas correctamente utilizadas por cada paciente que es atendido en una determinada modalidad durante un periodo determinado por el usuario. Se calcula mediante la Ec. 3.2 y su tendencia esperada es decreciente al comparar dos periodos, lo que significa que una menor cantidad de placas radiográficas es impresa por paciente.

$$\text{ITEC2}_{\text{Periodo Evaluado}} = \left( \frac{\text{Placas utilizadas en la modalidad}}{\text{Pacientes Atendidos por modalidad}} \right) \quad (3.2)$$

### 3.1.1.3.Indicador ITEC3

Este indicador relaciona el número de placas utilizadas correctamente con respecto a cada placa que es desperdiciada, en la modalidad de análisis durante un periodo determinado por el usuario. Su cálculo está dado por la Ec. 3.3, y se espera que la tendencia de este indicador sea creciente, lo cual significa que hay un número mayor de placas utilizadas correctamente con respecto a las desperdiciadas en los periodos comparados.

$$\text{ITEC3}_{\text{Periodo Evaluado}} = \left( \frac{\text{Placas utilizadas en la modalidad}}{\text{Placas de deshecho por modalidad}} \right) \quad (3.3)$$

Los tres indicadores ITEC1, ITEC2, e ITEC3 pueden ser utilizados en cualquier modalidad de imagenología. Así mismo, los datos necesarios para aplicar estos indicadores los proporciona el reporte de productividad mensual de imagenología [37]. La frecuencia de recolección de datos y revisión de cada indicador sugeridas, es mensual, para poder dar un apropiado seguimiento a la evolución de estos indicadores, conforme a la información del reporte de productividad. Los usuarios potenciales de estos indicadores son la Dirección de Planeación, la Dirección de Servicios Auxiliares y Diagnóstico, el Servicio de Imagenología y el Servicio de Ingeniería Biomédica debido a que son las instancias del INER a quienes pudiera interesarles los resultados. Sin embargo estos indicadores pueden ser útiles en general para la administración del DI.

### 3.1.2. Validación de Indicadores de Producción

Para la validación de los indicadores, se colectó la información histórica correspondiente a la cantidad anual de placas radiográficas utilizadas, placas radiográficas de deshecho, estudios realizados y pacientes atendidos para las modalidades de RX y TC (Tablas 5.1 y 5.2). Al comparar los datos entre el año 2005 y 2007, note que para la modalidad de RX el número de estudios realizados aumentó en 2725 lo que representa un incremento del 6.62%; mientras que se atendieron 6112 pacientes extras lo que representa un incremento del 16.52% en el número de pacientes atendidos. Por otro lado, se dejaron de imprimir 5814 placas, lo cual indica que el número de placas utilizadas disminuyó en 12.2% y se desperdiciaron 532 placas menos lo que implica una reducción del 28.2%.

Para el caso de la TC puede apreciarse un incremento de 1008 estudios realizados lo cual representa un incremento de 21.49%; mientras que se atendieron 402 pacientes extras, lo cual representó un incremento del 9.03%. Por otro lado, se dejaron de utilizar 2281 placas para imprimir los estudios de TC, lo cual representa una disminución del 28.30%. Mientras que se contabilizaron 194 placas de desecho, lo que representó una disminución porcentual del 44.42%.

Tabla 3.1.  
Datos históricos de RX del 2005 al 2007

<b>RX</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Placas correctamente utilizadas</b>	48592	49883	42778
<b>Placas de desecho</b>	2244	1917	1712
<b>Estudios realizados</b>	46306	46719	49031
<b>Pacientes atendidos</b>	39065	41406	45177

Tabla 3.2.  
Datos históricos de TC del 2005 al 2007

<b>TC</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Placas correctamente utilizadas</b>	8319	8168	6038
<b>Placas de desecho</b>	466	382	272
<b>Estudios realizados</b>	4633	5126	5641
<b>Pacientes atendidos</b>	4271	4384	4673

### 3.1.2.1. Validación ITEC1

Para ilustrar la aplicación del indicador ITEC1 (Ec. 3.1) se utilizaron el número de placas de RX impresas correctamente y el número de estudios realizados en el año 2006 (Tabla 3.1):

$$\text{ITEC1}_{2006} = \frac{49883}{46719} = 1.07$$

Lo cual quiere decir que para el año 2006, se utilizó en promedio un poco más de una placa por cada estudio de RX que fue realizado. Al aplicar ITEC1 a los datos de las modalidades de RX y TC (Tablas 3.1 y 3.2), se obtienen los resultados mostrados en la Fig. 3.1. Note que este indicador presenta en ambas modalidades una tendencia decreciente, lo cual quiere decir que efectivamente el uso de placas radiográficas ha disminuido. Observe que en el 2005, se utilizaban casi dos placas por cada estudio de tomografía que se realizaba y que esta cantidad disminuyó a 1.07 en el 2007 (una vez que el PACS estaba ya operando) lo cual representa un decremento del 41% en el número de placas radiográficas utilizadas en cada estudio de TC realizado. Para la modalidad de RX, el indicador ITEC1 muestra que en el 2005 se utilizaban 1.05 placas por cada estudio y para el 2007 se redujo a 0.87, lo cual representa una disminución del 17.65% en el número de placas radiográficas utilizadas en cada estudio de RX realizado. Al respecto se puede mencionar que desde mayo del 2007 las placas de todos los pacientes hospitalizados del INER se dejaron de imprimir.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado en la literatura, según las premisas del uso del sistema PACS [11], que hacen referencia a ahorros en el uso de las placas radiográficas. Se espera que el número de placas impresas disminuya, por tanto el valor del indicador también. La meta, sería llegar a no imprimir placas para ninguna modalidad sin embargo, el INER cuenta con convenios con hospitales, aseguradoras, etc., que le obligan a continuar imprimiendo al menos estos estudios, además de los pacientes de urgencias a quienes se les tiene que imprimir su placa, ya que en muchos casos el Instituto funge como un hospital de referencia y es

conveniente que el paciente tenga sus estudios de imagenología. Por lo cual, se estima que al menos el 37.21% de los estudios de RX y el 15.3% de los estudios de TC seguirán imprimiéndose.

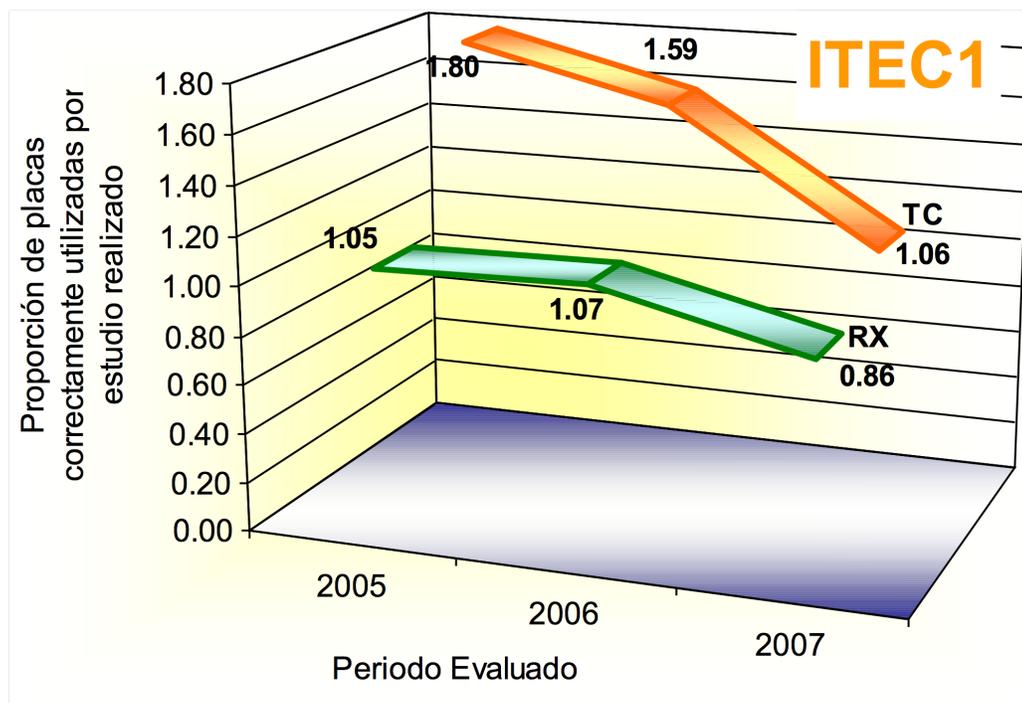


Figura 3.1 Resultados de ITEC1 en las modalidades de RX y TC del 2005 al 2007

### 3.1.2.2. Validación ITEC2

Para ilustrar la aplicación del indicador ITEC2 (Ec.3.2) se utilizó el número de placas de RX impresas correctamente y el número de pacientes atendidos en esa modalidad en el año 2006 (Tabla 3.1):

$$\text{ITEC2}_{2006} = \frac{49883}{41406} = 1.204729$$

Este resultado quiere decir que en promedio, se utilizaron 1.2 placas por cada paciente atendido en la modalidad de RX. Al aplicar el indicador ITEC2 a los datos históricos de las modalidades de RX y TC (Tablas 3.1 y 3.2) se obtienen los resultados mostrados en la Fig. 3.2. Note la tendencia decreciente del indicador, lo que representa un menor uso de placas radiográficas. Observe una disminución

porcentual del 23.88%, al comparar los periodos 2005 y 2007 para los estudios de la modalidad de RX. En el caso de los estudios de TC, se encontró un decremento del 33% al comparar los mismos periodos, es decir en 2005, se utilizaban casi 2 placas por paciente y que dicha cantidad disminuyó a poco más de una en el 2007. Lo que significó que en el 2007 se imprimieron 8095 menos placas, pese a que en ese año se atendieron 6514 pacientes más que en el 2005.

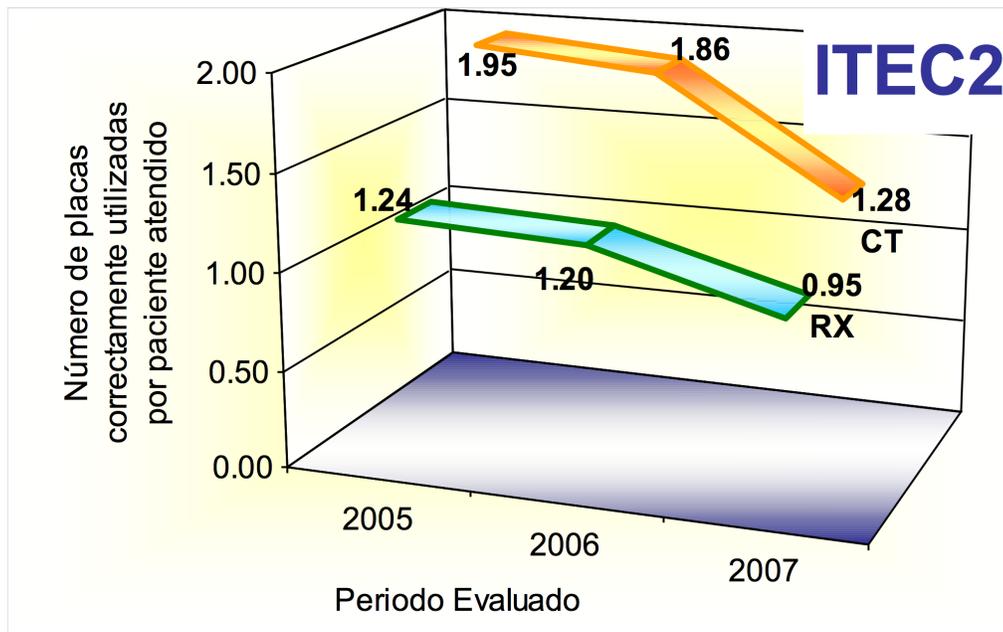


Fig. 3.2. Resultados de ITEC2 en las modalidades de RX y TC del 2005 al 2007

### 3.1.2.3. Validación ITEC3

Para ilustrar la aplicación del indicador ITEC3 (Ec. 3.3), se utilizaron el número de placas impresas correctamente y el número de placas desperdiciadas para RX en el año 2006 (Tabla 3.1):

$$\text{ITEC3}_{2006} = \frac{49883}{1917} = 26.02$$

Este resultado quiere decir que en el año 2006, en promedio, se utilizaron 26 placas correctamente por cada placa de RX que se desperdició en la impresión. Al aplicar el

ITEC3 a los datos históricos de las modalidades de RX y TC (Tablas 3.1 y 3.2), se obtienen los resultados mostrados en la Fig. 3.3. Note que la tendencia de este indicador es creciente, lo que indica que cada año se han utilizado mejor los recursos, es decir, que se producen más placas útiles y se desperdicia menos material. Para la modalidad de RX se encontró que el ITEC3 muestra un incremento del 22.29% al comparar los años 2005 y 2007, y para la TC se encontró un incremento del 28.98% para el mismo periodo.

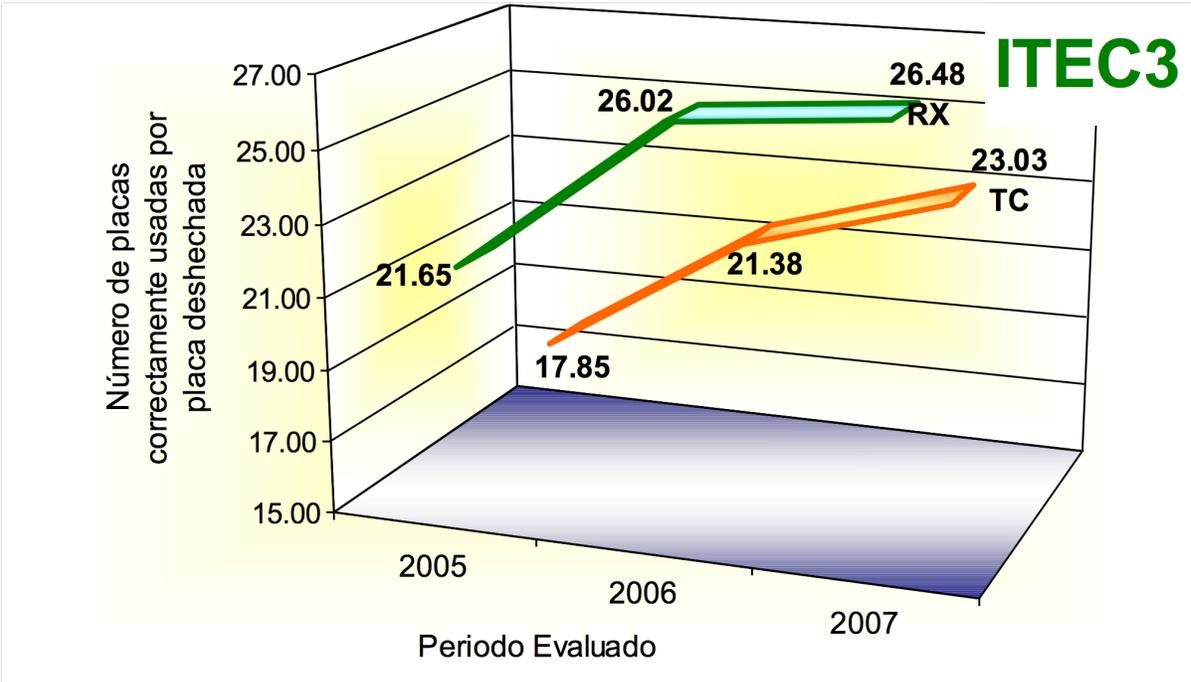


Fig. 3.3. Resultados de ITEC3 en las modalidades de RX y TC del 2005 al 2007

El límite mínimo está dado por el valor de ITEC3 en la modalidad de RX durante el 2005, el cual es de 21.65, debido a que en ese año aun se imprimían todas las placas y se espera que los valores subsecuentes de ITEC3 sean mayores a él, es decir que se optimice el uso de los recursos. Para la TC, el valor del límite mínimo es de 17.85, que es el valor encontrado para el año 2005, debido a que en ese año aun se imprimían todas las placas, ya que el sistema PACS no se había instalado aún y se espera que los valores subsecuentes de ITEC3 para la TC sean mayores que el obtenido en el 2005.

### 3.1.3. Indicadores de Utilización del Sistema

En esta sección se presentan cuatro indicadores para estimar la productividad del TR mediante el uso del equipo de radiología computarizada (RC) y el sistema RIS. Para ello, se recurrió al diseño de una estrategia heurística mediante el uso del código de barras que la RC pudiera codificar (sección 2.2.3.1), mediante la cual se obtuvieron los datos para validar estos indicadores.

#### 3.1.3.1. Indicador CR1

Este indicador estima la productividad del TR, para ello incorpora tres aspectos diferentes en su diseño: número de pacientes atendidos, número de imágenes exitosas enviadas al PACS y número de estudios realizados por cada TR, con lo cual se considera en la estimación de la productividad, algunos de los aspectos que intervienen en la ejecución de las labores del TR y cuyos datos están disponibles en la RC. Para calcular este indicador, se suman el número de pacientes, imágenes y estudios producidos por cada TR durante un periodo establecido por el usuario, con lo cual se obtiene un factor al que se le denomina productividad bruta ( $PB$ ) (Ec 3.4a). Para facilitar la interpretación del resultado del indicador CR1, se normaliza la  $PB$  para acotar su valor en un intervalo  $[0,1]$ , para ello la productividad de cada técnico radiólogo a su vez es normalizada con base en el máximo valor de la  $PB$  ( $MAX(PB)$ ) obtenido por el TR que ha realizado el mayor trabajo durante el mismo periodo. A este parámetro de normalización se le ha denominado  $PB_{MAX}$  (Ec. 3.4b). Finalmente, para mayor facilidad en su interpretación, CR1 es representado como porcentaje, por tanto el TR más productivo obtendrá el 100%. Por todo esto, se puede considerar a CR1 (Ec. 3.4 c) como un indicador global de la productividad del TR, dado que para su estimación involucra muchos de los elementos que intervienen en la realización de un estudio de RX. Además, se espera que este indicador tenga una tendencia creciente, lo cual significa que la productividad de cada TR se incrementa.

$$PB_{TRi} = \sum_{j=1}^N (\#pacientes + \#estudios + \#imagenes) \quad (3.4 a)$$

$$PB_{MAX} = \text{MAX}(PB_{TRi}) \quad (3.4 b)$$

$$CR1_{TRi} = \sum_{i=1}^m \frac{PB_{TRi}}{PB_{MAX}} \times 100 \quad (3.4 c)$$

Donde:  $i = \{1, \dots, m\}$ , m es el número de técnicos evaluados  
 $j = \{1, \dots, N\}$ , N es el periodo evaluado en días

### 3.1.3.2. Indicador CR2

Este indicador estima la productividad del TR como el tiempo trabajado por cada TR expresado como un porcentaje de la duración de cada jornada laboral durante un periodo de evaluación establecido por el usuario (Ec. 3.5a). Primero se obtiene el factor de tiempo diario trabajado (TDT<sub>ij</sub>), el cual se calcula como la diferencia en la hora del primero y el último estudio enviados al PACS por el TR cuyo desempeño se está analizando (Ec. 3.5b). El Tiempo<sub>1</sub> es la hora en que el TR envió el primer estudio a almacenar al PACS, por lo tanto ese tiempo es una aproximación de la hora en que el TR comenzó sus actividades del día, mientras que el Tiempo<sub>2</sub> es la hora en que el TR envía el último estudio a almacenar al PACS, lo que da una aproximación de la hora en que el TR finaliza sus labores. El indicador CR2 se calcula como el promedio de los TDT<sub>ij</sub> calculados durante el periodo evaluado, dividido entre el tiempo que dura la jornada laboral (J) del TR, finalmente este promedio es multiplicado por 100 para mostrarse como un porcentaje. El factor J lo determina la duración de cada jornada laboral establecida para cada turno de trabajo. Como tendencia se espera una meseta por turno, lo cual implicaría que la productividad de cada TR es similar, debido a que la distribución de la carga de trabajo es equitativa.

$$CR2 = \frac{1}{N \cdot J} \sum_{j=1}^N (TDT_{ij}) \cdot (100) \quad (3.5 a)$$

$$TDT_{ij} = \text{Tiempo}_2 - \text{Tiempo}_1 \quad (3.5 b)$$

Donde:

$i = \{1, \dots, m\}$ ,  $m$  es el número de técnicos evaluados

$j = \{1, \dots, N\}$ ,  $N$  es el periodo evaluado en días

Tiempo1 = Hora de envío del primer estudio del día  $j$

Tiempo2 = Hora de envío del último estudio del día  $j$

$J$  = Número de horas trabajadas por turno

### 3.1.3.3. Indicador CR3

El indicador CR3 estima la productividad del TR como la periodicidad de atención al paciente por parte de cada TR durante un periodo de estudio determinado por el usuario. Para ello el indicador CR3 se calcula como el promedio de los  $TDT_{ij}$  calculados durante el periodo de estudio (Ec. 3.5a), dicho promedio se divide entre el número de pacientes atendidos por cada TR en su jornada laboral, para finalmente este promedio ser multiplicado por 100 y mostrarse como un porcentaje (Ec. 3.6). Las unidades de este indicador son minutos/paciente y su tendencia es una pendiente negativa, lo que significa que el TR tardará menos tiempo en atender a un paciente y por tanto, estará en condiciones de atender más pacientes durante su jornada laboral, lo cual se reflejaría en una mayor productividad.

$$CR3 = \left( \frac{1}{P \cdot N} \right) \sum_{j=1}^N (TDT_{ij}) (100) \quad (3.6)$$

Donde:

$i = \{1, \dots, m\}$ ,  $m$  es el número de técnicos evaluados

$j = \{1, \dots, N\}$ ,  $N$  es el periodo evaluado en días

Tiempo1 = Hora de envío del primer estudio del día  $j$

Tiempo2 = Hora de envío del último estudio del día  $j$

$P$  = Número de pacientes atendidos por TR

### 3.1.3.4. Indicador RISTEC

El objetivo de RISTEC es evaluar la utilización del sistema RIS en función del número de estudios producidos por cada TR. Se define como la relación del número de estudios concluidos por el TR en el sistema RIS entre el número de estudios

enviados al PACS por ese mismo TR, su fórmula de cálculo está dada por la Ec. 3.7. La tendencia esperada de este indicador es una meseta, lo cual indicaría que cada estudio que es realizado, es también concluido en el sistema RIS, es decir que existe una apropiada utilización del sistema por parte del técnico. Cabe mencionar que un estudio es enviado al PACS desde la modalidad de interés para ser almacenado en el archivo digital, mientras que un estudio debe ser concluido desde cualquier estación de trabajo del sistema RIS, para que el MR pueda hacer la interpretación de cada estudio.

$$\text{RISTEC}_{\text{PeriodoEvaluado}} = \frac{\text{Estudios Concluidos en RIS}}{\text{Estudios Enviados al PACS}} \times 100 \quad (3.7)$$

Para los cuatro indicadores presentados se recomienda que la frecuencia de recolección de datos sugerida sea cada tercer día, ya que la RC tiene una limitada capacidad de memoria que le permite almacenar datos sólo por cuatro días, por lo cual se sugiere colectarlos antes de que haya pérdidas en la información, (dada la gran cantidad de estudios que son digitalizados diariamente). La frecuencia de revisión sugerida es semanal, para que el usuario pueda procesar fácilmente los datos y para dar un apropiado seguimiento a la evolución de estos indicadores conforme los datos van siendo generados. Los usuarios potenciales de los indicadores de utilización del sistema son la Dirección de Planeación, la Dirección de Servicios Auxiliares y Diagnóstico, el Servicio de Imagenología y el Servicio de Ingeniería Biomédica, debido a que son las instancias del INER a quienes pudiera interesarles los resultados. Sin embargo estos indicadores pueden ser útiles en general para la administración del DI.

### 3.1.4. Validación de Indicadores de Utilización del Sistema

Se colectaron los datos de los TRs que utilizaron su código de barras en cada uno de los 6 turnos. Para la validación de estos indicadores y facilidad en su manejo se reagruparon los datos en cuatro turnos: matutino (TM), vespertino (TV), especial (TE) y nocturno (TN), ya que los tres turnos nocturnos (TNa, TNb y Tc) fueron agrupados como uno solo.

#### 3.1.4.1. Validación CR1

Para mostrar la versatilidad del indicador CR1 se muestran a continuación tres aplicaciones diferentes.

a) *Aplicación de CR1 a todos los turnos.* Para validar este indicador se utilizaron los datos colectados de los TRs de todos los turnos. La Tabla 3.3 muestra el número de estudios, imágenes y pacientes atendidos por cada TR en el periodo de evaluación, así como la productividad bruta PB (Ec. 3.4a) de cada TR. Puede verse que el TR<sub>1</sub> fue quien obtuvo la PB más alta, lo cual implica que fue el técnico que más trabajó. Por tanto la PB<sub>TR1</sub> es el valor de normalización PB<sub>MAX</sub>=433. Observe entonces, que la columna PB/PB<sub>MAX</sub> muestra la relación de las PB obtenidas por cada TR, con respecto al valor PB<sub>MAX</sub>. Finalmente la columna CR1 expresa esta relación como un porcentaje, que es el valor del indicador. Para ilustrar su aplicación, se utilizó la Ec. 3.4c y los datos para el TR8 del turno vespertino, con lo cual se obtuvo:

$$CR1_{TR8} = \frac{45 + 66 + 45}{433} \times 100 = \frac{156}{433} \times 100 \cong 36\%$$

Este resultado significa que la productividad global del TR8 es 36% con respecto al TR1 que alcanzó la máxima productividad del 100%.

La Fig. 3.4 muestra el resultado obtenido de aplicar CR1 a los datos de la RC para los TRs. Note que en el TM es donde se producen más estudios y que el técnico más productivo (TR1) está en este turno. Sin embargo en el mismo TM, otros técnicos (TR6, TR7) producen apenas, poco más del 13% con respecto al TR1. En el TV, el

técnico más productivo (TR8) obtuvo menos del 40%, con respecto al trabajo de TR1, por su parte TR11 labora menos del 10%. Por otro lado, los resultados del TN y del TE muestran que el TR más productivo fue TR12, quien realizó una cuarta parte de lo realizado por TR1. Por su parte TR16 apenas alcanzó el 5%, esto puede explicarse debido a que en los TN y TE sólo se atienden a pacientes de urgencias lo que disminuye considerablemente la demanda del servicio. La Fig. 3.4 muestra la diferente dinámica de trabajo entre turnos y el desempeño laboral de cada TR.

Tabla 3.3  
 Datos colectados de 19 TRs de la RC y aplicación de CR1

TR	Turno	Estudios	Imágenes	Pacientes	PB	$\frac{PB}{PB_{MAX}}$	CR1 (%)
TR1	TM	139	167	127	433	433/433	100.00
TR2	TM	97	109	94	300	300/433	69.28
TR3	TM	65	86	61	212	212/433	48.96
TR4	TM	57	58	57	171	171/433	39.49
TR5	TM	52	62	51	165	165/433	38.11
TR6	TM	18	27	17	62	62/433	14.32
TR7	TM	18	21	18	57	57/433	13.16
TR8	TV	45	66	45	156	156/433	36.03
TR9	TV	30	40	26	96	96/433	22.17
TR10	TV	25	25	24	74	74/433	17.09
TR11	TV	14	15	12	41	41/433	9.47
TR12	TN	33	38	33	104	104/433	24.02
TR13	TN	9	9	8	26	26/433	6.00
TR14	TN	14	17	14	45	45/433	10.39
TR15	TN	15	15	14	44	44/433	10.16
TR16	TN	9	8	9	25	25/433	5.77
TR17	TE	27	30	27	84	84/433	19.40

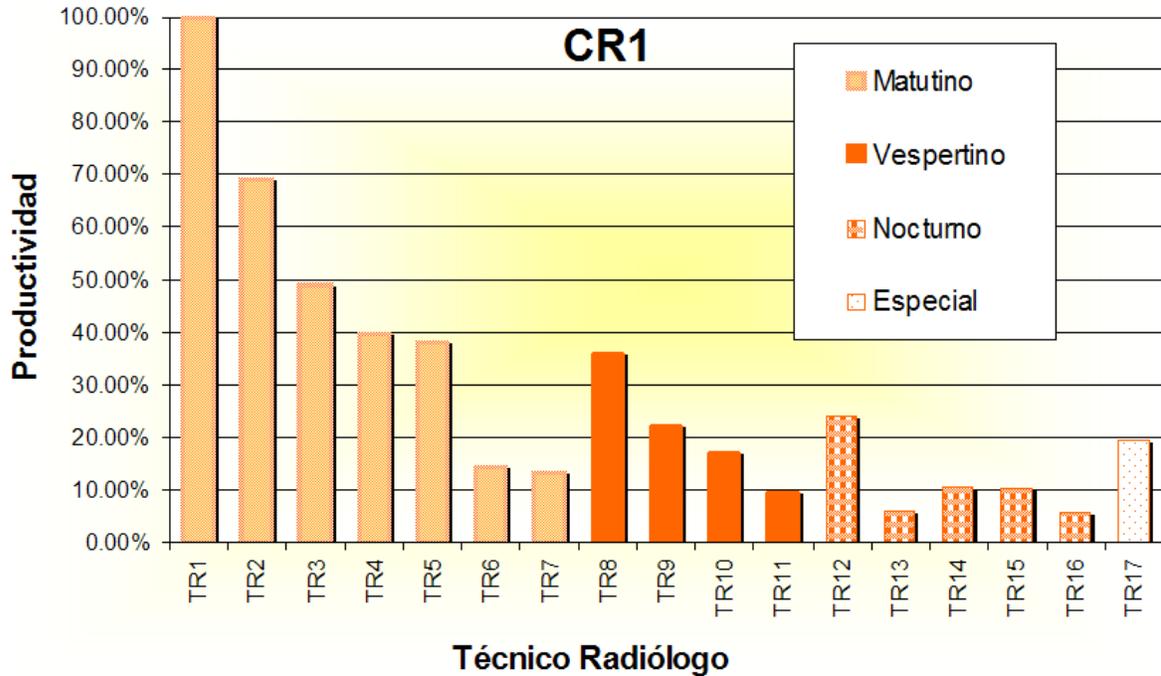


Figura 3.4. Resultados de CR1 aplicado a todos los turnos

**b) Aplicación de CR1 a un turno.** Por otro lado, CR1 puede ser aplicado a cada turno de manera individual utilizando un valor de normalización  $PB_{MAX}$  distinto, es decir,  $PB_{MAX}$  sería el valor de la PB del técnico más productivo en el turno considerado. La Figura 3.5 muestra esta aplicación alternativa para CR1 en el turno vespertino, donde el valor de referencia es ahora  $PB_{MAX} = 156$ , o sea la productividad bruta del TR8 (Tabla 3.3). Puede notarse que mientras el técnico TR9 trabaja el 60% de lo que hace el TR8, el TR11 produce poco más del 20% del total de trabajo que realiza el TR8. Por lo cual, se puede concluir que en cualquiera de las posibles aplicaciones de CR1, los resultados reflejan el desempeño de los TRs pertenecientes al mismo turno o en general, considerando todos los turnos.

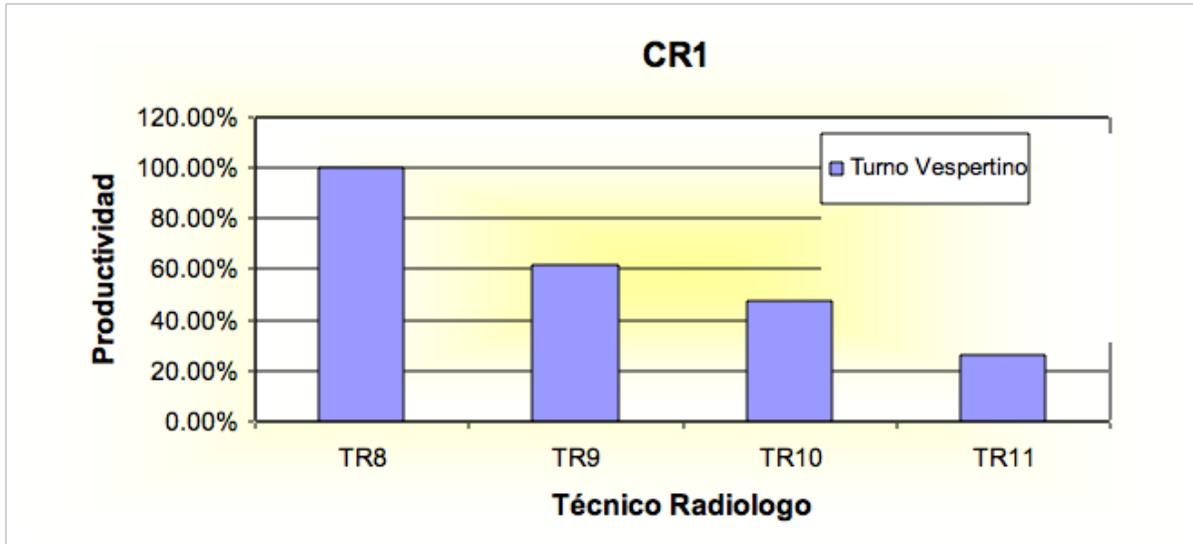


Figura 3.5. Resultados de CR1 aplicado al turno vespertino

c) *Aplicación parcial de CR1 considerando el número de estudios..* Por otro lado, se puede también hacer una aplicación parcial para CR1, que consiste en hacer un análisis comparativo de la productividad del TR estimada con base en los datos de la RC y la productividad promedio calculada a partir de los datos históricos reportados en el informe mensual de placa simple [32]. Dicho análisis puede estimarse con el número de estudios realizados por cada TR que la RC registra (Tabla 3.3) y con el valor de la productividad promedio del TR calculada para un periodo definido por el usuario. Para ello se calcula la productividad anual promedio del TR como el número de estudios de RX realizados en un año, entre el número de TR asignados a la modalidad de RX durante ese año (Ec.3.8a).

$$\text{Productividad Anual Promedio}_{\text{Periodo Evaluado}} = \frac{\text{Número de estudios realizados modalidad}}{\text{Número de tecnicos radiólogos modalidad}} \quad (3.8a)$$

$$\text{Productividad Anual Promedio}_{2007} = \frac{49031}{13} = 3771.6 \text{ estudios / técnico al año}$$

Posteriormente esta cantidad se prorratea entre el periodo en el cual se desea conocer la productividad (Ec. 3.8b), es decir si es mensual debe dividirse entre 12, si

es semanal entre 52. Para este análisis, se tomó como referencia el número de estudios de RX realizados durante el 2007 (Tabla 3.1), además se consideró que 13 TRs trabajaron en la modalidad de RX en ese año [40] y que el 2007 tuvo 52 semanas, con ello se tiene que la productividad semanal promedio del 2007 de cada TR fue:

$$\text{Productividad Semanal Promedio}_{\text{Periodo Evaluado}} = \frac{\text{Productividad Anual Promedio}}{\text{Número de semanas del año}} \quad (3.8b)$$

$$\text{Productividad Semanal Promedio}_{2007} = \frac{3771.6}{52} = 72.53 \text{ estudios/ técnico a la semana}$$

Esta aplicación se considera parcial, por que a diferencia de la estimación de CR1, sólo se estima con base en el número de estudios realizados. La productividad semanal promedio calculada ofrece un factor de normalización histórico que puede ser utilizado en lugar de  $PB_{MAX}$  para la estimación parcial de CR1. Para mostrar esta aplicación se utilizó el número de estudios enviados al PACS por el TR<sub>2</sub> del TM, obtenidos de los registros de la RC (Tabla 3.4), la Ec. 3.4c y el valor de la productividad semanal promedio del 2007.

$$CR1_{TR2} = \frac{97}{72.53} \times 100 = 133\%$$

Este resultado significa que para el periodo de una semana evaluado, el TR2 produjo 33% más de lo que se esperaba que realizara, con base en el valor de normalización dado por la productividad semanal promedio del 2007. La figura 3.6 muestra el resultado de la aplicación parcial del CR1 (Ec. 3.4c) a los datos de los 19 TR (Tabla 3.4), con base en el factor de normalización de la productividad semanal promedio del 2007. Observe que los resultados mostrados en la Fig. 3.6 presentan la misma tendencia que los resultados de la Fig. 3.4, pese a que se utiliza un valor de normalización distinto. La ventaja de este análisis es que no se toma como referencia el desempeño de un TR en particular, sino la productividad promedio de todos los

técnicos, lo cual puede brindar una perspectiva más universal. Por lo cual se concluye que cualquiera de las alternativas presentadas son recomendadas para su uso en el DI, sugiriendo que la decisión entre un análisis u otro se fundamente en la disponibilidad de datos y el uso que se requiera de los resultados generados.

Tabla 3.4  
Estudios de RX enviados al PACS registrados por los TRs

TR	Turno	Estudios	TR	Turno	Estudios
TR1	TM	139	TR10	TV	25
TR2	TM	97	TR11	TV	14
TR3	TM	65	TR12	TN	33
TR4	TM	56	TR13	TN	9
TR5	TM	52	TR14	TN	14
TR6	TM	18	TR15	TN	15
TR7	TM	18	TR16	TN	9
TR8	TV	45	TR17	TE	27
TR9	TV	30			

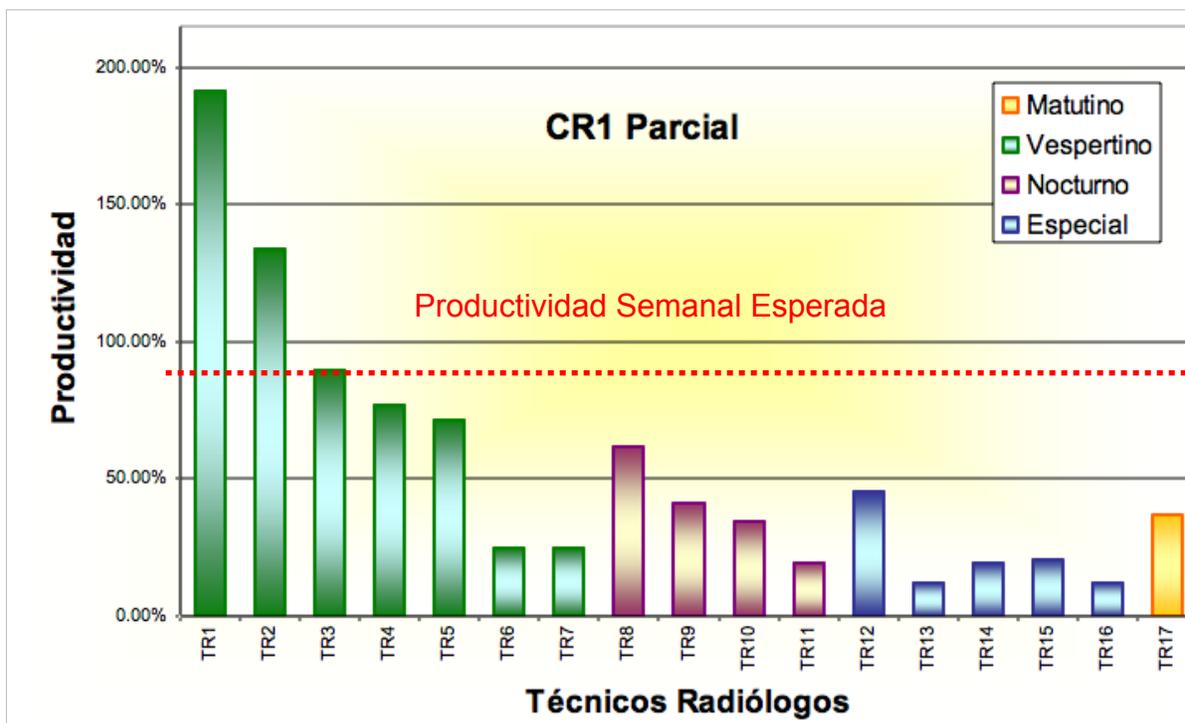


Fig. 3.6 Aplicación parcial de CR1

### 3.1.4.2. Validación CR2

Para validar este indicador se colectaron la hora del primero y último estudios enviados al PACS de cada TR durante el periodo de una semana evaluado, con los cuales se calcularon los TDT para cada TR (Tabla 3.5). Con los TDT colectados se calculó el promedio del tiempo trabajado por cada TR en función de los días trabajados durante el periodo de evaluación (columna 3 Tabla 3.6), cada promedio fue dividido entre el factor J correspondiente a la duración de la jornada laboral del TR (columna 4 Tabla 3.6). Finalmente este resultado es expresado como un porcentaje para facilitar su interpretación (columna 5 Tabla 3.6). Para ilustrar la aplicación de CR2, se utilizó la Ec. 3.5a y los datos para el TR1 del turno matutino (Tablas 3.5 y 3.6), note que aunque el periodo evaluado fue de una semana, el promedio se obtuvo con base en los días laborales correspondientes al turno del TR, es decir para TR1 el promedio se obtuvo con base en los 5 días laborales del TM, es decir:

$$CR2_{TR1} = \frac{1}{07:00:00} \sum_{j=1}^5 \left( \frac{05:43:00 + 03:22:58 + 05:45:41 + 04:14:02 + 04:06:35}{5} \right) \times 100$$
$$CR2_{TR1} = \frac{04:38:27}{07:00:00} \times 100 = 66.30\%$$

Este resultado significa que en la semana evaluada el TR1 trabajó realmente el 66.30% del tiempo total de su jornada laboral, es decir de las 7 horas del turno matutino, él dedicó a su trabajo 4 horas con 38 minutos en promedio por día.

La Fig. 3.7 muestra el resultado obtenido de aplicar CR2 a los datos de los TRs de los diferentes turnos. Observe que el TM presenta el mayor porcentaje de horas laborales. TR1 es quien presentó el mejor desempeño, ya que trabajó más del 65% del tiempo total de su jornada, de manera similar TR5 trabajó más del 60%. Sin embargo en el mismo TM, TR7 sólo laboró alrededor del 12% del total del tiempo laboral. En el TV el mejor desempeño lo obtuvo el TR8 quien laboró el 45.71% de su jornada y TR9 con más del 40%. Por otro lado, en los TE y TN que atienden sólo

pacientes de urgencias y hospitalización, presentaron un desempeño de entre el 15 – 30%.

Tabla 3.5  
Tiempo diario trabajado por cada TR

TR	Turno	TDT Día 1	TDT Día 2	TDT Día 3	TDT Día 4	TDT Día 5	TDT Día 6	TDT Día 7
TR1	TM	05:43:00	03:22:58	05:45:41	04:14:02	04:06:35		
TR2	TM	01:09:32	05:48:50	04:47:32	01:37:16	06:15:49		
TR3	TM	06:24:33	03:49:36	04:41:42	00:00:01	03:38:32		
TR4	TM	05:26:21	01:49:43	02:06:03	02:42:23	00:00:00		
TR5	TM	02:33:28	01:08:54	00:16:05	01:01:23	17:20:09		
TR6	TM	04:10:46	00:02:23	01:11:52	00:19:32	01:38:17		
TR7	TM	00:00:00	00:00:00	00:00:00	01:36:09	02:49:14		
TR8	TV	02:54:59	01:07:40	04:46:03	04:25:21	02:45:50		
TR9	TV	01:54:31	00:00:00	05:08:22	04:09:49	02:59:54		
TR10	TV	03:19:03	01:48:40	00:00:00	03:20:25	05:11:21		
TR11	TV	01:53:29	05:42:26	00:00:02	00:00:04	00:00:00		
TR12	TN		03:18:15		02:49:27		00:16:06	
TR13	TN	04:32:12		02:30:51		01:29:09		
TR14	TN						01:19:30	03:59:59
TR15	TN		02:04:24		01:57:49		00:00:00	
TR16	TN	01:45:42		00:09:01		05:19:38		
TR17	TE						01:45:11	04:42:26

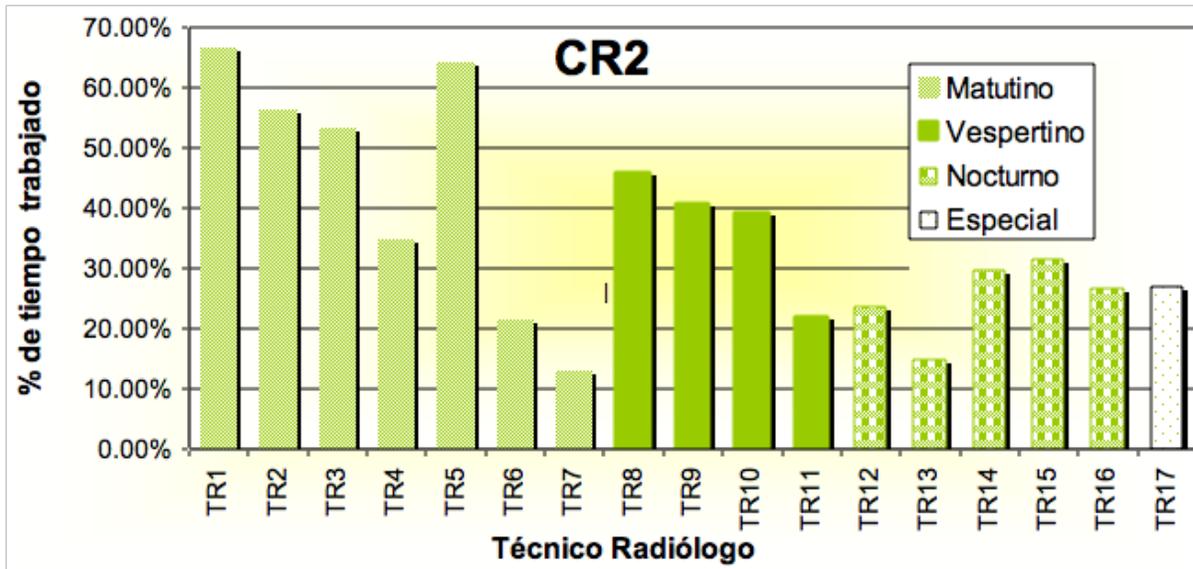


Figura 3.7 Resultados para CR2 aplicado a todos los turnos

Tabla 3.6  
Aplicación de CR2

TR	Turno	TDT Promedio	J	CR2 (%)
TR1	TM	04:38:27	7:00:00	66.30
TR2	TM	03:55:48	7:00:00	56.14
TR3	TM	03:42:53	7:00:00	53.07
TR4	TM	02:24:54	7:00:00	34.50
TR5	TM	04:28:00	7:00:00	63.81
TR6	TM	01:28:34	7:00:00	21.09
TR7	TM	00:53:05	7:00:00	12.64
TR8	TV	03:11:59	7:00:00	45.71
TR9	TV	02:50:31	7:00:00	40.60
TR10	TV	02:43:54	7:00:00	39.02
TR11	TV	01:31:12	7:00:00	21.72
TR12	TN	02:07:56	09:00:00	23.69
TR13	TN	02:50:44	09:00:00	31.62
TR14	TN	02:39:44	09:00:00	29.58
TR15	TN	01:20:44	09:00:00	14.95
TR16	TN	02:24:47	09:00:00	26.81
TR17	TE	03:13:49	12:00:00	26.92

### 3.1.4.3. Validación CR3

Para validar este indicador se utilizaron los TDTs calculados para CR2 (Tabla 3.5) y el número de pacientes contabilizados para la validación de CR1 (Tabla 3.3). La Tabla 3.7 muestra los TDTs y el número de pacientes atendidos por cada TR. La quinta columna muestra la operación de los datos explícita del indicador. La columna seis muestra el resultado de CR3 en minutos/paciente. Para ilustrar la aplicación de CR3, se utilizó la Ec. 3.6 y el TDT promedio y número de pacientes atendidos para el TR1 (Tabla 3.7), con lo cual se obtuvo:

$$CR3_{RT1} = \frac{04 : 38 : 27}{127}$$

Para realizar esta operación primero se convirtió el tiempo de los TDTs a minutos:

$$4horas = 4horas \left( \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} \right) = 240 \text{ minutos}$$

$$27 \text{ segundos} = 27 \text{ segundos} \left( \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \right) = 0.45 \text{ minutos}$$

$$TDT_{TR1} = 240 + 38 + 0.45 = 278.45 \text{ minutos}$$

Con este valor de TDT promedio, se calculó  $CR3_{TR1}$ :

$$CR3_{TR1} = \frac{278.45 \text{ minutos}}{127 \text{ imagenes}} = 2.192517 \text{ minutos / imagen}$$

Este resultado es equivalente a:

$$CR3_{TR1} = 2 \text{ minutos} + (0.192517 \text{ minutos}) \left( \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \right) = 2 \text{ minutos} + 11.55 \text{ segundos}$$

Lo cual también puede expresarse como:

$$CR3_{TR1} = 00:02:12$$

Es decir:

$$CR3_{RT1} = \frac{04:38:27}{127} = 00:02:12$$

Este resultado significa que TR1 atendió en promedio a un paciente cada 2'12". Aplicando los datos para los otros técnicos (Tabla 3.7) durante el periodo evaluado, se obtuvieron los resultados mostrados en la Fig. 3.8. Note que los TRs que laboran en el TM atendieron a los pacientes con mayor frecuencia, por tanto presentaron valores de CR3 más cortos, que oscilaron entre 2'12" (TR1) y 5'15" (TR5), lo cual evidencia la alta demanda de estudios de imagen que son solicitados al DI durante el TM. Por otro lado, observe que en el TV se obtuvieron frecuencias de atención más bajas, lo que representó que los valores obtenidos para CR3 en el TV fueran mayores, dichos valores variaron entre 4'16" (TR8) y 7'36" (TR11), lo cual refleja un menor número de pacientes atendidos en el TV. En los TN y TE los valores encontrados para CR3 fluctuaron entre 3'53" (TR12) y hasta 21'20" (TR13), estos valores evidencian una demanda más esporádica de atención durante esos turnos. Observe que dada la dinámica de trabajo de los TN y TE, CR3 depende más de la frecuencia de llegada de los pacientes al DI que de la eficiencia del TR en estos turnos, ya que como se mencionó sólo se atienden a pacientes de urgencias y por tanto su llegada puede ser más eventual.

Tabla 3.7  
Aplicación de CR3

TR	Turno	TDT Promedio	#Pacientes	TDT	CR3
				# Pacientes	
TR1	TM	04:38:27	127	04:38:27 / 127	00:02:12
TR2	TM	03:55:48	94	03:55:48 / 94	00:02:31
TR3	TM	03:42:53	61	03:42:53 / 61	00:03:39
TR4	TM	02:24:54	57	02:24:54 / 57	00:02:33
TR5	TM	04:28:00	51	04:28:00 / 51	00:05:15
TR6	TM	01:28:34	17	01:28:34 / 17	00:05:13
TR7	TM	00:53:05	18	00:53:05 / 18	00:02:57
TR8	TV	03:11:59	45	03:11:59 / 45	00:04:16
TR9	TV	02:50:31	26	02:50:31 / 26	00:06:34
TR10	TV	02:43:54	24	02:43:54 / 24	00:06:50
TR11	TV	01:31:12	12	01:31:12 / 12	00:07:36
TR12	TN	02:07:56	33	02:07:56 / 33	00:03:53
TR13	TN	02:50:44	8	02:50:44 / 8	00:21:20
TR14	TN	02:39:44	14	02:39:44 / 14	00:11:25
TR15	TN	01:20:44	14	01:20:44 / 14	00:05:46
TR16	TN	02:24:47	9	02:24:47 / 9	00:16:05
TR17	TE	03:13:49	27	03:13:49 / 27	00:07:11

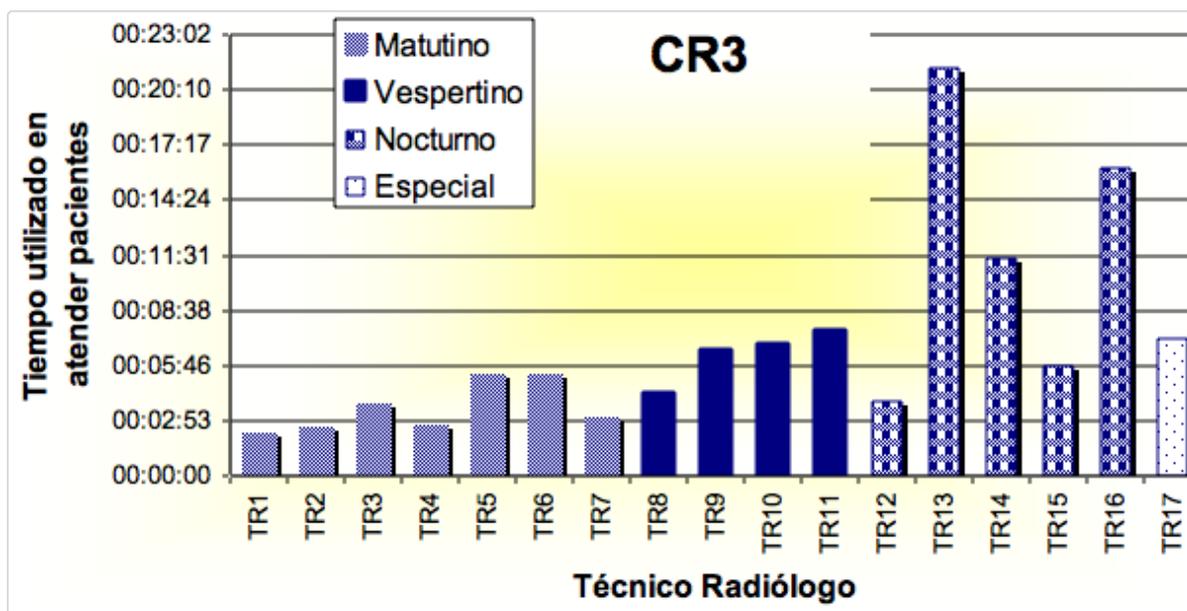


Figura 3.8. Resultados para CR3 aplicado a todos los turnos

#### 3.1.4.4. Validación RISTEC

Para validar este indicador se utilizaron el número de estudios enviados al PACS desde la RC (columna tres Tabla 3.8) y el número de estudios concluidos en el sistema RIS por cada TR (columna cuatro Tabla 3.8). La Tabla 3.8 muestra además el turno al cual están asignados cada uno de los TR y el resultado de la aplicación de RISTEC para cada TR. Los ceros mostrados refieren que el TR no concluyó estudios en RIS o no envió estudios al PACS. Para ilustrar la aplicación del RISTEC, se utilizó la Ec. 3.7 y los datos del TR<sub>1</sub> del TM (Tabla 3.8), los cuales se muestran a continuación:

$$\text{RISTEC}_{\text{TR}_1} = \frac{104}{139} \times 100 = 74.82\%$$

Este resultado significa que el TR1 sólo concluyó 104 estudios en el sistema RIS, lo que representa el 74.82% del trabajo que efectuó, no obstante que envió 139 estudios al PACS, es decir concluyó en RIS menos estudios de los que en realidad realizó. Esto implica que el TR1 se aseguró que los MRs podrían realizar un reporte de diagnóstico radiológico de sólo 104 estudios, que son los estudios que el TR concluyó en el RIS, pese a haber obtenido el valor de productividad más alto durante el periodo de evaluación (Fig. 3.4, 3.6, 3.7 y 3.8), no cumple con la última tarea que tiene asignada, que es la conclusión del estudio en el sistema RIS. Observe (columna 3 Tabla 3.8) que durante el periodo evaluado sólo 10 TRs (52.63%) concluyeron estudios en el sistema RIS, mientras que 17 TRs (89.47%) enviaron estudios al PACS mediante el uso de su código de identificación.

La Figura 3.9 muestra gráficamente los resultados del indicador RISTEC para los TRs, de estos el TR16 fue quien utilizó mejor el sistema pues concluyó en RIS 8 de los 9 estudios que realizó (Tabla 3.8) y por tanto obtiene un valor de RISTEC cercano al 89%. Note que TR1, TR5 y TR14 no concluyen en el sistema RIS todos los estudios que realizan, a pesar de haber enviado bastantes estudios al PACS. Por otro lado, los TRs reportan que algunos concluyen estudios en el sistema RIS que realmente no realizaron, tal es el caso de TR2, TR6, TR8, TR9, TR10. Por ejemplo, TR9 obtuvo un valor de RISTEC de 543% debido a que concluyó 163 estudios en

RIS pero en realidad sólo realizó 30, es decir concluyó 133 estudios que no le correspondían. Del mismo modo TR6 obtuvo un valor de RISTEC de 394%, lo que implica que concluyó 71 estudios en RIS cuando en realidad solo envió 18 estudios al PACS, es decir TR6 concluyó 53 estudios realizados por sus compañeros.

Por otro lado, observe (Fig. 3.9) que TR3, TR4, TR7, TR11, TR12, TR13, TR15 y TR17 obtuvieron un valor de 0 para RISTEC, a pesar de que realizaron estudios y enviaron imágenes a almacenar al PACS, por lo cual podría considerarse que cumplieron con su trabajo; sin embargo no concluyeron un sólo estudio en el sistema RIS, es decir esto puede significar que existe aún resistencia a la utilización del sistema y ello ocasiona que los otros TRs aprovechen la oportunidad y concluyan estudios que realmente no realizan. Por otro lado, note que TR18 vislumbró las ventajas de la nueva tecnología y las utilizó a su favor, ya que no envió ni un estudio al archivo digital, es decir no realizó ningún estudio con su código de identificación y sin embargo registró a su nombre 13 estudios en el sistema RIS.

En total se enviaron 667 estudios al PACS y se concluyeron en RIS 822 estudios (Tabla 3.8), esto quiere decir que 155 estudios se realizaron sin que los TRs utilizaran su código de identificación y por tanto no fueron asignados a algún TR. Por tanto podemos concluir que el personal técnico del DI del INER presentó resistencia a los nuevos procesos que la inclusión de la nueva tecnología requiere. Sin embargo se sugiere implementar estrategias de capacitación continua para incentivar el uso de la misma. Pues en principio el TR más productivo debe obtener un valor de RISTEC del 100%, de lo contrario estaría evitando responsabilidades e incumpliendo de alguna manera sus labores.

Tabla 3.8  
Aplicación de RISTEC

ID	Turno	RIS Estudios	CR Estudios	RISTEC %
TR1	TM	104	139	74.82
TR2	TM	243	97	250.52
TR3	TM	0	65	0.00
TR4	TM	0	57	0.00
TR5	TM	8	52	15.38
TR6	TM	71	18	394.44
TR7	TM	0	18	0.00
TR8	TV	157	45	348.89
TR9	TV	163	30	543.33
TR10	TV	54	25	216.00
TR11	TV	0	14	0.00
TR12	TN	0	33	0.00
TR13	TN	0	9	0.00
TR14	TN	1	14	7.14
TR15	TN	0	15	0.00
TR16	TN	8	9	88.89
TR17	Especial	0	27	0.00
TR18	Especial	13	0	0.00
Total		822	667	----

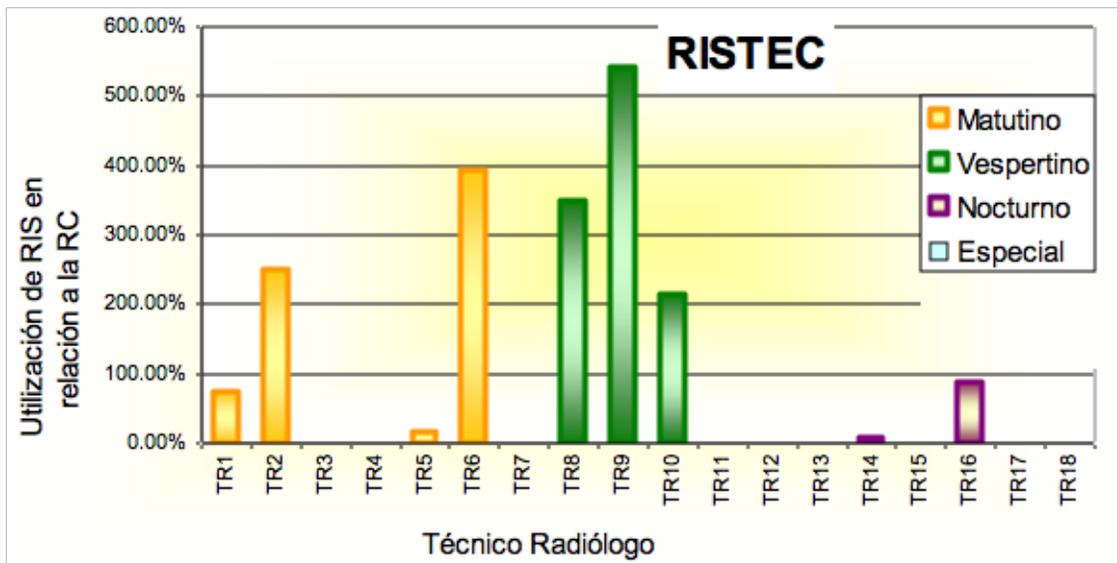


Figura 3.9. Resultados para RISTEC aplicado a todos los turnos

### **3.2. INDICADORES DE MÉDICOS RADIÓLOGOS**

Los reportes de diagnóstico radiológico del DI actualmente se realizan de dos formas: usando la placa impresa o el sistema RIS. Un reporte de diagnóstico radiológico, se refiere a un estudio de imagen que tiene una interpretación hecha por el médico radiólogo (MR). Con base en estos datos, se diseñaron tres indicadores que miden la productividad de los MRs, los cuales son descritos a continuación.

#### **3.2.1. Indicadores de Producción**

Los indicadores de producción ofrecen una estimación de la productividad de los MRs en función de la producción del DI (IMR1), y en función del desempeño de cada MR (IMR2).

##### **3.2.1.1. Indicador IMR1**

Se define como la proporción del número total de reportes de diagnóstico radiológico en relación al número total de estudios radiológicos realizados en el DI. El comportamiento esperado de IMR1, es que en caso de un aumento en la productividad de los MRs, se esperaría una tendencia creciente entre periodos evaluados. Lo que significaría, que un mayor número de estudios de imagenología tenga un reporte de diagnóstico radiológico. Se calcula mediante la Ec. 3.9 y se expresa como un porcentaje, para brindar mayor facilidad en su interpretación:

$$IMR1_{\text{PeriodoEvaluado}} = \frac{\text{No. total de reportes de diagnóstico radiológico}}{\text{No. total de estudios realizados}} \times 100 \quad (3.9)$$

##### **3.2.1.2. Indicador IMR2**

El indicador IMR2 está definido como la razón del número total de reportes de diagnóstico radiológico realizado por un MR, con respecto al número total de reportes de diagnóstico radiológico. Con ello puede obtenerse una medición directa de la aportación individual del MR a la productividad total del diagnóstico radiológico que el DI realiza, y se calcula mediante la Ec. 3.10. Se espera una tendencia creciente al

comparar los resultados arrojados por el IMR2 de cada MR evaluado en los periodos analizados, lo que indicaría que el MR realiza más reportes de diagnóstico.

$$IMR2_{MRn-PeriodoEvaluado} = \frac{\text{No. de reportes de diagnóstico interpretados por MRn}}{\text{No. total de reportes de diagnóstico}} \times 100 \quad (3.10)$$

Donde:

$n = \{1, \dots, i\}$ ,       $n$  es el número de médicos evaluados  
 $MRn$                       Médico radiólogo cuya productividad está siendo evaluada.

Los datos requeridos para la validación de estos indicadores son los reportes de diagnóstico radiológico de los estudios de imagenología realizados mediante placa impresa y en el sistema RIS, así como el número de estudios realizados en el DI [36]. La frecuencia de recolección de datos y revisión de los indicadores IMR1 y IMR2 sugeridas, es mensual para dar seguimiento a la productividad de los MR, con base en la frecuencia de disponibilidad de los datos y facilitar la contabilidad de los reportes de diagnóstico radiológicos hechos con placa impresa. Los usuarios potenciales de este indicador son la Dirección de Planeación, la Dirección de Servicios Auxiliares y Diagnóstico, el Servicio de Imagenología y el Servicio de Ingeniería Biomédica, debido a que son las instancias del INER a quienes pudiera interesarles los resultados de este indicador. Sin embargo estos indicadores pueden ser útiles en general para la administración del DI.

### **3.2.2. Validación de Indicadores de Producción**

#### **3.2.2.1. Validación IMR1**

Para la validación de este indicador se utilizaron datos de los estudios de todas las modalidades del DI. La Tabla 3.9 muestra el número total de estudios radiológicos realizados anualmente considerando todas las modalidades de imagen; así como el número total de reportes de diagnóstico radiológico, que es la suma de reportes de diagnóstico radiológico en RIS más el número de reportes de diagnóstico radiológico interpretados con placa impresa. Para ilustrar la aplicación de IMR1 (Ec. 3.9) se usaron los datos del año 2006, obteniéndose el siguiente resultado:

$$IMR1_{2006} = \frac{5050}{54866} \times 100 = 9.20\%$$

Esto significa que del total de estudios de imagenología realizados durante el 2006, sólo el 9.20% tenía un reporte de diagnóstico radiológico.

Al aplicar el indicador a los datos de la Tabla 3.9, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.10 para el periodo que comprende los años 2005, 2006 y 2007. En la Tabla 3.9 se puede observar que en el 2005, de los 55,413 estudios realizados, sólo 1519 fueron interpretados, los cuales representan el 2.74% (Tabla 3.10). En el año 2006 se interpretaron 5050 de los 54,866 estudios realizados, lo cual representó un incremento de la productividad de los MRs del 9.20%. Finalmente en el año 2007, el indicador IMR1 muestra que sólo el 7.06% del total de los estudios realizados tenía un reporte de diagnóstico radiológico. Al comparar la productividad del año 2007 con la del 2005, se observa un incremento del 4.32%. Note que el 2006 fue el año más productivo del periodo, sin embargo se diagnosticó menos del 10% del total de los estudios realizados en el DI.

Tabla 3.9  
Reportes de diagnóstico radiológico y estudios realizados en todas las modalidades en el periodo 2005-2007

<b>Todas las Modalidades</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Total de Estudios realizados</b>	55413	54866	56145
<b>Total Reportes de Diagnóstico Interpretados</b>	1519	5050	3962

Tabla 3.10  
Aplicación de IMR1 para todas las modalidades en el periodo 2005-2007

<b>Todas las Modalidades</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>IMR1</b>	2.74%	9.20%	7.06%

La segunda validación de IMR1 se hizo sólo con los datos de los estudios de la modalidad de RX. En la Tabla 3.11 se muestra el número total de estudios de RX

realizados anualmente en el DI, así como el número total de reportes de diagnóstico radiológico de RX.

Tabla 3.11  
Reportes de diagnóstico radiológico y estudios de RX realizados en el periodo 2005-2007

<b>RX</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Estudios realizados</b>	46306	46719	49373
<b>Estudios Interpretados RX</b>	440	2777	1955

Para ilustrar la aplicación de IMR1 (Ec. 3.9) en la modalidad de RX, se utilizó el número total de reportes de diagnóstico de RX interpretados y el número de estudios de RX realizados durante el año 2006 (Tabla 3.11):

$$IMR1_{2006} = \frac{2777}{46719} \times 100 = 5.94\%$$

Este resultado significa que del total de estudios de RX realizados durante el 2006, sólo el 5.94% tenía un reporte de diagnóstico radiológico. Al aplicar el indicador a los datos de la Tabla 3.11, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.12, para el periodo que comprende los años 2005, 2006 y 2007. Observe que en el 2005, de los 46306 estudios de RX realizados, sólo 440 fueron interpretados, lo cual representó un IMR1 del 0.95%. Note que en el año 2006 de los 46719 estudios realizados, se interpretaron 2777, lo cual significa que la productividad de los MRs se incrementó hasta alcanzar un valor de IMR1 del 5.94%. Finalmente para el año 2007, el IMR1 muestra que sólo el 3.96% del total de los estudios de RX fueron interpretados. Al comparar la productividad del año 2007 con la del 2005, se observa un incremento del 319%, debido probablemente a que para el 2007 el número de MR adscritos se había duplicado.

Tabla 3.12  
Aplicación de IMR1 para RX en el periodo 2005-2007

<b>RX</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>IMR1</b>	0.95%	5.94%	3.96%

La tercera validación de IMR1 se hizo sólo con los datos de los estudios de la modalidad de TC. La Tabla 3.13 muestra el número total de estudios de TC realizados anualmente en el DI, así como el número total de reportes de diagnóstico radiológico de TC.

Tabla 3.13  
Reportes de diagnóstico radiológico y estudios de TC realizados en el periodo 2005-2007

<b>TC</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Estudios realizados</b>	4633	5126	5629
<b>Estudios Interpretados TC</b>	263	1894	1496

Para ilustrar la aplicación de IMR1 (Ec. 3.9) para la modalidad de TC, se utilizó el número total de reportes de diagnóstico de TC interpretados y el número de estudios de TC realizados durante el año 2006 (Tabla 3.13):

$$IMR1_{2006} = \frac{1894}{5126} \times 100 = 36.95\%$$

Este resultado significa que del total de estudios de TC realizados durante el 2006, el 36.95% tenía un reporte de diagnóstico radiológico. Al aplicar el indicador a los datos de la Tabla 3.13, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.14, para el periodo que comprende los años 2005, 2006 y 2007. Observe que en el 2005 se interpretaron 263 de los 4633 estudios de TC realizados los cuales representan un valor de IMR1 del 5.68%. En el 2006 se interpretaron 1894 de los 5126 estudios de TC realizados, lo cual quiere decir que la productividad de los MRs se incrementó, alcanzando el indicador IMR1 un valor de 36.95%. Finalmente para el año 2007, el IMR1 muestra que el 26.57% del total de los estudios de TC fueron interpretados. Al comparar la productividad del año 2007 con la del 2005, se observó un incremento del 374%, debido probablemente a que para el 2007 el número de MR adscritos se había duplicado.

Tabla 3.14  
Aplicación del IMR1 para TC en el periodo 2005-2007

<b>TC</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>IMR1</b>	5.68%	36.95%	26.57%

### 3.2.2.2. Validación IMR2

Para la validación de este indicador se utilizaron datos de los reportes de diagnóstico radiológico de todas las modalidades del DI de todos los MRs. La Tabla 3.15 muestra el número total de reportes de diagnóstico radiológico por cada médico radiólogo, así como el número total de reportes de diagnóstico radiológicos que se producen anualmente en todas las modalidades de imagen. Para ilustrar la aplicación de IMR2 (Ec. 3.10) se usaron los datos del MR1 del año 2006, obteniéndose el siguiente resultado:

$$IMR2_{MR1-2006} = \frac{908}{5050} \times 100 = 17.98\%$$

Este resultado significa que del total de 5050 reportes de diagnóstico radiológico de todas las modalidades interpretados durante el 2006, el MR1 interpretó el 17.98%. Al aplicar el indicador a los datos de la Tabla 3.15, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.16, para el periodo que comprende los años 2005, 2006 y 2007.

Tabla 3.15  
Reportes radiológicos por médico radiólogo para todas las modalidades en el periodo 2005-2007

MR	2005	2006	2007
MR1	1004	908	1586
MR2	0	1148	1112
MR3	439	2664	845
MR4	76	330	620
<b>Total</b>	<b>1519</b>	<b>5050</b>	<b>4163</b>

Tabla 3.16  
Resultados del IMR2 para todas las modalidades en el periodo 2005-2007

IMR2	2005	2006	2007
MR1	66.10%	17.98%	38.10%
MR2	0.00%	22.73%	26.71%
MR3	28.90%	52.75%	20.30%
MR4	5.00%	6.53%	14.89%
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Así mismo, note en la Tabla 3.15 que en el 2005 el MR1 es quien más aportó a la producción de reportes de diagnóstico radiológico, mientras que MR2 fungió como jefe del DI, por lo cual sus labores fueron administrativas y no tuvo reportes de diagnóstico radiológico. MR3 se integró en el mes de noviembre y alcanza a producir el 28.9%, es decir casi una tercera parte de la producción total de reportes de diagnóstico. Mientras que MR4 se integra en el mes de agosto y produce el 5% del total de los reportes de diagnóstico radiológico. En el 2006 MR3 realizó más del 50% de los reportes radiológicos, MR2 comenzó las labores de interpretación y aportó el 22.73% de la producción. Por su parte MR1 produjo el 17.98% y MR4 el 6.53% del total de los reportes de diagnóstico radiológico. Note que para el 2007 casi todos los MR remontan el desempeño del año anterior y aumentaron su productividad. MR1 nuevamente fue el más productivo, aportando el 38.10% del total de los reportes de diagnóstico radiológico, MR2 aumentó también su productividad alcanzando el 26.71%, mientras que MR3 produjo el 20.30%, finalmente el MR4 también aumentó su productividad y aportó el 14.89% del total de los reportes de diagnóstico radiológico. Note que estos resultados muestran una tendencia creciente para la productividad de los MRs en el periodo evaluado.

La segunda validación de IMR2 se hizo sólo con los datos de los estudios de la modalidad de RX. En la Tabla 3.17 se muestra el número de reportes de diagnóstico radiológico de RX interpretados por cada MR, así como el número total de reportes de diagnóstico radiológico de RX interpretados anualmente en el DI por todos los MRs.

Tabla 3.17  
Reportes radiológicos de RX de cada médico radiólogo durante el periodo 2005-2007

<b>MR</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>MR1</b>	125	409	867
<b>MR2</b>	0	620	4
<b>MR3</b>	239	1418	465
<b>MR4</b>	76	330	619
<b>Total</b>	440	2777	1956

Para ilustrar la aplicación del indicador IMR2 (Ec. 3.10) para la modalidad de RX, se utilizó el número de reportes de diagnóstico de RX interpretados por el MR1 y el

número total de reportes de diagnóstico de todas las modalidades del año 2006 (Tabla 3.17):

$$IMR2_{MR1-RX2006} = \frac{409}{2777} \times 100 = 14.73\%$$

Este resultado significa que del total de los 2777 reportes de diagnóstico radiológico de RX interpretados durante el 2006, el MR1 interpretó el 14.73%. Al aplicar IMR2 a los datos de la Tabla 3.17, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.18, para el periodo que comprende los años 2005, 2006 y 2007. Note que en el 2005, MR3 produjo el 54.32%, es decir más de la mitad de la producción total de reportes radiológicos de RX, MR1 aportó 28.41%, MR4 produjo el 17.27%, dado que MR2 fungía como jefe del DI no cuenta durante ese año con reportes de diagnóstico radiológico. En el 2006, MR3 produjo el 51.06%, es decir por segunda ocasión interpretó más de la mitad de la producción total de reportes radiológicos de RX, MR2 aportó el 22.33%, MR1 produjo el 14.73% y MR4 el 11.88% del total de los reportes de diagnóstico radiológico de RX. En el 2007, MR1 y MR4 remontan el desempeño del año anterior y aumentaron su productividad, MR1 fue el más productivo aportando el 44.35% del total de los reportes de diagnóstico radiológico de RX, MR4 también aumentó su productividad y aportó el 31.66%, MR3 produjo el 23.79%, finalmente el. MR2 produce sólo el 0.2%, ya que a que sólo interpreta estudios de TC durante este año. Note que MR1 y MR4 presentaron una productividad creciente, mientras que para MR2 y MR3 no se pudo establecer una tendencia de su productividad.

Tabla 3.18  
Aplicación del IMR2 para RX en el periodo 2005-2007

<b>IMR2-RX</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>MR1</b>	28.41%	14.73%	44.35%
<b>MR2</b>	0.00%	22.33%	0.20%
<b>MR3</b>	54.32%	51.06%	23.79%
<b>MR4</b>	17.27%	11.88%	31.66%
<b>Total</b>	100.00 %	100.00 %	100.00 %

La tercera validación de IMR2 se hizo sólo con los datos de los estudios de la modalidad de TC. En la Tabla 3.19 se muestra el número de reportes de diagnóstico radiológico de TC interpretados por cada médico radiólogo, así como el número total de reportes de diagnóstico radiológico de TC interpretados anualmente en el DI por todos los MRs.

Tabla 3.19  
Reportes de diagnóstico radiológicos de TC por MR en el periodo 2005-2007

<b>MR</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>MR1</b>	85	317	439
<b>MR2</b>	0	449	712
<b>MR3</b>	178	1128	344
<b>MR4</b>	0	0	1
<b>Total</b>	263	1894	1496

Para ilustrar esta aplicación de IMR2 (Ec. 3.10) para la modalidad de TC, se utilizó el número de reportes de diagnóstico radiológico de TC interpretados por el MR1 y el número total de reportes de diagnóstico de todas las modalidades interpretados durante el año 2006 (Tabla 3.19):

$$IMR2_{MR1-TC2006} = \frac{317}{1894} \times 100 = 16.74\%$$

Este resultado significa que del total de los 1894 reportes de diagnóstico radiológico de TC interpretados durante el 2006, el MR1 interpretó el 16.74%. Al aplicar IMR2 a los datos de la Tabla 3.19, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.20, para el periodo que comprende los años 2005, 2006 y 2007. Note que en el 2005 MR3 produjo el 67.68%, es decir dos tercios de la producción total de reportes radiológicos de TC, MR1 aportó el 32.32%, MR4 no interpreta estudios de TC pues sólo interpreta estudios de RX, dado que MR2 fungía como jefe del DI no reflejó reportes de diagnóstico radiológico durante ese año. En el 2006 MR3 produjo el 59.56%, es decir por segunda ocasión interpretó más de la mitad de la producción total de reportes radiológicos de TC, MR2 deja la jefatura y comienza las labores de interpretación con lo cual aportó el 23.71%, por su parte MR1 produjo el 16.74% y

MR4 no interpreta estudios de TC. En el 2007, MR2 fue el MR más productivo aportando el 47.59% del total de los reportes de diagnóstico radiológico de TC, MR1 aumentó su productividad interpretando 29.34%, MR3 produjo el 22.99%, mientras que MR4 aportó el 0.07% del total de los reportes de diagnóstico radiológico de TC. Note que MR2 presenta una tendencia creciente al evaluar el periodo bajo estudio, sin embargo no es posible establecer una tendencia para la productividad del resto de los MRs en la modalidad de TC durante el periodo evaluado.

Tabla 3.20  
Aplicación de IMR2 para TC en el periodo 2005-2007

<b>IMR2</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>MR1</b>	32.32%	16.74%	29.34%
<b>MR2</b>	0.00%	23.71%	47.59%
<b>MR3</b>	67.68%	59.56%	22.99%
<b>MR4</b>	0.00%	0.00%	0.07%
<b>Total</b>	100.00%	100.00%	100.00%

### 3.2.3. Indicadores de Utilización del Sistema

#### 3.2.3.1. Indicador IMR3

Este indicador está definido como el porcentaje de reportes de diagnóstico radiológicos en el sistema RIS con respecto al número total de reportes de diagnóstico radiológico hechos durante un periodo elegido por el usuario. El número total de estos reportes, es la suma de reportes de diagnóstico radiológico que el médico interpretó en RIS, más el número de reportes de diagnóstico que el médico interpretó mediante una placa impresa, considerando todas las modalidades de imagen. Se calcula mediante el uso de la Ec. 3.11 e idealmente se esperaría que el resultado de este indicador fuera siempre del 100%, lo cual significaría, que todos los diagnósticos radiológicos se realizan de manera digital utilizando el sistema RIS.

$$IMR3_{\text{PeriodoEvaluado}} = \frac{\text{Reportes de diagnóstico radiológico en RIS}}{\text{No. total de reportes de diagnóstico radiológico}} \times 100 \quad (3.11)$$

La frecuencia de recolección de datos y revisión del indicador IMR3 sugeridas, es mensual para dar seguimiento a la productividad de los MR, de acuerdo al reporte de productividad del DI. Los usuarios potenciales de este indicador son la Dirección de Planeación, la Dirección de Servicios Auxiliares y Diagnóstico, el Servicio de Imagenología y el Servicio de Ingeniería Biomédica, debido a que son las instancias del INER a quienes pudiera interesarles los resultados de este indicador. Sin embargo estos indicadores pueden ser útiles en general para la administración del DI.

### 3.2.4. Validación de Indicadores de Utilización del Sistema

#### 3.2.4.1. Validación IMR3

Para la validación de este indicador se utilizaron el número total de los reportes de diagnóstico radiológico de todas las modalidades del DI y el número total de reportes de diagnóstico que se interpretaron en RIS (Tabla 3.21).

Tabla 3.21  
Reportes radiológicos de todas las modalidades y reportes radiológicos interpretados en RIS para el periodo 2005-2007

	2005	2006	2007
<b>Reportes diagnósticos interpretados en RIS</b>	0	428	211
<b>Total reportes diagnósticos</b>	1519	5050	3962

Para ilustrar la aplicación de IMR3 (Ec. 3.11) se usó el número de reportes de diagnóstico interpretados en RIS y el número total de reportes de diagnóstico interpretados en todas las modalidades durante el año 2006 (Tabla 3.21):

$$IMR3_{2006} = \frac{428}{5050} \times 100 = 9.26\%$$

Esto significa que del total de reportes de diagnóstico interpretados durante el 2006, sólo el 9.26% fueron interpretados utilizando el uso del sistema RIS. Al aplicar el indicador a los datos de la Tabla 3.21, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.22, para el periodo que comprende los años 2005, 2006 y 2007.

Tabla 3.22  
Aplicación de IMR3 a todas la modalidades en el periodo 2005-2007

<b>Todas las Modalidades</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>IMR3</b>	0.00%	9.26%	5.63%

A partir de septiembre del 2006 el sistema RIS comenzó sus operaciones en las modalidades de RX y TC exclusivamente, es por ello que la Tabla 3.22 muestra el valor de 0 para IMR3 en el año 2005. Durante el 2006 el sistema RIS operó sólo cuatro meses, note que aun así 428 de todos los 5050 reportes fueron interpretados en este sistema, lo cual representó el 9.26% del total. En el 2007 sólo se interpretaron 211 de los 3962 reportes de diagnóstico radiólogo en el sistema RIS, lo cual representó el 5.63% del total. Esto puede deberse a que el único MR que interpretaba en el sistema RIS dejó de laborar en el DI y no es sino hasta noviembre de ese año que otro de los MR comienza con su utilización.

La segunda aplicación del IMR3 se hizo sólo con los datos de los estudios de la modalidad de RX. En la Tabla 3.23 se muestra el número de reportes de diagnóstico de RX que se realizaron en RIS y el número total de reportes de diagnóstico radiológico de RX interpretados por todos los médicos radiólogos.

Tabla 3.23  
Total de reportes de diagnóstico de RX en el periodo 2005-2007

	2005	2006	2007
Reportes de diagnóstico en RIS	0	277	50
Total reportes diagnósticos de RX	440	2777	1956

Para ilustrar la aplicación del IMR3 (Ec. 3.11), se utilizó el número de reportes de diagnóstico en RIS y el número total de reportes de diagnóstico de RX del año 2006 (Tabla 3.23):

$$IMR3_{RX2006} = \frac{277}{2777} \times 100 = 9.97\%$$

Este resultado significa que del total de reportes de diagnóstico de RX realizados durante el 2006, sólo el 9.97% fueron interpretados utilizando el sistema RIS. Al aplicar el indicador a los datos de la Tabla 3.23, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.24, para el periodo que comprende los años 2005, 2006 y 2007.

Tabla 3.24  
Aplicación del indicador IMR3 para RX en el periodo 2005-2007

<b>RX</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>IMR3</b>	0.00%	9.97%	2.56%

A partir de septiembre del 2006 el sistema RIS comenzó sus operaciones en la modalidad de RX, es por ello que la Tabla 3.24 muestra un valor de 0 para IMR3 en el año 2005. Durante el 2006 el sistema RIS operó sólo cuatro meses, note que aun así 277 de los 2777 reportes de diagnóstico radiológico de RX fueron interpretados en este sistema, lo cual representó el 9.97%. En el 2007 se interpretaron 50 de los 1956 reportes de diagnóstico radiológico de RX en el sistema RIS, lo cual representó el 2.56% del total según el indicador IMR3.

La tercer validación del indicador IMR3 se hizo sólo con los datos de los estudios de la modalidad de TC. En la Tabla 3.25 muestra el número de reportes de diagnóstico de TC que se interpretaron en RIS y el número total de reportes de diagnóstico radiológico de TC realizados por todos los médicos radiólogos.

Tabla 3.25  
Total de reportes de diagnóstico de TC para el periodo 2005-2007

	2005	2006	2007
Reportes de diagnóstico de TC en RIS	0	140	159
Total reportes diagnósticos de TC	263	1894	1515

Para ilustrar la aplicación del IMR3 (Ec. 3.11) para la modalidad de TC, se utilizó el número de reportes de diagnóstico de TC interpretados en RIS y el número total de reportes de diagnóstico de TC interpretados durante el año 2006 (Tabla 3.25):

$$\text{IMR3}_{\text{TC2006}} = \frac{140}{1894} \times 100 = 7.39\%$$

Este resultado significa que del total de reportes de TC realizados durante el 2006, sólo el 7.39% fueron interpretados mediante el uso del sistema RIS. Al aplicar el indicador a los datos de la Tabla 3.25, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.26, para el periodo de 2005, 2006 y 2007. A partir de septiembre del 2006 el sistema RIS comenzó sus operaciones en la modalidad de TC, es por ello que la Tabla 3.25 muestra un valor de 0 para IMR3 en el año 2005. Durante el 2006 el sistema RIS operó sólo cuatro meses, note que aun así 140 de los 1894 reportes de diagnóstico radiológico de TC fueron interpretados en este sistema, lo cual representó el 7.39%. En el 2007 aumentó la productividad de los MR en el sistema RIS, debido a que se interpretaron 159 de los 1515 reportes de diagnóstico de TC en el sistema RIS, lo cual representó el 10.50% del total según el indicador IMR3.

Tabla 3.26  
Aplicación del IMR3 para TC en el periodo 2005-2007

TC	2005	2006	2007
IMR3	0.00%	7.39%	10.50%

Los resultados del indicador IMR3 reflejan la subutilización del sistema RIS para la realización de los reportes de diagnóstico radiológico de los estudios de imagenología del DI del INER. Esto puede explicarse entre otras cosas, debido a que las modalidades de fluoroscopia, ultrasonido y medicina nuclear aún no están conectadas al sistema PACS-RIS y por ello se siguen utilizando las placas impresas para realizar los reportes de diagnóstico radiológico en esas modalidades. Sin embargo estos resultados muestran un área de oportunidad para promover el uso del sistema, el cual puede ser incentivado mediante un programa de capacitación continua que permita a los médicos radiólogos aprovechar todas las facilidades que el sistema RIS ofrece.

### **3.3. INDICADORES DE MÉDICOS CLÍNICOS**

Este grupo de indicadores fue diseñado para medir el impacto del subsistema de visualización (SV) del PACS en el desempeño de las labores de los médicos clínicos, quienes a partir del 2006 tuvieron la oportunidad de comenzar a interactuar con el sistema. Para conocer la demanda histórica de estudios de imagenología de cada servicio clínico se diseñaron tres indicadores de producción, que de manera indirecta estiman la productividad de los servicios clínicos bajo estudio, además de coadyuvar en la toma de decisiones de la distribución de los recursos del SV. Mientras que se diseñaron cuatro indicadores de sistema, para evaluar de manera directa la productividad de los médicos clínicos (MC).

#### **3.3.1. Indicadores de Producción**

##### **3.3.1.1. Indicador IMC1**

Este indicador calcula la proporción de estudios solicitados por un servicio clínico particular con respecto al número total de estudios solicitados en todos los servicios en la modalidad de imagen bajo estudio, durante un periodo determinado por el usuario. Su cálculo está dado por la Ec. 3.12.

$$IMC1_{\text{PeriodoEvaluación}} = \frac{\text{Estudios solicitados por servicio clínico}}{\text{Total estudios solicitados en todos los servicios clínicos}} \times 100 \quad (3.12)$$

Al conocer la distribución de los estudios solicitados se sabe la demanda que los servicios clínicos tienen del DI. El indicador IMC1 mide de manera indirecta la productividad de los MC, reflejada en las solicitudes de estudios de imagen al DI. La tendencia esperada para este indicador es creciente, lo cual significa que la productividad de cada servicio debería aumentar, en la medida en que solicita más estudios.

##### **3.3.1.2. Indicador IMC2**

Este indicador está definido como la razón del número de pacientes atendidos en el DI provenientes de un servicio clínico particular, con respecto al número total de pacientes atendidos en el DI de todos los servicios clínicos. Puede ser aplicado a

cualquier modalidad de imagen y puede evaluar cualquier periodo que sea de interés para el usuario. Su cálculo está dado por la Ec. 3.13.

$$IMC2_{\text{PeriodoEvaluado}} = \frac{\text{Pacientes atendidos por un servicio clínico}}{\text{Total pacientes atendidos en todos los servicios clínicos}} \times 100$$

(3.13)

De manera análoga al indicador anterior, con IMC2 se puede conocer el origen de los pacientes atendidos en el DI, visualizando su distribución y demanda en los servicios clínicos. La tendencia esperada para este indicador es creciente, lo cual indica que la productividad de cada servicio evaluado aumenta, considerando que haya más pacientes atendidos conforme transcurre el tiempo.

### 3.3.1.3. Indicador IMC3

Este indicador se define como la razón del número de placas radiográficas impresas para determinado servicio clínico, con respecto al número total de placas radiográficas para todos los servicios. Puede aplicarse a cualquier modalidad de imagen y puede evaluar cualquier periodo que sea de interés para el usuario. Su cálculo está dado por la Ec. 3.14

$$IMC3_{\text{Periodo}} = \frac{\text{Placas Impresas por servicio clínico}}{\text{Total Placas Impresas en el Instituto}} \times 100$$

(3.14)

IMC3 permite conocer la distribución de las placas impresas en los diferentes servicios clínicos del INER. La tendencia esperada para este indicador es decreciente, lo cual significa que menos placas serán impresas por servicio.

Los tres indicadores IMC1, IMC2, e IMC3 pueden ser utilizados en cualquier modalidad de Imagenología. Así mismo, los datos necesarios para aplicar estos indicadores los proporciona el reporte mensual de productividad generado por el DI. La frecuencia de recolección de datos y revisión de cada indicador sugeridas, es mensual, para poder dar un apropiado seguimiento a la evolución de estos

indicadores, de acuerdo con el reporte de productividad mensual del DI [36]. Los usuarios potenciales de estos indicadores son la Dirección de Planeación, la Dirección de Servicios Auxiliares y Diagnóstico, el Servicio de Imagenología y el Servicio de Ingeniería Biomédica, debido a que son las instancias del INER a quienes pudiera interesarles los resultados de este indicador. Sin embargo estos indicadores pueden ser útiles en general para la administración del DI o su impacto en los servicios clínicos de cualquier institución.

### **3.3.2. Validación de Indicadores de Producción**

La validación de estos indicadores se hizo con los datos históricos del periodo 2005-2007 con el fin de evaluar de manera indirecta la productividad de los servicios clínicos antes del arribo del sistema PACS, durante su instalación y una vez en funcionamiento.

#### **3.3.2.1. Validación IMC1**

Este indicador fue validado con cuatro grupos de datos distintos, las primeras dos validaciones corresponden a los datos de los servicios clínicos donde a partir de mayo del 2007 se dejaron de imprimir placas radiográficas para las modalidades de RX y TC, la motivación de ello fue analizar posibles tendencias en la solicitud de estudios de imagen para relacionarlas con la distribución de las estaciones de visualización actualmente instaladas en dichos servicios, a los cuales se les denominará de hospitalización en atención a la clasificación que el DI del INER les otorga. Las siguientes dos validaciones se realizaron con los datos de todos los servicios clínicos, para la planeación de adquisiciones a futuro de equipamiento, con base en la demanda histórica de estudios por parte de cada servicio clínico.

**a) Servicios de hospitalización que solicitaron estudios de RX.** Esta validación se realizó con el número de estudios radiológicos solicitados mensualmente por cada servicio clínico donde se dejaron de imprimir placas radiográficas para los MCs. La Tabla 3.27 muestra esta información condensada para cada año evaluado en la modalidad de RX. Para ilustrar la aplicación de IMC1 (Ec. 3.12) se utilizó el número

de estudios de RX solicitados por el área de recuperación en el año 2006 (Tabla 3.27):

$$IMC1_{RX_{2006}} = \frac{3603}{12722} \times 100 = 28.32\%$$

Esto significa que el área de recuperación solicitó 3603 estudios del total de 12722 estudios de RX realizados , lo que representó una demanda del 28.32% en el 2006. En la Tabla 3.28 se muestra el resultado de la aplicación del indicador a todos los servicios clínicos que dejaron de imprimir placas para la modalidad de RX. Note que el servicio clínico con mayor demanda de estudios de RX, fue recuperación con 24.72%, 28.32% y 27.91% durante los tres años respectivamente. Mientras que la unidad de cuidados intensivos, tuvo la segunda mayor demanda, ya que solicitó 23.92%, 24.38% y 24.26% en los tres años respectivamente. El tercer servicio de hospitalización que presenta mayor demanda es el P4, con una demanda que fue del 9.05% en el 2005 hasta el 12.15% en el 2007.

Tabla 3.27  
Estudios de RX solicitados por los servicios de hospitalización en el periodo  
2005-2007

<b>Servicio clínico</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>P1</b>	847	817	830
<b>P2</b>	549	1039	870
<b>P3</b>	1212	1247	1268
<b>P4</b>	1284	1562	1631
<b>P5</b>	382	143	722
<b>P6</b>	1484	500	0
<b>P7A</b>	918	599	912
<b>P7B</b>	115	97	190
<b>UCI</b>	3204	3101	3257
<b>Recuperación</b>	3311	3603	3747
<b>Aislamiento</b>	86	14	0
<b>TOTAL</b>	13392	12722	13427

Tabla 3.28  
Resultados del IMC1 en la modalidad de RX para los servicios de hospitalización en el periodo 2005-2007

Servicio clínico	2005 (%)	2006 (%)	2007 (%)
P1	6.32	6.42	6.18
P2	4.10	8.17	6.48
P3	9.05	9.80	9.44
P4	9.59	12.28	12.15
P5	2.85	1.12	5.38
P6	11.08	3.93	0.00
P7A	6.85	4.71	6.79
P7B	0.86	0.76	1.42
UCI	23.92	24.38	24.26
Recuperación	24.72	28.32	27.91
Aislamiento	0.64	0.11	0.00
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00

*b) Servicios de hospitalización que solicitaron estudios de TC.* Esta validación de IMC1 se hizo con los datos de los estudios solicitados por los servicios clínicos de hospitalización en la modalidad de TC (Tabla 3.29). Puede apreciarse una demanda creciente en 210 estudios lo que representa un incremento del 9.56% al comparar el 2005 y el 2007. Para ilustrar la aplicación de IMC1 (Ec. 3.12) se utilizó el número de estudios de TC solicitados por el P5 en el año 2006 (Tabla 3.29):

$$IMC1_{TC_{2006}} = \frac{59}{1901} \times 100 = 3.10\%$$

Esto significa que el P5 solicitó 125 estudios más de TC, lo que representó un aumento en la demanda de 8.27% en el 2005 a 13.23% en el 2007. En la Tabla 3.30 se muestra el resultado de la aplicación del indicador a todos los servicios clínicos con una EV instalada en la modalidad de TC. Note que históricamente los dos servicios con mayor demanda de estudios de TC han sido P3 y P4. Ambos servicios han aumentado paulatinamente su demanda, desde el 17% hasta 20.63% y 22.36% respectivamente en el 2007. Así mismo el P1 presenta una demanda importante del 16% en 2005 y 2007. Por tanto estos tres servicios clínicos pueden considerarse como los que históricamente han demandado más estudios de TC al DI.

Tabla 3.29  
Estudios de TC solicitados por los servicios de hospitalización en el periodo  
2005-2007

<b>Servicio clínico</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>P1</b>	335	376	352
<b>P2</b>	142	264	245
<b>P3</b>	356	355	445
<b>P4</b>	354	415	492
<b>P5</b>	166	59	291
<b>P6</b>	345	129	0
<b>P7A</b>	107	56	81
<b>P7B</b>	22	52	87
<b>UCI</b>	145	167	171
<b>Recuperación</b>	18	28	36
<b>Aislamiento</b>	18	2	0
<b>TOTAL</b>	1990	1901	2200

Tabla 3.30  
Resultado de IMC1 a los servicios de hospitalización en la modalidad de RX del  
periodo 2005-2007

<b>Servicio clínico</b>	<b>2005 (%)</b>	<b>2006 (%)</b>	<b>2007(%)</b>
<b>P1</b>	16.68	19.76	16.00
<b>P2</b>	7.07	13.87	11.14
<b>P3</b>	17.73	18.65	20.23
<b>P4</b>	17.63	21.81	22.36
<b>P5</b>	8.27	3.10	13.23
<b>P6</b>	17.18	6.78	0.00
<b>P7A</b>	5.33	2.94	3.68
<b>P7B</b>	1.10	2.73	3.95
<b>UCI</b>	0.90	0.11	0.00
<b>Recuperación</b>	7.22	8.78	7.77
<b>Aislamiento</b>	0.90	1.47	1.64
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00

El indicador IMC1 puede ser útil para la priorización de la asignación de recursos, en particular de las estaciones de visualización asignadas a cada servicio; que debe estar basada en la demanda de estudios de imagenología al DI. Para ello se puede relacionar la demanda en el año de 2007, reordenando de mayor a menor y describiendo el número de estaciones de visualización (EV) instaladas en cada servicio (Tabla 3.31). Note que el servicio de recuperación y la unidad de cuidados intensivos (UCI), son los que tuvieron una mayor demanda y sólo tienen asignada

una EV. Específicamente la UCI solicitó 3257 estudios de RX, mientras que recuperación solicitó 3747 del total de 13427 estudios. Dichos resultados implicarían una asignación de EV que podría mejorarse sin embargo hay que enfatizar que sólo contemplan una de las dos modalidades en funcionamiento en el PACS durante el periodo de estudio.

Tabla 3.31  
Aplicación del IMC1 a la modalidad de RX y EV asignadas en el 2007

<b>Servicio clínico</b>	<b>IMC1 (%)</b>	<b># EV</b>
<b>Recuperación</b>	27.91	1
<b>UCI</b>	24.26	1
<b>P4</b>	12.15	2
<b>P3</b>	9.44	2
<b>P7A</b>	6.79	1
<b>P2</b>	6.48	1
<b>P1</b>	6.18	1
<b>P5</b>	5.38	1
<b>P7B</b>	1.42	1
<b>Aislamiento</b>	0.00	1
<b>TOTAL</b>	100	12

Del mismo modo, haciendo el análisis para la modalidad de TC, obtenemos los resultados mostrados en la Tabla 3.32. En este caso puede notarse que P3 y P4, tuvieron una mayor demanda de estudios de TC y son los únicos en tener asignadas dos EV. El P4 solicitó 492 estudios, mientras que el pabellón 3 solicitó 445 del total de 2200 estudios. En este caso la asignación de estaciones de visualización parece adecuada sin embargo hay que enfatizar, igual que en el caso anterior, que dichos resultados son parciales, ya que sólo contemplan una de las dos modalidades en funcionamiento en el PACS durante el periodo de estudio.

Para tener una visión integral, se aplicó el indicador a los datos obtenidos de las dos modalidades de manera conjunta (Tabla 3.33). Para analizar los resultados de la aplicación del IMC1 en ambas modalidades, se consideró la relación entre el número de EV asignadas (columna 5 Tabla 3.33), y se ordenó de manera descendente para visualizar la demanda de estudios por parte de cada servicio clínico (Tabla 3.34).

Tabla 3.32  
Aplicación del IMC1 a la modalidad de TC y EV asignadas en el 2007

<b>Servicio clínico</b>	<b>IMC1(%)</b>	<b># EV</b>
<b>P4</b>	22.36	2
<b>P3</b>	20.23	2
<b>P1</b>	16.00	1
<b>P5</b>	13.23	1
<b>P2</b>	11.14	1
<b>Recuperación</b>	7.77	1
<b>P7B</b>	3.95	1
<b>P7A</b>	3.68	1
<b>Aislamiento</b>	1.64	1
<b>UCI</b>	0.00	1
<b>TOTAL</b>	100	12

Tabla 3.33  
Aplicación del IMC1 a las modalidades de RX y TC en el año 2007

<b>Servicio clínico</b>	<b>RX</b>	<b>TC</b>	<b>SUMA</b>	<b>IMC1(%)</b>
<b>P1</b>	830	352	1182	7.56
<b>P2</b>	870	245	1115	7.14
<b>P3</b>	1268	445	1713	10.96
<b>P4</b>	1631	492	2123	13.59
<b>P5</b>	722	291	1013	6.48
<b>P7A</b>	912	81	993	6.35
<b>P7B</b>	190	87	277	1.77
<b>UCI</b>	3257	171	3428	20.84
<b>Recuperación</b>	3747	36	3783	25.07
<b>TOTAL</b>	13427	2200	15627	100

Observe en la Tabla 3.34, que el área de recuperación y la unidad de cuidados intensivos (UCI) presentaron una mayor demanda de estudios en el 2007 y sólo tienen asignada una EV cada una. Por otro lado, el P7B tuvo una baja demanda de estudios (1.77%) y sin embargo también tiene una EV asignada, por lo cual se plantea el análisis de si es necesario que dicho servicio cuente con esa EV, siendo que otros servicios podrían tener una mayor utilización. Por tanto estos resultados muestran un área de oportunidad para la asignación adecuada de las EV del sistema PACS en los servicios de hospitalización del INER, con base en el análisis histórico de la demanda de estudios por parte de dichos servicios.

Tabla 3.34  
Aplicación del IMC1 a las modalidades de RX y TC y EV asignadas en el 2007

Servicio clínico	IMC1	# EV
<b>Recuperación</b>	25.07%	1
<b>UCI</b>	20.84%	1
<b>P4</b>	13.59%	2
<b>P3</b>	10.96%	2
<b>P1</b>	7.56%	1
<b>P2</b>	7.14%	1
<b>P5</b>	6.48%	1
<b>P7A</b>	6.35%	1
<b>P7B</b>	1.77%	1
<b>Aislamiento</b>	0.00%	1
<b>TOTAL</b>	100%	12

Además de los servicios de hospitalización, también existe demanda de estudios de imagenología de otros servicios del Instituto relacionados con pacientes externos y de hecho, nueve de las estaciones de visualización del sistema PACS, están ubicadas en estos servicios, donde aún se imprimen placas, tal es el caso del servicio de urgencias y el área de consulta externa (CE). Dichos servicios se denominarán servicios ambulatorios. Por otro lado, como se mencionó en el capítulo 2, a los pacientes provenientes de la JFCA, enseñanza, convenios y protocolo se les clasificó como *otros*.

*c) Servicios clínicos que solicitaron estudios de RX.* Para conocer la demanda total de estudios de imagenología fue necesario considerar todos los servicios clínicos, tanto ambulatorios como de hospitalización. En la Tabla 3.35 se muestra el número de estudios de RX solicitados por los servicios clínicos durante los años 2005, 2006 y 2007. Puede apreciarse una demanda creciente de 3070 estudios que representó un incremento del 9.34% entre el 2005 y el 2007. Para ilustrar la aplicación de IMC1 (Ec. 3.12) se utilizó el número de estudios de RX solicitados por CE en el 2006 (Tabla 3.35):

$$IMC1_{RX_{2006}} = \frac{15907}{46719} \times 100 = 34.04\%$$

Esto significa que CE solicitó 15907 estudios en el 2006, lo que representó el 34.04% de la demanda total de estudios para ese año. En la Tabla 3.36 se muestra el resultado de la aplicación del indicador a los datos de todos los servicios clínicos (Tabla 3.35). Note que los servicios de CE y urgencias presentaron una tendencia creciente en su demanda de 33.11% a 35.68% y de 26.04% a 27.87% respectivamente.

Tabla 3.35  
Estudios de RX solicitados por cada servicio clínico al DI del 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>CE</b>	15333	15907	17614
<b>Urgencias</b>	12056	12578	13761
<b>Hospitalización</b>	13392	12722	13387
<b>Otros</b>	5522	5512	4611
<b>TOTAL</b>	46303	46719	49373

Tabla 3.36  
Resultados del IMC1 a los servicios clínicos en la modalidad de RX entre el 2005 y el 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005 (%)</b>	<b>2006 (%)</b>	<b>2007 (%)</b>
<b>CE</b>	33.11	34.05	35.68
<b>Urgencias</b>	26.04	26.92	27.87
<b>Hospitalización</b>	28.92	27.23	27.11
<b>Otros</b>	11.92	11.79	9.34
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00

*d) Servicios clínicos que solicitaron estudios de TC.* Esta validación de IMC1 se hizo con los datos de los estudios solicitados por los servicios clínicos en la modalidad de TC. En la Tabla 3.37 se muestra el número de estudios de TC solicitados durante el periodo 2005 - 2007. Puede apreciarse una demanda creciente de 996 estudios de TC entre el 2005 y el 2007, considerando todos los servicios clínicos. Para ilustrar la aplicación de la IMC1 (Ec. 3.12) se utilizó el número de estudios de TC solicitados por CE en el año 2006 (Tabla 3.37):

$$IMC1_{TC_{2006}} = \frac{2305}{5126} \times 100 = 44.97\%$$

Esto significa que la demanda de estudios de TC de CE aumentó de 41.83% en el 2005 a 45.76% en el 2007. En la Tabla 3.38 se muestra el resultado de la aplicación

del IMC1 para todos los servicios considerados en la modalidad de RX (Tabla 3.37). Note que la demanda de estudios del área de hospitalización representó el 39.08% durante el 2007, por tanto se puede concluir que fue una decisión acertada el comenzar la instalación de las EV en esta área. Observe que las áreas de CE y Urgencias presentaron una tendencia creciente en el periodo evaluado. Con base en estos resultados se puede sugerir que la siguiente área para equipar con EV, sea CE cuya demanda de estudios radiológicos en el 2007 representó el 45.76%. Por tanto, este indicador puede ser utilizado como una herramienta para la planeación del equipamiento de estaciones de visualización del PACS.

Tabla 3.37  
Estudios de TC solicitados al DI por servicio clínico en el periodo 2005 - 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Consulta Externa</b>	1938	2305	2576
<b>Urgencias</b>	560	773	783
<b>Hospitalización</b>	2014	1903	2200
<b>Otros</b>	134	145	78
<b>TOTAL</b>	4633	5126	5629

Tabla 3.38  
Resultado de IMC1 en la modalidad de TC a cada servicio clínico del INER del 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005 (%)</b>	<b>2006 (%)</b>	<b>2007 (%)</b>
<b>Consulta Externa</b>	41.83	44.97	45.76
<b>Urgencias</b>	12.09	15.08	13.91
<b>Hospitalización</b>	43.47	37.12	39.08
<b>Otros</b>	2.89	2.83	1.39
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00

### 3.3.2.2. Validación IMC2

Este indicador fue validado con los datos de todos los servicios clínicos a los que el DI atiende, es decir los servicios de hospitalización, urgencias, consulta externa y otros, para las modalidades de RX y TC, por lo cual a continuación se presentan dos validaciones.

*a) Origen de los pacientes de la modalidad de RX.* Este indicador fue validado con el número de los pacientes atendidos por el DI provenientes de los diferentes servicios clínicos del INER en la modalidad de RX (Tabla 3.39). Haciendo un análisis de los

datos (Tabla 3.39) puede notarse en general, una tendencia creciente en el número de pacientes que se atendió en el DI. Observe que la CE, incrementó en 2799 el número de pacientes atendidos, lo que presentó un incremento porcentual del 19.80%, mientras que el área de hospitalización atendió 1308 más pacientes, lo que representó un incremento del 11.24%. El área de urgencias atendió 2874 más pacientes, es decir tuvo un incremento del 26.73%. Lo que en total representó un aumento de 6454 pacientes atendidos, es decir tuvo un crecimiento del 16.52% entre el 2005 y el 2007. Para ilustrar la aplicación de IMC2 (Ec. 3.13) se utilizó el número de pacientes atendidos en la modalidad de RX provenientes de la CE en el año 2006 (Tabla 3.39):

$$IMC2_{RX_{2006}} = \frac{14836}{41406} \times 100 = 35.83\%$$

Esto significa que la CE envió a 14836 pacientes al DI, lo que representó el 35.83% del total de los pacientes que el DI atendió en ese año. En la Tabla 3.40 se muestra el resultado de la aplicación del indicador a todos los servicios clínicos en la modalidad de RX. Note que durante el 2007, el servicio clínico que envió un mayor número de pacientes a realizarse un estudio de RX fue la CE con un 37.2%, después el área de urgencias con el 29.93% y el área de hospitalización con el 28.44%.

Tabla 3.39  
Origen de los pacientes atendidos en el DI de RX en el periodo de 2005 -2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>CE</b>	14137	14836	16936
<b>Urgencias</b>	10751	12433	13625
<b>Hospitalización</b>	11636	11616	12944
<b>Otros</b>	2541	2521	2014
<b>TOTAL</b>	39065	41406	45519

Tabla 3.40  
Resultado de IMC2 en la modalidad de RX en el 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005 (%)</b>	<b>2006 (%)</b>	<b>2007 (%)</b>
<b>CE</b>	36.19	35.83	37.20
<b>Urgencias</b>	27.52	30.03	29.93
<b>Hospitalización</b>	29.79	28.05	28.44
<b>Otros</b>	6.51	6.09	4.43
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00

*b) Origen de los pacientes de la modalidad de TC.* Esta validación de IMC2 se hizo con los datos de los pacientes atendidos provenientes de los diferentes servicios clínicos de la modalidad de TC (Tabla 3.41). Note que el área de CE presentó un incremento de 415 pacientes, lo que representó el 22.98%; mientras que el área de urgencias envió 142 pacientes más, es decir un incremento del 28.51%. Lo que en total representó atender a 386 pacientes extras, es decir un aumento del 9.04% entre el 2005 y el 2007 considerando todos los servicios clínicos. Para ilustrar la aplicación de IMC2 (Ec. 3.13) se utilizó el número de pacientes de TC referidos por CE en el año 2006 (Tabla 5.48):

$$IMC2_{TC_{2006}} = \frac{1962}{4384} \times 100 = 44.75\%$$

Este resultado significa que se atendieron 1962 pacientes provenientes de CE, lo que representó el 44.75% del total de pacientes atendidos por el DI durante ese año. En la Tabla 3.42 se muestra la aplicación del indicador para los servicios clínicos en la modalidad de TC. Note que durante el 2007 el área que envió el mayor número de pacientes al DI fue CE con el 47.69%, mientras que hospitalización envió el 37.15% y el área de urgencias el 13.74% de. Con base en estos resultados, puede sugerirse que la siguiente área a equipar con EV sea el área de CE, lo cual coincide con el resultado del indicador IMC1 (Tabla 3.40).

Tabla 3.41  
Origen de los pacientes atendidos en el DI de TC en el periodo de 2005 -2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>CE</b>	1806	1962	2221
<b>Urgencias</b>	498	628	640
<b>Hospitalización</b>	1853	1604	1730
<b>Otros</b>	114	130	74
<b>TOTAL</b>	4271	4384	4657

Tabla 3.42  
Resultado de IMC2 en la modalidad de RX en el 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005 (%)</b>	<b>2006 (%)</b>	<b>2007 (%)</b>
<b>Consulta Externa</b>	42.29	44.75	47.69
<b>Urgencias</b>	11.66	14.32	13.74
<b>Hospitalización</b>	43.39	36.59	37.15
<b>Otros</b>	2.67	4.34	1.59
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00

### 3.3.2.3. Validación IMC3

Este indicador fue validado con cuatro grupos de datos distintos, las primeras dos validaciones corresponden a los datos de los servicios clínicos de hospitalización para las modalidades de RX y TC. Las siguientes dos validaciones se realizaron con los datos de todos los servicios clínicos a los que el DI atiende.

a) *Placas impresas de RX por servicio de hospitalización.* Este indicador fue validado con la cantidad de placas impresas en la modalidad de RX para los servicios de hospitalización donde se instaló una EV y se dejaron de imprimir placas una vez que la EV comenzó a operar (Tabla 3.43). Durante el 2007 sólo se imprimieron placas los primeros 4 meses del año, por lo cual se observa una disminución en el número de placas impresas con respecto a la producción de los años anteriores, note por ejemplo, que la UCI sólo imprimió 956 placas, lo que representó una reducción del 70.23%; mientras que el P2 sólo imprimió 328 placas lo cual representó una reducción del 41.01%. Note que el área de aislamiento y el P6 no tienen placas impresas durante el 2007, debido a que el instituto dejó de ofrecer estos servicios a partir del 2007. Para ilustrar la aplicación del indicador IMR3 (Ec. 3.14) se utilizaron los datos del P1 para la modalidad de RX en el año 2006 (Tabla 3.43):

$$IMC3_{RX_{2006}} = \frac{834}{12868} \times 100 = 6.48\%$$

Esto significa que se imprimieron 834 placas, lo que representó poco más del 6% del total de placas impresas para los servicios de hospitalización. En la Tabla 3.44 se muestra el resultado de la aplicación de IMR3 para la modalidad de RX de todos los servicios de hospitalización que dejaron de imprimir placas en el 2007. Se encontró que los servicios para los cuales se imprimieron la mayoría de placas fueron la UCI y el área de recuperación, con 21.91% y 30.76% respectivamente. Si se relacionan los resultados arrojados por IMC3 con el número de EV instaladas por servicio, puede notarse que aunque estos dos servicios son los de mayor demanda, sólo tienen una EV instalada cada uno. Lo anterior coincide al identificar a la UCI y recuperación

como las áreas de mayor demanda de recursos (Tabla 3.34). Por lo cual se confirma la necesidad de un número mayor de estaciones de visualización en dichas áreas. Observe que este indicador provee un criterio alternativo para la priorización del equipamiento con EV en los diferentes servicios clínicos.

Tabla 3.43  
Destino de las placas de RX impresas para los servicios de hospitalización en el 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>P1</b>	879	834	271
<b>P2</b>	556	1063	328
<b>P3</b>	1232	1270	422
<b>P4</b>	1305	1609	484
<b>P5</b>	396	144	215
<b>P6</b>	1540	510	0
<b>P7A</b>	946	622	283
<b>P7B</b>	120	99	62
<b>UCI</b>	3211	3101	956
<b>Recuperación</b>	3367	3602	1342
<b>Aislamiento</b>	87	14	0
<b>TOTAL</b>	13639	12868	4363

Tabla 3.44  
Resultado de IMC3 en la modalidad de RX para los servicios de hospitalización del 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005 (%)</b>	<b>2006 (%)</b>	<b>2007(%)</b>	<b># EV</b>
<b>P1</b>	6.44	6.48	6.21	1
<b>P2</b>	4.08	8.26	7.52	1
<b>P3</b>	9.03	9.87	9.67	2
<b>P4</b>	9.57	12.50	11.09	2
<b>P5</b>	2.90	1.12	4.93	1
<b>P6</b>	11.29	3.96	0.00	1
<b>P7A</b>	6.94	4.83	6.49	1
<b>P7B</b>	0.88	0.77	1.42	1
<b>UCI</b>	23.54	24.10	21.91	1
<b>Recuperación</b>	24.69	27.99	30.76	1
<b>Aislamiento</b>	0.64	0.11	0.00	1
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00	-

*b) Placas impresas de TC por servicio de hospitalización.* Esta validación de IMC3 se hizo con los datos de las placas impresas de TC, para los servicios de hospitalización

(Tabla 3.45). Note una tendencia decreciente en los datos, lo cual evidencia el hecho de que durante el 2007 sólo se imprimieron placas hasta el mes de mayo. Observe por ejemplo la reducción de 158 placas impresas en el P7A, lo que representó un decremento del 78.22%, o la reducción de 439 placas impresas para el P4. Para ilustrar la aplicación del indicador IMR3 (Ec. 3.14) se utilizaron los datos del P1 para la modalidad de TC en el año 2006 (Tabla 3.45):

$$IMC3_{TC_{2006}} = \frac{513}{3074} \times 100 = 16.69\%$$

Esto significa que se imprimieron 513 placas para el P1, lo que representó el 16.69% del total de placas impresas para los servicios de hospitalización. Además puede verse que históricamente la impresión de placas para el P1 fue de 13.71% y 16.69% en el 2005 y 2006 respectivamente. En la Tabla 3.46 se muestra el resultado de la aplicación del IMR3 para la modalidad de TC de todos los servicios clínicos que dejaron de imprimir placas en el 2007. Puede observarse que los servicios para los que se imprimieron el mayor número de placas durante el 2007 fueron P3 y P4, con el 20.83% y el 23.15% del total de placas impresas para los servicios de hospitalización. Al relacionar la demanda de impresión de placas radiográficas con el número de EV instaladas se encontró que para esta modalidad, existe una correcta asignación de dichos equipos.

Tabla 3.45  
Placas de TC impresas para los servicios de hospitalización del 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>P1</b>	494	513	141
<b>P2</b>	255	455	152
<b>P3</b>	644	587	206
<b>P4</b>	668	723	229
<b>P5</b>	280	107	96
<b>P6</b>	677	210	0
<b>P7A</b>	202	89	44
<b>P7B</b>	45	75	28
<b>Aislamiento</b>	35	2	0
<b>UCI</b>	269	266	73
<b>Recuperación</b>	35	47	20
<b>TOTAL</b>	3604	3074	989

Al expresar estos resultados como el número total de placas radiográficas impresas, se sumaron las cifras de ambas modalidades (Tablas 3.43 y 3.45). De este modo se obtuvo que en el P3 se imprimieron 628 placas durante el 2007, 713 placas para P4; mientras que en la UCI se imprimieron 1029 placas y en recuperación 1362 placas. Lo cual indica, una vez más, que recuperación y la UCI son las áreas de mayor demanda de recursos de Imagenología, lo cual coincide con los resultados del IMC1.

Tabla 3.46  
Aplicación del IMC3 a la modalidad de TC para los servicios de hospitalización

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005 (%)</b>	<b>2006 (%)</b>	<b>2007 (%)</b>	<b># EV</b>
<b>P1</b>	13.71	16.69	14.26	1
<b>P2</b>	7.08	14.80	15.37	1
<b>P3</b>	17.87	19.10	20.83	2
<b>P4</b>	18.53	23.52	23.15	2
<b>P5</b>	7.77	3.48	9.71	1
<b>P6</b>	18.78	6.83	0.00	1
<b>P7A</b>	5.60	2.90	4.45	1
<b>P7B</b>	1.25	2.44	2.83	1
<b>UCI</b>	0.97	0.07	0.00	1
<b>Recuperación</b>	7.46	8.65	7.38	1
<b>Aislamiento</b>	0.97	1.53	2.02	1
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00	-

Hasta aquí, se hizo el análisis de los resultados del indicador IMC3 aplicado al número de placas impresas para los servicios de hospitalización en las modalidades de RX y TC. A continuación se hará el mismo análisis considerando el resto de los servicios clínicos.

*c) Placas impresas de RX por servicio clínico.* En la Tabla 3.47 se muestra el número de placas de RX impresas para los servicios ambulatorios y para los de hospitalización durante los años 2005, 2006 y 2007. Note que el servicio clínico que presentó una disminución de 9726 placas fue hospitalización, lo que representó una disminución del 68.01% con respecto a lo impreso en el 2005. En CE se incrementó el número de placas impresas en 18.83% y en urgencias del 13.41%, debido a que para esos servicios se continuó imprimiendo durante todo el año, debido a que los pacientes provenientes de estos servicios necesitan tener el estudio impreso como

referencia. Al evaluar todos los servicios clínicos se encontró una disminución porcentual del 12.20% (5930 placas) en todo el periodo. Para ilustrar la aplicación del indicador IMR3 (Ec. 3.14) se utilizaron los datos de hospitalización para la modalidad de RX en el año 2006 (Tabla 3.47):

$$IMC3_{RX_{2006}} = \frac{12868}{49883} \times 100 = 25.80\%$$

Esto significa que se imprimieron 12868 placas de RX para los servicios de hospitalización, lo que representó el 25.80% del total de placas impresas durante ese año. En la Tabla 3.48 se muestra el resultado de la aplicación del IMR3 para la modalidad de RX de todos los servicios clínicos. Note que el servicio clínico para el que se imprimió el mayor número de placas fue CE con el 43.55%, en segundo lugar estuvo el área de urgencias con 32.26% y en tercer sitio, el área de hospitalización con 10.23%. Este indicador muestra que se obtendría un ahorro máximo de placas impresas si se equipara el área de consulta externa con EV distribuidas en los consultorios.

Tabla 3.47  
Placas de RX impresas para los servicios clínicos del 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>CE</b>	15632	16146	18576
<b>Urgencias</b>	12136	12584	13763
<b>Hospitalización</b>	13639	12868	4363
<b>Otros</b>	7185	8285	5960
<b>TOTAL</b>	48592	49883	42662

Tabla 3.48  
Resultado de IMC3 de RX para los servicios clínicos en el 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005 (%)</b>	<b>2006 (%)</b>	<b>2007 (%)</b>
<b>CE</b>	32.17	32.36%	43.55
<b>Urgencias</b>	24.98	25.23	32.26
<b>Hospitalización</b>	28.07	25.80	10.23
<b>Otros</b>	14.79	16.61	13.97
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00

*d) Placas impresas de TC por servicio clínico.* Esta validación de IMC3 se hizo con los datos de las placas impresas de TC, para los servicios clínicos (Tabla 3.49). Note

una tendencia decreciente en los datos de hospitalización, lo cual evidencia el hecho de que durante el 2007 sólo se imprimieron placas hasta el mes de mayo, este servicio presenta una disminución porcentual del 72.56% (2615 placas) en el 2007 al compararlo contra lo que se imprimía en el 2005, así mismo el área de urgencias presenta una reducción del 9.28% (104 placas). Para CE se imprimieron 531 placas más, debido a que se continuó con la impresión habitual de placas, debido a que no se instalaron EV en esta área. Al evaluar en conjunto la impresión de placas de TC para todos los servicios clínicos se encontró una reducción porcentual del 28.2% (2342 placas). Para ilustrar la aplicación del indicador IMR3 (Ec. 3.14) se utilizaron los datos de hospitalización para la modalidad de TC en el año de 2006 (Tabla 3.49):

$$IMC3_{TC2006} = \frac{3074}{8168} \times 100 = 37.63\%$$

Esto significa que el número de placas impresas de la modalidad de TC para hospitalización disminuyó paulatinamente de 43.39% en el 2005, a 37.63% durante el 2006 y hasta 16.58% en el 2007. En la Tabla 3.50 se muestran los datos utilizados para validar el indicador IMC3 en la modalidad de TC con los datos de los servicios clínicos (Tabla 3.49). Note que durante el 2007 el servicio clínico para el cual se imprimió un mayor número de placas fue CE con un 64.30% (3835 placas), el área de urgencias tuvo el 17.05% (1017 placas) y hospitalización con 16.58% (989 placas). Con los resultados de este indicador se sugiere que la siguiente área a equipar sería la consulta externa, lo cual coincide con la aplicación del indicador para la modalidad de RX.

Tabla 3.49  
Placas de TC impresas para los servicio clínico del 2005 al 2007

<b>Servicios Clínicos</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Consulta externa</b>	3304	3452	3835
<b>Urgencias</b>	1121	1433	1017
<b>Hospitalización</b>	3604	3074	989
<b>Otros</b>	277	209	123
<b>TOTAL</b>	8306	8168	5964

Tabla 3.50  
Resultado del indicador IMC3 a la modalidad de TC para los servicios clínicos del  
2005 al 2007

Servicios Clínicos	2005 (%)	2006 (%)	2007 (%)
Consulta Externa	39.78	42.26	64.30
Hospitalización	43.39	37.63	16.58
Urgencias	13.50	17.54	17.05
Otros	3.33	2.56	2.06
<b>TOTAL</b>	100.00	100.00	100.00

### 3.3.3. Indicadores de Utilización del Sistema

Se diseñó un conjunto de cuatro indicadores que miden la productividad del médico clínico (MC) en función de la utilización que hace del sistema de visualización del PACS (SV).

#### 3.3.3.1. Indicador ISV1

Este indicador cuantifica el número de accesos a cada estación de visualización del PACS (EV) en un periodo determinado. Puede ser cuantificado de manera global o por nodo perteneciente a cada EV. Su cálculo está dado por la Ec. 3.15. La tendencia esperada es creciente, lo cual significaría que la productividad de cada servicio clínico evaluado aumenta, ya que la utilización del sistema aumenta conforme transcurre el tiempo.

$$ISV1_{IP} = \sum_{i=1}^n \text{Número de accesos al sistema de cada estación de visualización}$$

(3.15)

Donde:

- IP = Dirección IP de la estación de visualización
- i = Primer día del periodo de evaluación
- n = Ultimo día del periodo de evaluación

#### 3.3.3.2. Indicador ISV2

ISV2 cuantifica el número de accesos que cada médico clínico hace al SV en un periodo determinado por el usuario. Su cálculo está dado por la Ec. 3.16. La tendencia esperada para este indicador es creciente, lo cual significaría que la

productividad de cada médico clínico aumenta, ya que la utilización que hace del sistema aumenta conforme transcurre el tiempo.

$$ISV2_{MC_j} = \sum_{i=1}^n \text{Accesos al sistema de cada médico clínico} \quad (3.16)$$

Donde:  $MC_j$  = Identificador del médico clínico  $j$ ;  $j = 1, \dots, m$   
 $m$  = Número de médicos clínicos que entró el sistema  
 $i$  = Primer día del periodo de evaluación  
 $n$  = Ultimo día del periodo de evaluación

### 3.3.3.3. Indicador ISV3

Una de las ventajas que ofrecen los sistemas PACS, estriba en el ahorro de trámites que implicaría solicitar los estudios al archivo una y otra vez para diferentes consultas, en diferentes momentos y lugares. En este sentido, ISV3 se define como un indicador de movilidad del usuario. Cuantifica los diferentes puntos clínicos donde un mismo MC tiene acceso al SV. Cuantifica el número de nodos distintos donde un MC tiene acceso al sistema en un periodo determinado. Su de cálculo está dado por la Ec. 3.17.

$$ISV3_{MC_j} = \sum_{i=1}^n \text{Número de nodos} \neq \quad (3.17)$$

Donde:  $MC_j$  = Identificador del médico clínico  $j$ ;  $j = 1, \dots, m$   
 $m$  = Número de médicos clínicos que entró el sistema  
 $i$  = Primer día del periodo de evaluación  
 $n$  = Ultimo día del periodo de evaluación

Este indicador permite verificar una de las premisas de los sistemas PACS, en cuanto a la diversificación en los puntos clínicos de acceso que los usuarios tienen la oportunidad de explotar. Esta característica tiene gran relevancia, pues facilita la visualización de imágenes radiológicas en diferentes servicios clínicos del Instituto, así como la portabilidad de los estudios radiológicos, lo cual hace más ágil la consecución de las actividades cotidianas de diagnóstico y tratamiento de los médicos. Para este indicador se definió el concepto de movilidad como el número de

servicios clínicos distintos a su servicio de adscripción, en los que el MC accede al sistema. Para ello, se identificó el origen de los accesos relacionando la dirección IP, con la ubicación física de la EV en el Instituto, mientras que la identificación del servicio de adscripción se obtuvo mediante la clave de acceso del MC. Para conocer la movilidad del usuario se definió el siguiente criterio de cuantificación:

$$\text{Movilidad} = \begin{cases} 1 & \text{si } ISV3 \geq 2 \\ 0 & \text{si } ISV3 \leq 1 \end{cases} \quad (3.17 \text{ b})$$

La tendencia esperada para este indicador es creciente, lo cual significaría que la movilidad de cada médico aumenta, ya que tiene acceso a un número mayor de EV.

#### **3.3.3.4.Indicador ISV4**

ISV4 cuantifica el número de cuentas de MC que fueron utilizadas en un periodo determinado del total de cuentas del SV que han sido creadas. Su cálculo está dado por la Ec. 3.18

$$ISV4 = \frac{\text{Número de cuentas utilizadas}}{\text{Total cuentas creadas}} \times 100 \quad (3.18)$$

Este indicador, permite evaluar de manera directa la utilización del sistema por parte de los MCs. La tendencia esperada de este indicador es creciente, lo cual significaría que la productividad de cada MC aumenta, ya que la utilización que hace del sistema aumenta conforme transcurre el tiempo. Dado que el SV sólo tiene capacidad de almacenar datos por un periodo máximo de tres meses, se propone que la frecuencia de recolección de datos y revisión del indicador sea mensual, para evitar pérdidas de información. Los usuarios potenciales de este indicador son la Dirección de Planeación, la Dirección Médica, la Dirección de Servicios Auxiliares y Diagnóstico, el Servicio de Imagenología y el Servicio de Ingeniería Biomédica, debido a que son las instancias del INER a quienes pudiera interesarles los resultados. Sin embargo estos indicadores pueden ser útiles en general para la administración del DI.

### 3.3.4. Validación de Indicadores de Utilización del Sistema

Para la validación de los indicadores de utilización del sistema se colectó el archivo *Traces\_YYYY-MM-DD* que almacena los registros de la actividad del servidor de distribución de imágenes. Cada uno de estos registros provee información que es clasificada en siete campos diferentes. Sin embargo como se mencionó en la sección 2.2.2.3, los datos relevantes para aplicar los indicadores, están localizados en el segundo campo, que contiene la fecha y la hora de ocurrencia del registro y en el quinto campo, que se registra la clave de acceso del médico clínico, el tipo de acceso (entrada o salida), así como la dirección IP de acceso al sistema.

#### 3.3.4.1. Validación ISV1

Para validar este indicador se utilizó el archivo *traces* y se relacionó con la localización de cada EV, mediante la dirección IP de cada acceso. La Tabla 3.51 muestra los datos depurados de los accesos a través de cada dirección IP, relacionada con la ubicación física de la estación de visualización en los servicios de hospitalización durante el periodo de Dic 07 – Feb08; por confidencialidad no se muestran los datos de los primeros octetos de las direcciones IP. Para ilustrar la aplicación del indicador (Ec. 3.15), se utilizaron los datos del servicio de urgencias en los tres años considerados (Tabla 3.52):

$$ISV1_{Urgencias} = \sum_{Dic07}^{Feb08} (343 + 346 + 239) = 928$$

Este resultado significa que durante el periodo se realizaron 928 accesos al sistema, desde una de las estaciones de visualización que está ubicada en el servicio de urgencias. Para conocer cuales fueron los servicios clínicos que produjeron el mayor número de accesos, se aplicó la Ec. 3.15 a todos los datos de la Tabla 3.51 y los resultados fueron ordenados en forma descendente (Figura 3.10). Note que los servicios en donde más se utilizó el sistema fueron en primer lugar urgencias con 928 accesos, que representan el 20.44% del total, en segundo lugar se encontró al área de recuperación con 806 accesos, que representan el 17.75% y en tercer lugar el P3 con 459 accesos que representan el 10.11%. Dados estos resultados y el número de EV asignadas a cada pabellón (Tabla 2.1), se sugiere dotar al servicio de recuperación con más EV. Mientras que P3 y P4 tienen asignadas dos EV cada uno y

su utilización fue del 10.11% y 8.70% respectivamente. Una alternativa sería asignar la segunda EV de P4 a Recuperación, ya que en esta área la demanda es de casi el doble. Otra posibilidad sería reubicar las EV asignadas a los P7B y CE ORL al área de recuperación, dado que sumando los accesos de ambos servicios, se encontró que tuvieron 13 accesos lo que representa el 0.29% del total.

Tabla 3.51  
Accesos por EV y su ubicación

Servicio Clínico	IP	Dic-07	Ene-08	Feb-08
P1	xxx.xxx.12.200	97	98	98
P2	xxx.xxx.12.201	47	61	84
P3	xxx.xxx.13.200	94	100	61
P3	xxx.xxx.13.201	54	58	92
P4	xxx.xxx.13.202	64	104	88
P4	xxx.xxx.13.203	53	53	33
ICU	xxx.xxx.14.200	128	113	79
P7B	xxx.xxx.14.202	3	3	0
P7A	xxx.xxx.14.203	136	173	111
P5	xxx.xxx.16.201	105	120	95
Recuperación	xxx.xxx.17.202	225	292	289
Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	65	102	153
Quirófano	xxx.xxx.17.246	10	5	6
Blue room	xxx.xxx.19.59.	5	9	12
Urgencias	xxx.xxx.6.203.	343	346	239
Morfología	xxx.xxx.6.232.	5	10	6
ORL CE *	xxx.xxx.8.205.	6	1	0

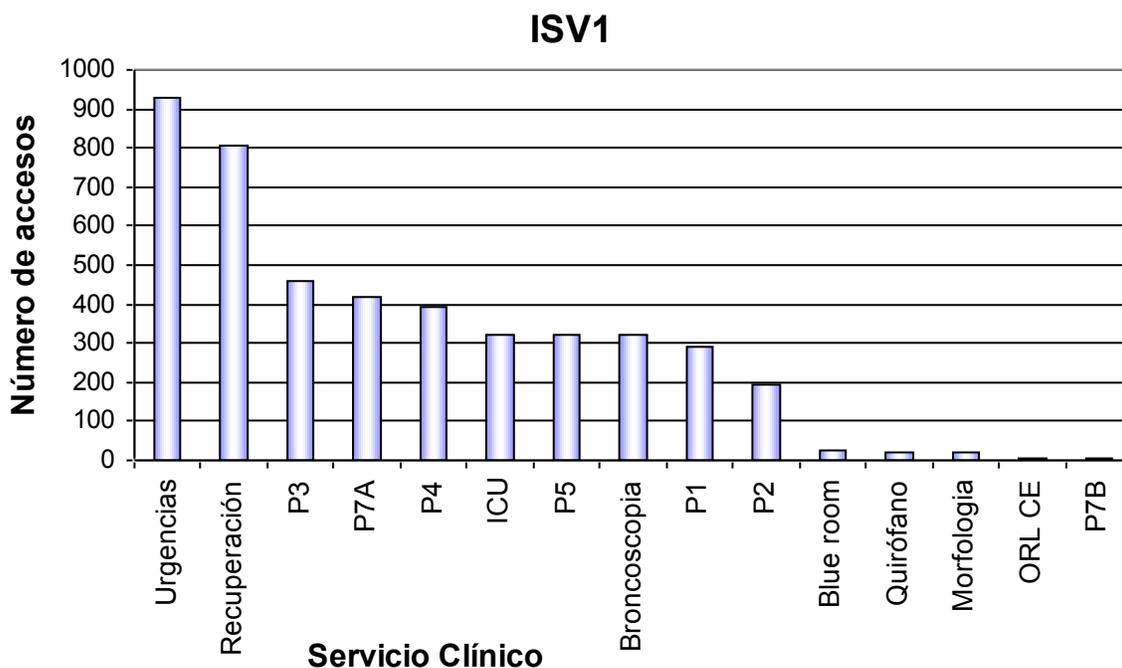


Figura 3.10 Resultado de ISV1 por servicio clínico en el periodo Dic. 07 a Feb. 08

### 3.3.4.2. Validación ISV2

La Tabla 3.52 muestra los datos depurados de los accesos mensuales de cada médico clínico a través de su clave de acceso, relacionada con la adscripción del médico en los servicios de hospitalización durante el periodo de Dic 07 – Feb 08. Para ilustrar la aplicación del indicador ISV2 (Ec. 3.16) se utilizaron los datos del médico kgy5923 del P7A en los tres años considerados (Tabla 3.52):

$$ISV2_{kgy5923} = \sum_{Dic\ 07}^{Feb\ 08} (143 + 196 + 151) = 490$$

Este resultado significa el médico kgy5923 realizó 490 accesos al sistema. De la misma manera, se aplicó la Ec. 3.16 a los datos de la Tabla 3.52, además para conocer cuales médicos produjeron el mayor número de accesos, los resultados fueron reordenados en forma descendente (columna ISV2 Tabla 3.52). Note la gran variabilidad en el número de accesos; desde el médico jmg1254 quien registró 1049 accesos, hasta varios médicos como abm5607 o mgg1834 quienes tuvieron sólo un acceso. Esta dinámica puede explicarse en cierta medida, a que son pocos los médicos residentes que tienen una cuenta de acceso asignada (alrededor del 16% del total de las cuentas creadas), por lo cual los médicos adscritos tienen que prestar sus claves de acceso y su contraseña a los médicos residentes; osea, hay varios usuarios que comparten una misma clave de acceso y contraseña. Por otro lado, note que el médico jmg1254, quien tuvo el mayor número de accesos (Tabla 3.53) está adscrito al área de quirófano, sin embargo en el resultado del indicador ISV1 (Tabla 3.52), sólo se registraron 21 accesos en la estación de visualización asignada a esa área, lo cual significa que los accesos no los realizó en su área de adscripción.

Tabla 3.52

Accesos mensuales de los médicos clínicos relacionados con su servicio de adscripción, y la aplicación del indicador ISV2

Usuarios	Servicio de Adscripción	Dic-07	Ene-08	Feb-08	ISV2	% del total
jmg1254	Quirófano	318	378	353	1049	22.97%
kgv5923	P7A	143	196	151	490	10.73%
flp1732	P4	139	176	155	470	10.29%
lbl5425	P5	129	109	125	363	7.95%
vrp1609	P2	140	119	91	350	7.66%
fgo6031	P4	43	63	76	182	3.99%
ncb6040	Residente	58	29	59	146	3.20%
arh6041	ND	45	68	6	119	2.61%
jfp3674	P4	58	41	8	107	2.34%
cvd5915	ICU	21	25	53	99	2.17%
pcg5503	P3	33	36	28	97	2.12%
cem2524	Urgencias	32	36	28	96	2.10%
jcs6028	ND	26	22	40	88	1.93%
dam5343	P1	24	39	24	87	1.90%
ema1958	P3	23	22	38	83	1.82%
jrb5608	Urgencias	19	42	20	81	1.77%
jpo5920	Residente	12	27	37	76	1.66%
jmf1565	P3	10	31	22	63	1.38%
ega5353	Quirófano	21	17	15	53	1.16%
jrm5957	ICU	21	21	8	50	1.09%
hfv2341	P3	12	15	16	43	0.94%
cap5260	ICU	8	15	11	34	0.74%
lrz3434	Urgencias	5	21	7	33	0.72%
mb15752	Urgencias	12	19	2	33	0.72%
mma3051	P1	4	17	8	29	0.63%
msg1722	P4	16	5	8	29	0.63%
msl3686	P1	9	8	5	22	0.48%
llm3900	Urgencias	11	9	1	21	0.46%
rrv3240	ND	1	3	16	20	0.44%
srr3956	ND	4	6	8	18	0.39%
fvc5927	P7A	17	0	0	17	0.37%
joz2605	Morfología	12	0	0	12	0.26%
jvs2684	Subdirección	1	2	9	12	0.26%
pcb1942	P7A	12	0	0	12	0.26%
obi6026	Residente	0	10	1	11	0.24%
drp2049	Urgencias	4	5	1	10	0.22%
egm2661	Broncoscopia	0	3	6	9	0.20%
aeg3640	P1	6	1	1	8	0.18%
rar5434	Urgencias	3	2	3	8	0.18%
ngi5601	ORL	6	1	0	7	0.15%
rhz5218	P1	1	1	3	5	0.11%
lmb3159	P3	4	0	0	4	0.09%
jrs5893	P1	0	3	0	3	0.07%
msc5237	P7A	1	2	0	3	0.07%
mb12655	Dirección Medica	1	1	0	2	0.04%
rcf5922	P7A	2	0	0	2	0.04%
rqz2525	Hospitalización	0	0	2	2	0.04%
rvc3381	Dirección Medica	1	1	0	2	0.04%
abm5607	P5	1	0	0	1	0.02%
div1800	Urgencias	1	0	0	1	0.02%
gcb6035	ND	0	0	1	1	0.02%
hpg5267	Quirófano	0	0	1	1	0.02%
hss2706	ICU	1	0	0	1	0.02%
ldr5310	ND	1	0	0	1	0.02%
mvg1834	ND	0	0	1	1	0.02%
-----	TOTAL	1472	1647	1448	4567	100.00%

ND – No disponible

### 3.3.4.3. Validación ISV3

Se identificó la dirección IP a través de la cual se realizaron cada uno de los accesos, cada dirección IP fue relacionada con la ubicación física de la estación de visualización a la cual estaba asignada, estos datos fueron agrupados mediante la clave de acceso de cada médico clínico, relacionada con ese acceso en particular y con el servicio clínico de adscripción del médico. Es decir, se contabilizaron los accesos realizados al sistema de visualización a través de direcciones IP distintas por un mismo médico en cada mes del periodo de evaluación. Dada la gran cantidad de datos obtenidos, la información completa se presenta en el Anexo 2. La Tabla 3.53 muestra los datos depurados de las direcciones IP de acceso mensual del médico clínico flp1732 del P4, relacionadas con la ubicación física de la EV, en el periodo de Dic 07 – Feb 08, donde por confidencialidad no se muestran los datos de los primeros octetos de las direcciones IP. Se aplicó el indicador ISV3 contabilizando el número de direcciones IP distintas a su servicio de adscripción, donde flp1732 tuvo acceso al sistema.

$$ISV3_{flp1732} = \sum_{1-Dic-07}^{31-Dic-07} (P1+P2+P5+P7A+ORL+UCI+Broncoscopia+Urgencias) = 8$$

Con base en los resultados obtenidos, se aplicó el criterio para cuantificar la movilidad. Para ilustrar la aplicación del indicador ISV3 (Ecs. 3.17 y 3.17b), se utilizaron los datos del médico flp1732 del P4 para los tres periodos evaluados (Tabla 3.53):

$$\begin{array}{lcl} ISV3_{flp1732-Dic} = 8 & \rightarrow & Movilidad_{Dic-07} = 1 \\ ISV3_{flp1732-Ene} = 8 & \rightarrow & Movilidad_{Ene-08} = 1 \\ ISV3_{flp1732-Feb} = 7 & \rightarrow & Movilidad_{Feb-08} = 1 \end{array}$$

Estos resultados significan que el médico flp1732 presentó movilidad durante todo el periodo evaluado. Ya que en diciembre y enero accedió al sistema desde diferentes estaciones de visualización ubicadas en ocho servicios clínicos distintos al de su adscripción, y en febrero entró al sistema desde siete servicios distintos. Los

resultados para los 54 médicos usuarios, se presenta en la Tabla 3.54. Se encontró que en Dic 2007 y Ene 2008, fueron 21 médicos los que accedieron al SV al menos en un servicio clínico distinto al de su adscripción, lo cual representó el 38.89% de las cuentas activas. Mientras que en el mes de febrero fueron 20 los MC que presentaron movilidad en sus accesos, es decir 37.04% del total de los médicos que accedieron el sistema en ese periodo. El hecho de que más de una tercera parte de los usuarios activos del SV aproveche y explote una de las principales características que el sistema PACS ofrece, la flexibilidad, es un gran beneficio para la Institución en su conjunto.

Tabla 3.53  
Ubicación de accesos del Médico FLP1732

Servicio de Adscripción	Médico Clínico	Diciembre 2007		Enero 2008		Febrero 2008	
		Ubicación EV	Dirección IP	Ubicación EV	Dirección IP	Ubicación EV	Dirección IP
P4	flp1732	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200
		P2	xxx.xxx.12.201	Recuperación	xxx.xxx.17.202	P3	xxx.xxx.13.200
		ORL*	xxx.xxx.14.202	ORL	xxx.xxx.14.202	P3	xxx.xxx.13.201
		P4	xxx.xxx.13.202	P4	xxx.xxx.13.202	P4	xxx.xxx.13.202
		P4	xxx.xxx.13.203	P4	xxx.xxx.13.203	P4	xxx.xxx.13.203
		UCI**	xxx.xxx.14.200	UCI	xxx.xxx.14.200	UCI	xxx.xxx.14.200
		P7A	xxx.xxx.14.203	P7A	xxx.xxx.14.203	Recuperación	xxx.xxx.17.202
		P5	xxx.xxx.16.201	P5	xxx.xxx.16.201	P5	xxx.xxx.16.201
		Broncoscopía	xxx.xxx.17.203	Broncoscopía	xxx.xxx.17.203	Broncoscopía	xxx.xxx.17.203
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.

Tabla 3.54  
Resultado del ISV3 y su movilidad mensual de Dic 07 a Feb 08.

Médico Clínico	Servicio de adscripción	IMW3			Movilidad		
		Dic-07	Ene-08	Feb-08	Dic-07	Ene-08	Feb-08
flp1732	P4	9	8	8	1	1	1
jmg1254	Qx	8	6	9	1	1	1
vrp1609	P2	8	6	5	1	1	1
lbl5425	P5	6	8	5	1	1	1
arh6041	ND	5	5	3	1	1	1
jcs6028	ND	5	4	4	1	1	1
jfp3674	P4	5	2	1	1	1	0
ncb6040	Residente	5	5	7	1	1	1
dam5343	P1	4	5	5	1	1	1
ega5353	Quirófano	4	3	3	1	1	1
ky5923	P7A	4	5	4	1	1	1
fvc5927	P7A	3	0	0	1	0	0
jrb5608	Urgencias	3	6	3	1	1	1
aeg3640	P1	2	1	1	1	0	0
cem2524	Urgencias	2	2	3	1	1	1
ema1958	P3	2	2	3	1	1	1
jpo5920	Residente	2	6	7	1	1	1
lmb3159	P3	2	0	0	1	0	0
lrz3434	Urgencias	2	3	2	1	1	1
pcg5503	P3	2	3	2	1	1	1
rcf5922	P7A	2	0	0	1	0	0
abm5607	P5	1	0	0	0	0	0
cap5260	ICU	1	1	1	0	0	0
cvd5915	ICU	1	3	3	0	1	1
div1800	Urgencias	1	0	0	0	0	0
drp2049	Urgencias	1	1	1	0	0	0
egm2661	Broncoscopia	1	1	1	0	0	0
fgo6031	P4	1	4	3	0	1	1
hfv2341	P3	1	1	1	0	0	0
hss2706	ICU	1	0	0	0	0	0
jmf1565	P3	1	2	1	0	1	0
joz2605	Morfología	1	0	0	0	0	0
jrm5957	ICU	1	1	1	0	0	0
ldr5310	ND	1	0	0	0	0	0
llm3900	Urgencias	1	1	1	0	0	0
mb12655	Dirección Medica	1	1	0	0	0	0
mb15752	Urgencias	1	1	1	0	0	0
mma3051	P1	1	1	1	0	0	0
msc5237	P7A	1	1	0	0	0	0
msg1722	P4	1	1	1	0	0	0
msl3686	P1	1	1	1	0	0	0
ngi5601	ORL	1	1	0	0	0	0
pcb1942	P7A	1	0	0	0	0	0
rar5434	Urgencias	1	1	1	0	0	0
rhz5218	P1	1	1	1	0	0	0
rv3381	Dirección Médica	1	1	0	0	0	0
srr3956	ND	1	1	1	0	0	0
gcb6035	ND	0	0	1	0	0	0
hpg5267	Quirófano	0	0	1	0	0	0
jrs5893	P1	0	2	0	0	1	0
jvs2684	Subdirección	0	0	2	0	0	1
mgg1834	ND	0	0	1	0	0	0
obi6026	Residente	0	1	2	0	0	1
rqz2525	Hospitalización	0	0	1	0	0	0

#### 3.3.4.4. Validación ISV4

Para validar este indicador se contabilizaron el número de cuentas creadas en el SV, así como el número de cuentas que fueron utilizadas de mensualmente durante el periodo de estudio (cuentas activas), las cuales fueron clasificadas en médicos adscritos y médicos residentes para conocer el nivel de utilización por ambos grupos de trabajo (Tabla 3.55).

Tabla 3.55  
Cuentas creadas en el sistema de visualización

<b>Tipo de cuenta</b>	<b>Cantidad</b>
Cuentas creadas	192
Cuentas creadas adscritos	174
Cuentas creadas residentes	18
Cuentas Activas	54
Cuentas activas adscritos	51
Cuentas activas residentes	3

Es importante mencionar que este indicador puede generar diferentes resultados, dependiendo de los datos a los que se aplique. Para la primera aplicación del indicador ISV4 (Ec. 3.18) se utilizaron los datos de la Tabla 3.55 y muestra la distribución de las cuentas por grupo de trabajo.

$$ISV4_{RESIDENTES\_CREADAS} = \frac{\text{Número de cuentas residentes creadas}}{\text{Total cuentas creadas}} = \frac{18}{192} = 9.38\%$$

$$ISV4_{ADSCRITOS\_CREADAS} = \frac{\text{Número de cuentas adscritos creadas}}{\text{Total cuentas creadas}} = \frac{174}{192} = 90.63\%$$

La segunda validación del indicador ISV4 muestra el porcentaje de utilización del sistema. Se calculó la proporción de las cuentas activas como un porcentaje de las cuentas creadas por grupo de trabajo. Aplicando el ISV4 (Ec. 3.18) a los datos de la Tabla 3.56.

$$ISV4_{RESIDENTES\_ACTIVAS} = \frac{\text{Número de cuentas residentes activas}}{\text{Total cuentas creadas residentes}} = \frac{3}{18} = 16.67\%$$

$$ISV4_{ADSCRITOS\_ACTIVAS} = \frac{\text{Número de cuentas adscritos activas}}{\text{Total cuentas creadas adscritos}} = \frac{51}{174} = 29.31\%$$

$$ISV4_{TOTAL\_ACTIVAS} = \frac{\text{Número de cuentas activas}}{\text{Total cuentas creadas}} = \frac{54}{192} = 28.13\%$$

Estos resultados significan que los médicos residentes utilizaron 16.67% de sus cuentas. Mientras que los adscritos utilizaron el 29.31%. Además, se consideró el total de las cuentas activas, sin considerar su grupo de trabajo y se encontró que el SV tuvo una utilización del 28.13% durante el periodo evaluado. Estos resultados indican un área de oportunidad para incentivar aún más el uso del SV.

### **3.3.5.Evaluación Cualitativa del Sistema de Visualización**

Con el objetivo de hacer una evaluación cualitativa del SV, se diseñó una encuesta de ocho preguntas relacionadas con el uso del SV y se aplicó a 28 MCs. El análisis de las respuestas obtenidas se presenta en las siguientes secciones.

#### **3.3.5.1.Resultados de la Evaluación Cualitativa**

El compendio de las respuestas de los 28 médicos es mostrado en la Tabla 3.56, donde horizontalmente se muestran las respuestas a las 8 preguntas planteadas y de manera vertical se muestran las respuestas de cada médico. Como se mencionó cada una de las preguntas tuvo cinco posibles respuestas, por lo que de manera inicial se agruparon las respuestas por su valor asignado en R4 si el médico prefería mucho más el SV, R3 si el MC prefería el SV, R2 si le era indiferente trabajar con el SV o con las placas, R1 si el MC prefería trabajar con placas y R0 si el médico prefería mucho más trabajar con placas impresas. Posteriormente estas respuestas fueron clasificadas por grupo de trabajo, en médicos adscritos y residentes (Tabla 3.57). Las columnas etiquetadas con la letra A muestran las respuestas de los médicos adscritos, las columnas etiquetadas con la letra R corresponden a las respuestas de los médicos residentes, las columnas etiquetadas con la letra T muestran el número total de médicos que mostraron preferencia por ese valor de respuesta en particular.

**Tabla 3.56**  
**Respuestas de la encuesta aplicada a 28 médicos clínicos del INER**

Pregunta	Respuestas correspondientes a cada médico																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	3	3	3	2	4	1	4	2	2	3	3	4	3	3	3	1	3	4	3	3	4	4	1	3	3	3	3	3
2	3	3	2	2	2	1	3	2	2	2	3	4	3	3	2	1	3	3	3	3	1	2	3	3	3	2	2	3
3	1	3	3	3	3	1	3	3	0	3	1	4	2	3	3	1	3	3	3	2	4	3	3	3	3	3	2	3
4	2	3	3	2	3	1	3	1	1	1	3	4	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	2	3
5	2	3	3	2	2	1	2	3	1	3	2	4	3	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2
6	3	2	3	1	4	1	3	2	0	3	3	4	2	1	3	3	3	3	2	4	2	3	3	1	3	3	2	3
7	3	3	3	3	4	2	2	3	4	1	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3
8	3	3	3	2	3	1	3	3	4	1	4	4	3	3	3	3	3	2	3	3	0	3	3	3	3	2	3	3

**Tabla 3.57**  
**Resultados de la evaluación cualitativa relacionados al grupo de trabajo del MC**

Pregunta	Valores de la respuesta														
	R4			R3			R2			R1			R0		
	A	R	T	A	R	T	A	R	T	A	R	T	A	R	T
1	3	3	6	5	11	16	3	0	3	1	2	3	0	0	0
2	1	0	1	4	10	14	6	4	10	1	2	3	0	0	0
3	1	1	2	7	11	18	0	3	3	3	1	4	1	0	1
4	1	0	1	5	12	17	2	1	3	4	3	7	0	0	0
5	1	0	1	4	8	12	5	8	13	2	0	2	0	0	0
6	2	1	3	5	9	14	2	4	6	2	2	4	1	0	1
7	2	1	3	6	13	19	3	2	5	1	0	1	0	0	0
8	3	0	3	6	13	19	1	2	3	2	0	2	0	1	1

El análisis de las respuestas se hizo atendiendo al valor, el grupo de trabajo del médico y el número total en cada caso (Tabla 3.57). A continuación se presentan los resultados obtenidos de dicha encuesta.

**Pregunta 1. ¿Como percibe usted la velocidad de adquisición de las imágenes con respecto a lo que tardaba en obtener una placa impresa para su paciente ?**

El 57.14% de los médicos entrevistados, 5 adscritos y 11 residentes, consideraron que la velocidad del SV es más rápida que el proceso de placas y negatoscopio (R3). De manera similar, el 21.43% (6 encuestados) opinaron que la velocidad del sistema es mucho más rápida que el proceso tradicional de archivo y visualización (R4). Mientras que 3 médicos adscritos (10.71%), percibieron que les toma el mismo tiempo visualizar una imagen en el SV que con el proceso tradicional de placas y negatoscopio (R2). Así mismo, el 10.71% de los médicos entrevistados, 1 adscrito y

2 residentes, opinaron que era más rápido obtener una placa radiográfica y analizarla en un negatoscopio, que desplegar una imagen similar en el sistema de visualización (R1).

**Pregunta 2. ¿Con que periodicidad emplea el SV en comparación con lo que utilizaba las placas impresas?**

El 50% de los médicos encuestados, 4 adscritos y 10 residentes, percibieron que utilizaban más frecuentemente el sistema de visualización del PACS para revisar imágenes radiológicas, de lo que utilizaban las placas radiográficas (R3), mientras que el 35.71% de los médicos encuestados, 6 adscritos y 4 residentes, percibieron que utilizaron con la misma frecuencia el SV de lo que utilizaron las placas radiográficas (R2). Por otro lado, el 10.71% de los encuestados, 1 adscritos y 2 residentes, aseveraron que utilizaron más las placas radiográficas que lo que utilizaron el SV para revisar estudios radiológicos (R1), Un médico adscrito reportó utilizar mucho más el SV que las placas (R4).

**Pregunta 3. ¿Cómo evalúa el desempeño del sistema para visualizar un estudio radiológico, en comparación con el proceso de obtención de una placa impresa?**

El 64.29% de los médicos encuestados, 7 adscritos y 11 residentes, opinaron que se tuvieron un mejor desempeño mediante el SV que con la placa y negatoscopio (R3). Sin embargo, el 14.29%, 3 adscritos y 1 residente, percibieron que tuvieron un mejor desempeño con las placas y el negatoscopio (R1). A diferencia de ellos, 3 médicos residentes percibieron que se tuvieron el mismo desempeño con el SV que el que se tenía con las placas y el negatoscopio (R2). Por otro lado, 1 médico adscrito y 1 residente coinciden en que tuvieron un mucho mejor desempeño en el SV (R4). Sin embargo hubo un médico adscrito que percibió, se tenía un mucho mejor desempeño con las placas y el negatoscopio (R0).

**Pregunta 4. ¿Es más sencillo utilizar el sistema para visualizar una imagen radiológica que pasar por todo el proceso para visualizar una placa impresa?**

El 60.71% de los MC encuestados, 5 adscritos y 12 residentes, percibieron que es más sencillo utilizar el sistema de visualización del PACS que visualizar la placa en el negatoscopio (R3). Sin embargo, el 25% de los médicos encuestados, 4 adscritos y 3 residentes, opinaron que es más sencillo visualizar la placa en negatoscopio que utilizar el SV (R1). Otro 10.71%, 2 adscritos y 1 residente, opinaron que es igual de sencillo utilizar el SV que usar la placa y el negatoscopio (R2). No obstante, un médico adscrito opinó que es mucho más sencillo utilizar el SV que pasar revisar la placa en el negatoscopio (R4).

**Pregunta 5. ¿Considera más confiable el trabajar con el SV que con el proceso que se seguía con las placas impresas?**

El 46.43% de los médicos encuestados, 5 adscritos y 8 residentes, percibieron que es igual de confiable trabajar con el SV, que con las placas impresas en negatoscopio (R2), mientras que el 42.86% de los médicos encuestados, 4 adscritos y 8 residentes, percibieron que es más confiable trabajar con el SV (R3). Por otro lado, dos médicos adscritos, opinaron que era más confiable trabajar con las placas y el negatoscopio (R1). No obstante, un médico adscrito opinó que es mucho más confiable trabajar con el sistema de visualización del PACS (R4)

**Pregunta 6. ¿Existe una menor pérdida de estudios de los pacientes con el SV que con las placas?**

El 50% de los médicos encuestados, 5 adscritos y 9 residentes, percibieron que se pierden menos estudios con el SV (R3). Sin embargo, el 21.43%, 2 adscritos y 4 residentes, percibieron que se pierden el mismo número de estudios con el SV que con las placas radiográficas (R2). Por otro lado, el 14.29% de los médicos, 2 adscritos y 2 residentes, de los médicos encuestados opinaron que se perdían menos estudios utilizando las placas que con el SV (R1), mientras que el 10.71%, 2 adscritos y 1 residente, opinaron que se pierden mucho menos estudios con el SV (R4). No obstante un médico adscrito percibió que se perdían mucho menos estudios con el uso de las placas radiográficas (R0).

**Pregunta 7. ¿Los estudios visualizados mediante el SV, le proveen de mayor información?**

El 67.86% de los médicos encuestados, 6 adscritos y 13 residentes, opinaron que el SV les provee más información que una placa impresa (R3). Sin embargo, el 17.86%, 3 adscritos y 2 residentes, opinó que el SV les provee de la misma información que una placa impresa (R2). Además un médico adscrito opinó que un estudio visualizado mediante una placa le provee más información que lo que el SV le puede proporcionar (R1).

**Pregunta 8. Haciendo una evaluación general de todos los aspectos, ¿cómo prefiere usted trabajar, con el SV o con placas impresas?**

El 67.86% de los encuestados, 6 adscritos y 13 residentes, opinaron que haciendo una evaluación general de todos los aspectos prefieren más trabajar con el sistema de visualización del PACS que con placas (R3). Mientras que el 10.71%, 1 adscritos y 2 residentes, opinaron que era igual trabajar con el SV que con placas (R2). Por otro lado 3 médicos adscritos prefirieron mucho más trabajar con el SV (R4). Sin embargo, 2 médicos adscritos prefirieron más seguir trabajando con placas impresas (R1) y 1 médico residente prefirió mucho más seguir trabajando con placas impresas (R0).

Una vez analizadas las respuestas por grupo de trabajo de los médicos, se procesaron en términos generales, lo que significa que se obtuvo un resultado con base en las respuestas de todos los MCs, para analizar el resultado de manera global por cada pregunta y no por tipo de médico. Para esto se normalizó el valor global encontrado para cada pregunta.

*Parámetro de normalización (P).* Para interpretar el valor promedio de cada respuesta global, se definió un parámetro de normalización, con el cual se acotó el valor de cada respuesta entre cero y uno. Donde uno significó que el MC prefirió mucho más el SV y cero que prefirió mucho menos trabajar con él, es decir que prefirió mucho más trabajar con placas. El parámetro de normalización (P), se obtuvo

sumando el máximo valor posible que cada médico podía asignar a cada respuesta, es decir 4, en función del número de médicos que contestaron la encuesta (n=28). Se calcula mediante la Ec. 3.19a.

$$P = (\text{valor máximo de cada respuesta})(n) \quad (3.19a)$$

$$P = (28)(4) = 112$$

*Respuesta global normalizada.* Su valor se obtuvo sumando las respuestas de todos los médicos para una misma pregunta y el resultado se dividió entre el parámetro de normalización (P). Su cálculo está dado por la Ec. 3.19b.

$$R_{\text{Normalizado}} = \frac{R_{MC1} + R_{MC2} + \dots + R_{MCn}}{P} \quad (3.19b)$$

Para ilustrar su aplicación, se utilizó la Ec. 3.19b y las respuestas dadas a la pregunta uno, que hace referencia a la velocidad de adquisición:

$$R1_{\text{Normalizado}} : \frac{3+3+3+2+4+1+4+2+2+3+3+4+3+3+3+1+3+4+3+3+4+4+1+3+3+3+3+3}{(28)(4)}$$

$$R1_{\text{Normalizado}} = \frac{81}{112} = 0.72$$

Para interpretar de manera cualitativa los resultados obtenidos de las respuestas globales normalizadas, se generaron cinco intervalos que corresponden a las diferentes preferencias que los MC tienen del subsistema de visualización.

#### *Interpretación cualitativa*

- [0, 0.25]** A los médicos les satisface más trabajar con placas radiográficas impresas
- (0.25, 0.50]** Para los médicos es lo mismo trabajar con placas radiográficas impresas que con el sistema de visualización del PACS

**(0.50, 0.75]** A los médicos les satisface más trabajar con el sistema de visualización del PACS

**(0.75, 1.00]** A los médicos les satisface mucho más trabajar con el sistema de visualización del PACS

Debido a que el valor obtenido en el ejemplo fue de 0.72, se ubica en el rango (0.50, 0.75], lo que significa que los MC de manera global perciben que es más rápido ver las imágenes radiológicas mediante el SV, en comparación con el uso de placas y el negatoscopio. Analizando las respuestas de las preguntas 1-7 (Tabla 3.56) que hacen referencia a las características individuales evaluadas, se obtuvieron las respuestas globales normalizadas (Tabla 3.58), para cada pregunta ordenadas en forma descendente. Note que las siete respuestas globales se encuentran en el rango (0.50, 0.75], cuya interpretación cualitativa, es que a los MC les satisface más trabajar con el SV que con las placas impresas, lo cual a su vez refleja el nivel de aceptación que el sistema ha tenido entre la comunidad médica del INER.

Finalmente se calculó el promedio de las respuestas de las preguntas 1 - 7, (excepto la pregunta 8). Para conocer la evaluación promedio que el MC dio a las facilidades evaluadas del SV y poder comparar este valor con la respuesta que el MC dio a la pregunta 8, que solicitaba una evaluación global el SV. Se encontró que el promedio normalizado fue de 0.65 y se le dio el nombre de evaluación general total. Para comparar, se muestra en la Fig. 3.11 el valor de la evaluación general total y el resultado global normalizado de la pregunta 8 que se nombró en la figura como evaluación general personal.

Con estos resultados podemos concluir que a los médicos clínicos en general les satisface trabajar con el sistema de visualización del PACS, sin embargo, es claro que hay que promover un mayor uso del sistema de visualización, lo cual puede incentivarse mediante un programa de capacitación continua, para que los médicos se motiven a explotar todas las facilidades que brinda el sistema.

Tabla 3.58  
 Respuestas globales normalizadas de la evaluación cualitativa del SV

Pregunta	Característica Evaluada	Valor Normalizado
1	Velocidad de adquisición	0.72
7	Información proporcionada	0.71
3	Eficiencia del proceso	0.64
6	Perdida de Estudios	0.63
2	Periodicidad de uso	0.62
4	Facilidad de Uso	0.61
5	Confiabilidad	0.61

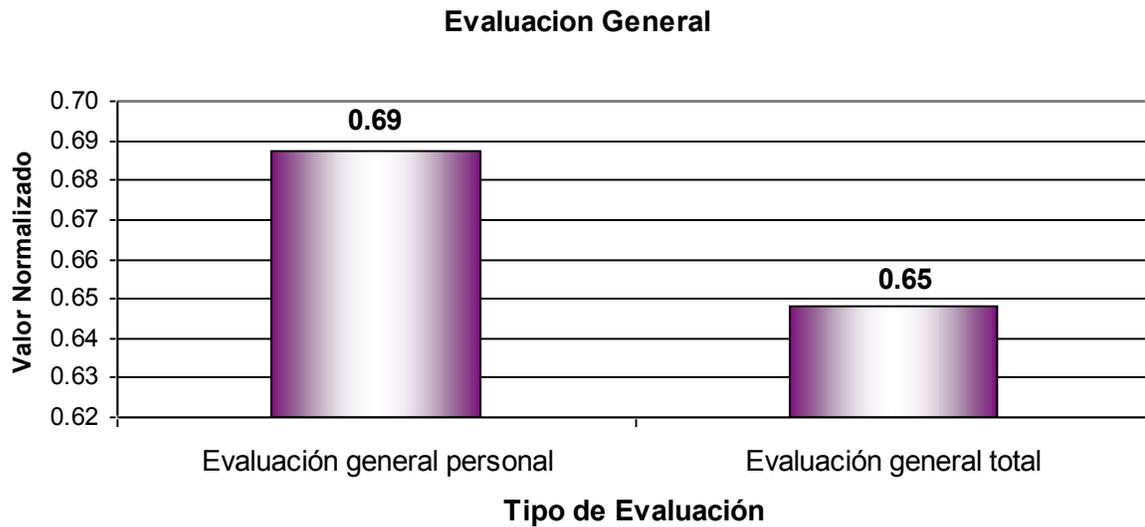


Fig. 3.11. Respuestas promedio globales de la evaluación cualitativa del sistema de visualización del PACS.

### **3.4. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO**

#### **3.4.1. Indicadores de Costo**

Se diseñaron cuatro indicadores de costo, los cuales fueron aplicados a tres periodos: antes de que el sistema PACS fuera implementado (2005), el periodo de la instalación (2006) y el año de donde ya operaba funcionalmente el PACS (2007).

##### **3.4.1.1. Indicador IC1**

Este indicador calcula el gasto que eroga el Instituto en placas radiográficas para cada estudio que se realiza en el DI. Estima el gasto en placas adquiridas por estudio realizado, durante un periodo de tiempo establecido por el usuario, por lo tanto sus unidades son pesos/estudio. Su cálculo está dado por la Ec. 3.20, se espera una tendencia decreciente entre periodos evaluados

$$IC1_{\text{PeriodoEvaluado}} = \left( \frac{\text{Gasto en placas}}{\text{Estudios realizados}} \right) \quad (3.20)$$

##### **3.4.1.2. Indicador IC2**

Este indicador calcula el gasto en placas por cada paciente atendido en el DI en un periodo de tiempo dado, sus unidades son pesos/paciente atendido. Su cálculo está dado por la Ec. 3.21, se espera una tendencia decreciente entre periodos evaluados.

$$IC2_{\text{PeriodoEvaluado}} = \left( \frac{\text{Gasto en placas}}{\text{Pacientes atendidos}} \right) \quad (3.21)$$

##### **3.4.1.3. Indicador IC3**

Este indicador calcula el costo promedio de cada estudio que se realiza en el DI. Por definición estima la relación entre el costo funcional total del DI (sección 2.2.1.6) con respecto al número de estudios realizados en todas las modalidades en un año. Su cálculo está dado por la Ec. 3.22 y se espera una tendencia decreciente entre periodos evaluados Las unidades de este indicador son pesos/estudio.

$$IC3_{\text{PeriodoEvaluado}} = \left( \frac{\text{Costo funcional total}}{\text{Estudios realizados}} \right) \quad (3.22)$$

#### 3.4.1.4. Indicador IC4

Este indicador calcula el costo promedio de atención de cada paciente que es atendido en el DI en un año. Se define como la relación entre el costo funcional total del DI (sección 2.2.1.6) con respecto al número total de pacientes atendidos en un año en el DI. Su cálculo está dado por la Ec 3.23 y se espera una tendencia decreciente entre periodos evaluados. Las unidades de este indicador son pesos/paciente atendido.

$$IC4_{\text{PeriodoEvaluado}} = \left( \frac{\text{Costo funcional total}}{\text{Pacientes atendidos}} \right) \quad (3.23)$$

El número mensual de estudios realizados y pacientes atendidos necesarios para aplicar los indicadores IC1, IC2, IC3 e IC4, se pueden obtener del reporte de productividad mensual del DI [36], mientras que el reporte de gasto de consumibles [38] se puede solicitar a la Subdirección de Recursos Materiales y Servicios Generales y el reporte de costo funcional total [39] lo proporciona el Departamento de Costos. La frecuencia de recolección y revisión sugeridas es anual conforme la disponibilidad de los datos. Los usuarios potenciales de estos indicadores son la Dirección de Planeación, la Dirección de Servicios Auxiliares y Diagnóstico, el Servicio de Imagenología, el Servicio de Ingeniería Biomédica, el Departamento de Costos, debido a que son las instancias del INER a quienes pudiera interesarles los resultados. Sin embargo estos indicadores pueden ser útiles en general para la administración del servicio de Imagenología o su impacto en los servicios clínicos de cualquier institución.

#### 3.4.2. Validación de Indicadores de Costo

Los datos colectados fueron el número de placas utilizadas correctamente; el número de placas de desecho; el número total de placas adquiridas, que es la suma de las placas utilizadas correctamente y las placas desechadas; el número de estudios

realizados y la cantidad de pacientes atendidos, para todas las modalidades de imagenología; el costo funcional total del DI y el costo de las placas adquiridas; para el periodo comprendido entre los años del 2005 al 2007. Estos datos se muestran en la Tabla 3.59

Tabla 3.59  
Datos de todas las modalidades del DI y costos de DI 2005 – 2007

<b>Todas las modalidades</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Placas utilizadas</b>	57974	59532	49258
<b>Placas de desecho</b>	2795	2415	1957
<b>Total placas adquiridas</b>	60769	61947	51215
<b>Estudios realizados</b>	55413	54866	56145
<b>Pacientes atendidos</b>	46100	47579	51084
<b>Costo funcional total</b>	\$13,842,792.3 9	\$19,304,217.8 8	\$13,986,268.5 3
<b>Costo de placas adquiridas</b>	\$2,368,271.97	\$2,333,281.09	\$2,294,401.25

Para una mejor comprensión de la validación y del análisis de los resultados de los indicadores IC1 e IC2, se introduce el concepto de costo *unitario promedio (CUP)*, el cual es utilizado como referencia para comparar los resultados de cada indicador. La información utilizada para calcularlo, son el gasto anual en placas utilizadas y el número total de placas adquiridas, como se mencionó, esta cantidad incluye tanto las placas utilizadas como las placas de desecho empleadas en todas las modalidades (Tabla 3.59). El costo unitario promedio se estimó como el gasto en placas sobre el número de placas adquiridas. De esta manera, se encontró que para el año 2005 el costo unitario promedio de cada placa fue de \$38.97, mientras que para el año 2006 fue de \$37.67, y para el 2007 de \$44.80 pesos por placa radiográfica adquirida por el INER.

#### **3.4.2.1. Validación IC1**

Para ilustrar la aplicación del indicador IC1 (Ec. 3.20) se utilizó el costo de placas adquiridas y el número de estudios realizados para el año 2006 (Tabla 3.59), con lo cual se obtiene el siguiente resultado:

$$IC1_{2006} = \frac{\$2,333,281.09}{54866} = \$42.53 \text{ pesos / estudio realizado}$$

Este resultado significa que el Instituto invirtió \$42.53 en placas radiográficas por cada estudio que se realizó durante el 2006 en el DI. Los resultados para todo el periodo bajo estudio, se muestran en la Figura 3.12. Observe que a pesar de que el CUP de las placas se incrementó de \$38.97 a \$44.80 en el 2007, lo que representó un incremento del \$14.95; el gasto total del INER en placas (IC1) se redujo en 3% durante el mismo periodo debido al uso reducido de placas, alcanzando así un ahorro neto de \$73,870.72 durante el año 2007. Note que por cada estudio realizado en el DI en el 2005, se gastó \$42.74 en placas radiográficas, y para el año 2007 esta cantidad se redujo a \$40.87, lo cual equivale a una reducción del 4.38%. Observe la tendencia decreciente lo cual concuerda con la definición del indicador, debido al menor número de placas radiográficas impresas.



Fig. 3.12. Resultado del indicador IC1 al periodo de 2005 – 2007 para todas las modalidades de imagenología.

a) *Gasto proyectado en placas radiográficas en función del número de estudios realizados.* Un análisis alternativo para estos resultados es hacer una proyección del gasto potencial en placas radiográficas como una función del número total de estudios realizados en el DI. La proyección realizada fue para el año 2007, con este análisis se pretendió encontrar la cantidad de dinero que se habría gastado en el caso de no haberse instalado el PACS; es decir, se identificaron los ahorros potenciales que la instalación del sistema PACS trajo en función del número de estudios realizados en todas las modalidades del DI. Para calcular este gasto proyectado se requieren los resultados del indicador ITEC1 aplicado a los datos de todas las modalidades del DI (sección 3.1.2.1), el CUP de cada placa radiográfica adquirida y el número total de estudios realizados, mostrados en la Tabla 3.60. Su fórmula está dada por la Ec. 3.20 b

$$\text{Gasto Proyectado } f(\text{Estudios})_{\text{PeriodoEvaluado}} = (\text{ITEC1})(\text{CUP})(\text{Total Estudios Realizados}) \quad (3.20b)$$

El análisis dimensional:

$$\text{Proyección Gasto } f(\text{Estudios})_{\text{PeriodoEvaluado}} = \frac{\text{placa}}{\text{estudio}} \times \frac{\text{costo}}{\text{placa}} \times \text{estudio} = \text{costo}$$

Se utilizó el CUP y el número total de estudios realizados en todas las modalidades durante el 2007 (Tabla 3.59), y el valor del indicador ITEC1 aplicado a los datos del año 2006 para todas las modalidades (Tabla 3.60). Se tomó el resultado del año anterior dado que en el 2007 se dejaron de imprimir placas y por tanto, el valor de  $\text{ITEC1}_{2007}$  no refleja la tendencia que hubiera seguido la utilización de las placas, en cambio el valor  $\text{ITEC1}_{2006}$  representa la tendencia mínima de utilización esperada para el año 2007. Por tanto, aplicando la Ec. 3.20b a estos datos (Tabla 3.60), se obtuvo:

$$\text{Gasto Proyectado } f(\text{Estudios})_{2007} = (1.13)(\$44.80)(56145) = \$2,839,881.77$$

Este resultado quiere decir que para el año 2007 en promedio, se hubieran gastado al menos \$2,839,881.77 pesos en placas radiográficas de no haberse instalado el

PACS, cuando en realidad el Instituto invirtió \$2,294,401.25, lo que significa que existió un ahorro potencial de \$545,480.52 (Tabla 3.60), considerando el número de estudios realizados y que no se imprimieron placas durante los últimos 7 meses del año.

Tabla 3.60  
Gasto proyectado en placas radiográficas y ahorro potencial para 2007 en función del número de estudios realizados

	2005	2006	2007
<b>ITEC1</b>	1.10	1.13	1.13*
<b>CUP</b>	\$38.97	\$37.67	\$44.80
<b>Estudios realizados</b>	55413	54866	56145
<b>Gasto Proyectado</b>			\$2,839,881.77
<b>Gasto Real</b>	\$2,368,271.97	\$2,333,281.09	\$2,294,401.25
<b>Ahorro Potencial</b>	\$ 0.0	\$ 0.0	\$545,480.52

\* Se utiliza el valor de ITEC1<sub>2006</sub> para obtener la tendencia de la utilización de placas en el 2007

### 3.4.2.2. Validación IC2

Para ilustrar la aplicación del indicador IC2 (Ec. 3.21), el costo de placas adquiridas y el número de pacientes atendidos para el año 2006 (Tabla 3.59), con lo cual se obtiene el siguiente resultado:

$$IC2_{2006} = \frac{\$2,333,281.09}{47579} = \$49.04 \text{ pesos / paciente atendido}$$

Esto quiere decir que el INER invirtió \$49.04 pesos en placas radiográficas por cada paciente que fue atendido en el DI durante el 2006. Los resultados de la aplicación del indicador IC2 a los datos de todo el periodo de estudio, se muestran en la Fig. 3.13. Observe que el gasto promedio de placas invertido en un paciente en el 2005 fue de \$51.37, y para el 2007 se redujo a \$44.91, lo cual equivale a una reducción del 12.75%. A pesar de que el CUP de la placa se incrementó en 15% en el mismo periodo, es decir aumentó su costo de \$38.97 a \$44.80 en el 2007. Observe que este indicador muestra una tendencia decreciente. Se espera que conforme se utilicen menos placas en el INER este indicador continúe con la misma tendencia.

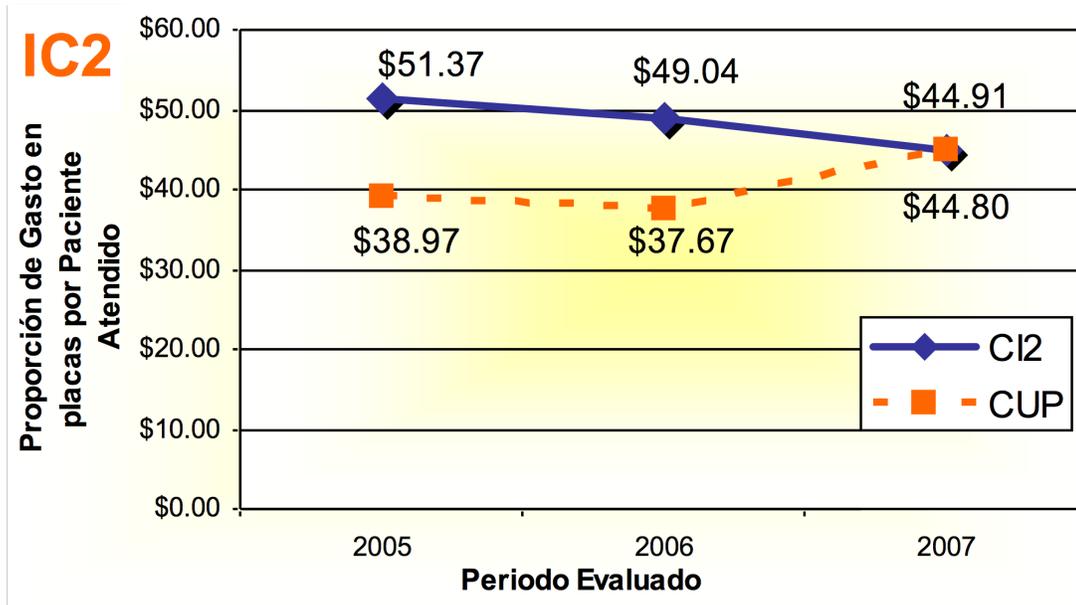


Fig. 3.13 Aplicación del indicador IC2 para todas las modalidades de Imagenología para el periodo 2005 – 2007.

a) *Gasto proyectado en placas radiográficas en función del número de pacientes atendidos.* En este caso, también se hizo una proyección del gasto en placas radiográficas en función del número total de estudios realizados en el DI. La proyección fue realizada para el año 2007, con este análisis se pretendió encontrar la cantidad de dinero que se habría gastado de no haberse instalado el PACS, es decir se identificaron los ahorros potenciales que la instalación del sistema PACS trajo, en función del número de pacientes atendidos en todas las modalidades del DI. Para dicho cálculo se requieren los resultados del indicador ITEC2 (sección 3.1.2.1) aplicado a los datos de todas las modalidades del DI, el CUP de cada placa radiográfica adquirida, y el número total de pacientes atendidos en todas las modalidades (Tabla 3.61). Su cálculo está dado por la Ec. 3.21b.

$$\text{GastoProyectado f(Pacientes)}_{\text{PeriodoEvaluado}} = (\text{ITEC2})(\text{CUP})(\text{TotalPacientesAtendidos}) \quad (3.21 \text{ b})$$

Se utilizó el costo unitario promedio calculado para el 2007, el número total de pacientes atendidos en todas las modalidades durante el 2007 (Tabla 3.59), y el valor del indicador ITEC2 aplicado a los datos del año 2006 para todas las modalidades

(Tabla 3.61), se toma el resultado del año anterior, dado que en el 2007 se dejaron de imprimir placas, y por tanto el valor de ITEC<sub>2007</sub> no refleja la tendencia que hubiera seguido la utilización de las placas, en cambio el valor ITEC<sub>2006</sub> representa la tendencia mínima de utilización esperada para el año 2007. Por tanto, aplicando la Ec. 3.21b a estos datos (Tabla 3.61), se obtuvo:

$$\text{GastoProyectado } f(\text{Pacientes})_{2007} = (1.30)(\$44.80)(51084) = \$2,979,628.08$$

Este resultado quiere decir que para el año 2007 en promedio, se hubieran gastado al menos \$2,979,628.08 pesos en placas radiográficas de no haberse instalado el PACS, cuando en realidad el Instituto invirtió \$2,294,401.25, lo que significa que existió un ahorro potencial de \$685,226.83 (Tabla 3.61), considerando el número de pacientes atendidos en el DI y que no se imprimieron placas durante los últimos 7 meses del año.

Tabla 3.61  
Gasto proyectado en placas radiográficas y ahorro potencial en 2007 considerando el número de pacientes atendidos

<b>Proyección de Gastos f(Pacientes)</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>ITEC2</b>	1.32	1.30	1.30
<b>CUP</b>	\$38.97	\$37.67	\$44.80
<b>Pacientes Atendidos</b>	46100	47579	51084
<b>Gasto Proyectado</b>			\$2,979,628.08
<b>Gasto Real</b>	\$2,368,271.97	\$2,333,281.09	\$2,294,401.25
<b>Ahorro Potencial</b>	\$ 0.0	\$ 0.0	\$685,226.83

\* Se utiliza el valor de ITEC<sub>2006</sub> para obtener la tendencia de la utilización de placas en el 2007

### 3.4.2.3. Validación IC3

Para ilustrar la aplicación del indicador IC3 (Ec. 3.22), se utilizó el costo funcional total y el número de estudios realizados para el año 2006 (Tabla 3.60), con lo cual se obtiene el siguiente resultado:

$$IC3_{2006} = \frac{\$19,304,217.88}{54866} = \$351.84 \text{ pesos / estudio realizado}$$

Este resultado significa que el INER invirtió \$351.84 por cada estudio que se realizó durante el 2006 en el Departamento de Imagenología. Los resultados para todo el periodo bajo estudio, se muestran en la Tabla 3.62. Note que el costo promedio de realización de un estudio en el 2005 antes de la llegada del PACS fue de \$249.81 y para el 2007 una vez que el PACS estaba funcionando, se redujó a \$249.11, lo que representó un ahorro del 0.28%. Esta reducción en el costo promedio de cada estudio puede explicarse principalmente a dos factores: el primero, a la reducción de consumo de placas radiográficas, que aunque su costo unitario aumentó (Fig. 3.12), dejaron de imprimirse a partir de mayo del 2007 los estudios para el área de hospitalización; y al segundo factor, que es el aumento de productividad del personal del DI, que puede notarse en el mayor número de estudios realizados (Tabla 3.59).

Tabla 3.62  
Aplicación del IC3 al periodo del 2005 al 2007

	2005	2006	2007
<b>IC3</b>	\$249.81	\$351.84	\$249.11

#### 3.4.2.4. Validación IC4

Para ilustrar la aplicación del indicador IC4 (Ec. 3.23) se utilizó el costo funcional total y el número de pacientes atendidos para el año 2006 (Tabla 3.59), con lo cual se obtiene el siguiente resultado:

$$IC4_{2006} = \frac{\$19,304,217.88}{47579} = \$405.73 \text{ pesos / paciente atendido}$$

Este resultado significa que el INER invirtió \$405.73 por cada paciente que fue atendido durante el 2006 en el DI. Los resultados para todo el periodo bajo estudio, se muestran en la Tabla 3.63. Note que el costo promedio de atención de un paciente en el 2005 fue de \$300.28 y para el 2007 de \$273.79, lo que representó un ahorro del 9.67%. Esta reducción puede explicarse debido a la reducción del uso de placas radiográficas por paciente, pese a que el costo unitario de las placas aumentó (Fig. 3.13). Además se registró un aumento en la productividad del personal del DI, lo cual

se reflejó en el incremento del número de pacientes atendidos, que tuvo un aumento del 10.81% entre el 2005 y el 2007 (Tabla 3.59). –

Tabla 3.63  
Aplicación del IC4 al periodo del 2005 al 2007

	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>IC4</b>	\$300.28	\$405.73	\$273.79

### 3.4.3. Indicadores de Beneficios

Con base en el estudio de tiempos y movimientos realizado, se diseñaron dos indicadores que estiman los ahorros en tiempo que el sistema PACS y las modalidades digitales brindan en dos ambitos: *disponibilidad de la información*, que se refiere a cuando la imagen o la placa esta lista para ser utilizada por el médico radiólogo y en el *tiempo de estancia promedio* del paciente en el DI. A estos indicadores se les clasificó como indicadores de beneficio [12], ya que uno de los beneficios primarios de la digitalización es la reducción en los tiempos de diferentes procesos involucrados en la realización de un estudio de imagen [29] [20].

#### 3.4.3.1. Indicador IB1

Este indicador estima el tiempo promedio en que la imagen producida por el técnico radiólogo está lista para ser utilizada por el médico radiólogo. Se define como el tiempo en que la imagen está disponible para su interpretación, menos el tiempo en que el TR hace el primer disparo del estudio. Su cálculo está dado por la Ec. 3.24.

$$IB1 = (\text{Tiempo imagen disponible}) - (\text{Tiempo toma estudio}) \quad (3.24)$$

#### 3.4.3.2. Indicador IB2

El indicador IB2 estima el tiempo promedio de estancia del paciente en el DI. Está definido como el tiempo en que la imagen está disponible para su interpretación, menos el tiempo de llegada del paciente. Su cálculo está dado por la Ec. 3.25.

$$IB2 = (\text{Tiempo de entrega de placa al paciente}) - (\text{Tiempo llegada paciente}) \quad (3.25)$$

### 3.4.4. Validación de Indicadores de Beneficio

Para validar los indicadores de beneficio se utilizaron los datos colectados en el estudio de tiempos y movimientos realizado del 31 de enero al 15 de marzo del 2008 (sección 2.2.3.3) y se compararon con los datos de otro estudio de tiempos y movimientos realizado durante el periodo del 7 al 11 de Junio del 2004 por el Departamento de Ingeniería Biomédica del INER antes de la llegada del PACS. Lo que se pretende es evaluar tres periodos la impresión de placas se hacía en húmedo antes de la llegada del PACS; la impresión en seco a partir del 2005, cuando se instaló la RC y posteriormente cuando el PACS fue instalado es decir las imágenes se comenzaron a transmitir de manera digital.

#### 3.4.4.1. Validación IB1

Para la validación del indicador IB1 se colectaron los tiempos de disponibilidad de la imagen de las tres tecnologías mencionadas: el PACS con la entrega de la imagen digital para las modalidades de RX y TC, la radiología computarizada (RC) con impresión en seco y los RX con impresión en húmedo, estos datos se obtuvieron de un estudio de tiempos y movimientos del DI realizado en el 2004. A continuación se presentan primero las validaciones para la modalidad de RX y posteriormente la validación de la modalidad de TC .

a) *Imagen Digital RX IB1<sub>PACS</sub>*. Para el sistema PACS, se colectaron los tiempos de disponibilidad de la imagen y el tiempo de toma de estudio de 67 pacientes de RX (Tabla 3.64), donde  $P_{PACS_i}$ , es el identificador del  $i$ -ésimo paciente,  $T_1$  se define como el tiempo en que el TR hace el 1er disparo para tomar el estudio,  $T_{2PACS}$  es el tiempo en que la imagen está disponible para visualizarse en las estaciones de trabajo del sistema PACS e  $IB1_{PACS}$  es el resultado de la aplicación del indicador. Para ilustrar la aplicación de IB1 (Ec. 3.24) se utilizaron los datos del paciente  $P_{PACS35}$ ,

$$IB1_{PACS\_PPACS35} = (11:33:02) - (11:16:00) = 00:17:02$$

Este resultado significa que la imagen obtenida del  $P_{PACS35}$  tardó 17 minutos con 2 segundos en estar disponible para ser visualizada en la estación de trabajo del MR a

partir de que el TR tomó el estudio en la sala de RX. Al aplicar los datos colectados se obtuvieron los resultados mostrados en la columna IB1<sub>PACS</sub> de la Tabla 3.64. Note que el P<sub>PACS64</sub> obtuvo el valor más alto de IB1<sub>PACS</sub> (0:34:45) y que P<sub>PACS1</sub> obtuvo el valor más pequeño (0:02:00), lo que implica que la disponibilidad de la imagen tuvo una variación de hasta 0:32:45. Al considerar todos los valores de IB1<sub>PACS</sub> obtenidos, se encontró que en promedio una imagen digital está disponible en el sistema PACS para su interpretación en 0:10:24 .

Tabla 3.64  
Resultado de IB1 para una imagen digital en la modalidad de RX

ID Paciente	T1	T2 <sub>PACS</sub>	IB1 <sub>PACS</sub>	ID Paciente	T1	T2 <sub>PACS</sub>	IB1 <sub>PACS</sub>
PPACS1	16:42:00	16:44:00	00:02:00	PPACS35	11:16:00	11:33:02	00:17:02
PPACS2	17:06:00	17:19:00	00:13:00	PPACS36	11:34:58	11:45:12	00:10:14
PPACS3	17:13:00	17:30:00	00:17:00	PPACS37	11:45:28	12:01:54	00:16:26
PPACS4	03:43:18	03:45:20	00:02:02	PPACS38	12:22:12	12:25:10	00:02:58
PPACS5	12:19:38	12:33:26	00:13:48	PPACS39	12:36:12	12:38:41	00:02:29
PPACS6	12:21:00	12:34:36	00:13:36	PPACS40	09:14:52	09:21:10	00:06:18
PPACS7	12:06:49	12:10:01	00:03:12	PPACS41	09:17:17	09:26:54	00:09:37
PPACS8	10:21:55	10:26:43	00:04:48	PPACS42	09:13:00	09:19:24	00:06:24
PPACS9	10:24:34	10:27:23	00:02:49	PPACS43	08:22:40	08:33:40	00:11:00
PPACS10	10:27:23	10:35:00	00:07:37	PPACS44	08:18:08	08:33:24	00:15:16
PPACS11	10:28:54	10:35:13	00:06:19	PPACS45	08:18:24	08:28:17	00:09:53
PPACS12	10:39:19	10:43:18	00:03:59	PPACS46	08:28:56	08:37:45	00:08:49
PPACS13	10:44:07	10:50:29	00:06:22	PPACS47	08:29:59	08:39:05	00:09:06
PPACS14	10:45:12	10:50:39	00:05:27	PPACS48	08:27:35	08:41:25	00:13:50
PPACS15	11:01:40	11:05:13	00:03:33	PPACS49	14:20:53	14:24:16	00:03:23
PPACS16	11:02:54	11:06:08	00:03:14	PPACS50	14:36:40	14:43:05	00:06:25
PPACS17	11:28:06	11:36:58	00:08:52	PPACS51	14:47:31	14:53:10	00:05:39
PPACS18	11:29:30	11:39:02	00:09:32	PPACS52	14:50:30	14:58:10	00:07:40
PPACS19	11:31:16	11:40:09	00:08:53	PPACS53	14:38:39	14:44:35	00:05:56
PPACS20	11:25:34	11:34:44	00:09:10	PPACS54	14:40:54	14:49:00	00:08:06
PPACS21	11:26:18	11:34:53	00:08:35	PPACS55	14:40:54	14:50:40	00:09:46
PPACS22	11:33:32	11:40:24	00:06:52	PPACS56	14:40:54	14:52:24	00:11:30
PPACS23	11:34:57	11:43:00	00:08:03	PPACS57	17:34:20	18:00:40	00:26:20
PPACS24	11:35:55	11:43:10	00:07:15	PPACS58	17:47:32	18:01:33	00:14:01
PPACS25	01:01:24	01:06:13	00:04:49	PPACS59	17:39:12	18:01:01	00:21:49
PPACS26	13:02:19	13:09:39	00:07:20	PPACS60	18:01:44	18:12:47	00:11:03
PPACS27	12:58:24	13:02:27	00:04:03	PPACS61	18:05:28	18:12:57	00:07:29
PPACS28	12:39:00	12:46:52	00:07:52	PPACS62	16:05:16	16:34:18	00:29:02
PPACS29	12:40:47	12:48:37	00:07:50	PPACS63	16:07:39	16:39:39	00:32:00
PPACS30	12:51:44	12:59:27	00:07:43	PPACS64	16:04:24	16:39:09	00:34:45
PPACS31	13:10:23	13:17:28	00:07:05	PPACS65	16:16:57	16:37:04	00:20:07
PPACS32	13:13:08	13:28:33	00:15:25	PPACS66	16:11:52	16:36:49	00:24:57
PPACS33	13:14:53	13:30:43	00:15:50	PPACS67	17:25:44	17:33:49	00:08:05
PPACS34	13:15:56	13:30:53	00:14:57				

b) *Impresión en seco RX IB1<sub>RC</sub>*. Para el caso de la RC, se colectaron los datos de 42 pacientes que se muestran en la Tabla 3.65, donde P<sub>CRj</sub>, es el identificador del *j*-ésimo paciente, T1 se define como el tiempo en que el TR hace el 1er disparo para tomar el estudio, T2<sub>CR</sub> se define como el tiempo en que la placa impresa en seco estuvo disponible para ser interpretada e IB1<sub>CR</sub> es el resultado de la aplicación del

indicador. Para ilustrar la aplicación de  $IB1_{CR}$  (Ec. 3.24) se utilizaron los datos del paciente  $P_{CR22}$ ,

$$IB1_{RC\_CR22} = (08:54:10) - (08:27:35) = 00:26:35$$

Este resultado significa que la placa impresa en seco para el paciente  $P_{CR22}$  tardó 26 minutos con 35 segundos en estar disponible para que el MR pudiera interpretarla, a partir de la toma el estudio. Note que el  $P_{CR37}$  obtuvo el valor más alto de  $IB1_{CR}$  (0:37:46) y que  $P_{CR3}$  obtuvo el valor más pequeño (0:04:00), lo que implica que la disponibilidad de la placa tuvo una variación de hasta 00:33:46. Al considerar todos los valores de  $IB1_{CR}$  obtenidos, se encontró que en promedio una placa impresa en seco estuvo disponible para su interpretación en 0:17:24.

Tabla 3.65  
Resultado de  $IB1$  para impresión en seco

ID Paciente	T1	T2 <sub>CR</sub>	IB1 <sub>CR</sub>	ID Paciente	T1	T2 <sub>CR</sub>	IB1 <sub>CR</sub>
P <sub>CR1</sub>	16:42:00	16:51:00	00:09:00	P <sub>CR22</sub>	08:27:35	08:54:10	00:26:35
P <sub>CR2</sub>	17:06:00	17:18:00	00:12:00	P <sub>CR23</sub>	14:20:53	14:33:00	00:12:07
P <sub>CR3</sub>	17:13:00	17:17:00	00:04:00	P <sub>CR24</sub>	14:36:40	14:49:30	00:12:50
P <sub>CR4</sub>	12:56:43	13:14:43	00:18:00	P <sub>CR25</sub>	14:38:39	14:49:26	00:10:47
P <sub>CR5</sub>	12:16:04	12:43:25	00:27:21	P <sub>CR26</sub>	16:58:51	17:05:03	00:06:12
P <sub>CR6</sub>	11:28:06	11:54:24	00:26:18	P <sub>CR27</sub>	07:19:22	07:30:17	00:10:55
P <sub>CR7</sub>	11:29:30	11:54:24	00:24:54	P <sub>CR28</sub>	17:34:20	17:54:57	00:20:37
P <sub>CR8</sub>	11:31:16	11:54:24	00:23:08	P <sub>CR29</sub>	17:47:32	18:09:38	00:22:06
P <sub>CR9</sub>	13:02:19	13:12:46	00:10:27	P <sub>CR30</sub>	17:39:12	17:55:02	00:15:50
P <sub>CR10</sub>	12:58:24	13:04:34	00:06:10	P <sub>CR31</sub>	18:01:44	18:09:52	00:08:08
P <sub>CR11</sub>	12:39:00	12:46:23	00:07:23	P <sub>CR32</sub>	18:05:28	18:21:00	00:15:32
P <sub>CR12</sub>	12:40:47	13:04:06	00:23:19	P <sub>CR33</sub>	13:48:41	14:16:40	00:27:59
P <sub>CR13</sub>	12:36:12	12:46:35	00:10:23	P <sub>CR34</sub>	13:54:47	14:16:32	00:21:45
P <sub>CR14</sub>	09:14:52	09:29:50	00:14:58	P <sub>CR35</sub>	14:55:16	15:23:52	00:28:36
P <sub>CR15</sub>	09:17:17	09:30:00	00:12:43	P <sub>CR36</sub>	14:51:11	15:16:26	00:25:15
P <sub>CR16</sub>	09:13:00	09:30:00	00:17:00	P <sub>CR37</sub>	14:49:48	15:27:34	00:37:46
P <sub>CR17</sub>	08:22:40	08:37:49	00:15:09	P <sub>CR38</sub>	16:05:16	16:29:19	00:24:03
P <sub>CR18</sub>	08:18:08	08:37:49	00:19:41	P <sub>CR39</sub>	16:07:39	16:20:17	00:12:38
P <sub>CR19</sub>	08:18:24	08:31:50	00:13:26	P <sub>CR40</sub>	16:04:24	16:21:14	00:16:50
P <sub>CR20</sub>	08:28:56	08:54:50	00:25:54	P <sub>CR41</sub>	16:16:57	16:29:07	00:12:10
P <sub>CR21</sub>	08:29:59	08:54:10	00:24:11	P <sub>CR42</sub>	16:11:52	16:28:48	00:16:56

c) *Impresión en Húmedo RX  $IB_{RX}$* . Para la impresión en húmedo se utilizaron los datos de 186 pacientes mostrados en la Tabla 3.66, donde  $P_{RXn}$ , es el identificador del  $n$ -ésimo paciente, T1 se define como el tiempo en que el técnico radiólogo hace el 1er disparo para tomar el estudio, T2<sub>Rx</sub> se define como el tiempo en que la placa impresa en húmedo estuvo disponible para ser interpretada e  $IB1_{RX}$  es el resultado de la aplicación del indicador. Para ilustrar la aplicación de  $IB_{RX}$  (Ec. 3.24), se utilizaron los datos del paciente  $P_{RX1}$ ,

$$IB1_{RX\_PRX1} = (08:48:00) - (08:06:01) = 00:41:59$$

Este resultado significa que la placa impresa en húmedo para el paciente P<sub>RX1</sub> tardó 41 minutos con 59 segundos en estar disponible para que el MR pudiera interpretarla, a partir de la toma del estudio.

En la Tabla 3.66 se puede notar que el P<sub>RX13</sub> obtuvo el valor más alto de IB1<sub>RX</sub> (01:22:20) y que P<sub>RX72</sub> obtuvo el valor más pequeño (00:03:02), lo que implica que la disponibilidad de la placa tuvo una variación de hasta 01:19:18. Al considerar todos los valores de IB1<sub>RX</sub> obtenidos, se encontró que en promedio una placa impresa en húmedo estuvo disponible para su interpretación en 00:18:58.

Para cada uno de estos grupos de datos se obtuvo el promedio del indicador IB1, el valor máximo y el valor mínimo, los resultados se presentan en la Tabla 3.67. Al comparar el tiempo promedio de disponibilidad de la imagen en las estaciones de trabajo del PACS, contra el tiempo en que una placa impresa en seco estuvo disponible, se encontró una reducción aproximada de 7 minutos, lo que representó una disminución del 40.29%. Por otro lado, si se compara el tiempo promedio de disponibilidad de la imagen en las estaciones de trabajo, contra el tiempo en que una placa impresa en húmedo estuvo disponible, se encontró una reducción de 8 minutos con 35 segundos, lo que representó una reducción porcentual del 45.21%. Sin embargo al comparar el tiempo promedio de disponibilidad de una placa impresa en seco contra el tiempo de una placa impresa en húmedo, se encontró una reducción de 1 minuto con 34 segundos, lo que representó una reducción porcentual del 8.23%.

Tabla 3.66  
Resultado de IB1 para impresión en húmedo en la modalidad de RX

ID Paciente	T1	T2 <sub>Rx</sub>	IB1	ID Paciente	T1	T2 <sub>Rx</sub>	IB1
P <sub>RX1</sub>	08:06:01	08:48:00	00:41:59	P <sub>RX84</sub>	08:40:52	08:47:15	00:06:23
P <sub>RX2</sub>	08:11:32	09:02:00	00:50:28	P <sub>RX95</sub>	08:39:55	08:47:15	00:07:20
P <sub>RX3</sub>	08:06:01	09:08:00	01:01:59	P <sub>RX96</sub>	08:42:16	08:47:15	00:04:59
P <sub>RX4</sub>	08:39:03	08:48:00	00:08:57	P <sub>RX97</sub>	08:52:02	08:58:58	00:06:56
P <sub>RX5</sub>	08:31:49	08:48:00	00:16:11	P <sub>RX98</sub>	09:18:30	09:50:48	00:32:18
P <sub>RX6</sub>	08:34:40	09:08:00	00:33:20	P <sub>RX99</sub>	09:33:10	09:50:48	00:17:38
P <sub>RX7</sub>	08:35:04	09:08:00	00:32:56	P <sub>RX100</sub>	09:14:20	09:44:45	00:30:25
P <sub>RX8</sub>	08:37:10	09:08:00	00:30:50	P <sub>RX101</sub>	09:26:50	09:50:48	00:23:58
P <sub>RX9</sub>	08:37:20	09:01:00	00:23:40	P <sub>RX102</sub>	09:25:43	09:44:45	00:19:02
P <sub>RX10</sub>	08:39:03	08:48:00	00:08:57	P <sub>RX103</sub>	09:21:51	09:27:06	00:05:15
P <sub>RX11</sub>	08:50:10	09:02:00	00:11:50	P <sub>RX104</sub>	09:30:45	09:44:45	00:14:00
P <sub>RX12</sub>	08:49:00	09:02:00	00:13:00	P <sub>RX105</sub>	09:28:45	09:44:45	00:16:00
P <sub>RX13</sub>	09:10:40	10:33:00	01:22:20	P <sub>RX106</sub>	09:29:33	09:44:45	00:15:12
P <sub>RX14</sub>	09:05:15	09:10:00	00:04:45	P <sub>RX107</sub>	09:32:37	09:44:45	00:12:08

PRX15	09:14:18	09:33:00	00:18:42	PRX108	09:58:09	10:06:27	00:08:18
PRX16	09:13:10	09:33:00	00:19:50	PRX109	09:55:57	10:06:27	00:10:30
PRX17	09:10:40	09:17:00	00:06:20	PRX110	09:53:17	10:06:27	00:13:10
PRX18	09:17:55	10:00:00	00:42:05	PRX111	10:07:17	10:27:56	00:20:39
PRX19	09:21:29	09:33:00	00:11:31	PRX112	10:17:38	10:34:29	00:16:51
PRX20	09:33:09	09:46:00	00:12:51	PRX113	10:08:00	10:34:29	00:26:29
PRX21	09:34:07	09:47:00	00:12:53	PRX114	07:22:15	07:53:30	00:31:15
PRX22	09:37:05	10:00:00	00:22:55	PRX115	07:41:52	07:50:15	00:08:23
PRX23	09:47:13	10:00:00	00:12:47	PRX116	10:22:32	10:27:43	00:05:11
PRX24	09:51:01	10:06:00	00:14:59	PRX117	08:45:03	09:01:39	00:16:36
PRX25	09:48:40	09:53:00	00:04:20	PRX118	08:49:17	09:01:39	00:12:22
PRX26	09:50:17	10:00:00	00:09:43	PRX119	08:51:31	09:01:39	00:10:08
PRX27	09:58:25	10:30:00	00:31:35	PRX120	09:03:55	09:25:38	00:21:43
PRX28	10:07:03	10:23:00	00:15:57	PRX121	09:06:28	09:25:38	00:19:10
PRX29	10:15:01	10:36:00	00:20:59	PRX122	09:14:21	09:35:56	00:21:35
PRX30	08:14:26	08:37:25	00:22:59	PRX123	09:18:20	09:35:56	00:17:36
PRX31	08:20:02	08:37:25	00:17:23	PRX124	09:20:01	09:35:56	00:15:55
PRX32	08:39:20	08:54:33	00:15:13	PRX125	09:15:21	09:35:56	00:20:35
PRX33	08:30:06	08:54:33	00:24:27	PRX126	09:16:13	09:45:29	00:29:16
PRX34	08:37:12	09:07:52	00:30:40	PRX127	09:32:58	09:58:15	00:25:17
PRX35	08:45:22	09:07:52	00:22:30	PRX128	09:31:41	09:56:17	00:24:36
PRX36	08:49:44	08:55:24	00:05:40	PRX129	09:34:44	09:56:15	00:21:31
PRX37	08:51:15	09:07:52	00:16:37	PRX130	09:29:49	09:56:17	00:26:28
PRX38	08:51:23	09:10:19	00:18:56	PRX131	09:51:21	10:25:54	00:34:33
PRX39	08:52:22	09:10:19	00:17:57	PRX132	09:59:04	10:02:40	00:03:36
PRX40	09:05:57	09:16:35	00:10:38	PRX133	10:04:02	10:25:59	00:21:57
PRX41	09:10:28	09:30:28	00:20:00	PRX134	10:03:20	10:25:59	00:22:39
PRX42	09:20:03	09:30:28	00:10:25	PRX135	10:04:55	10:25:59	00:21:04
PRX43	09:27:02	09:39:54	00:12:52	PRX136	10:09:47	10:28:03	00:18:16
PRX44	10:01:31	10:06:32	00:05:01	PRX137	10:16:06	10:23:59	00:07:53
PRX45	09:43:55	09:53:37	00:09:42	PRX138	08:24:10	08:54:04	00:29:54
PRX46	09:51:39	10:04:02	00:12:23	PRX139	08:20:59	08:48:13	00:27:14
PRX47	09:53:36	10:03:19	00:09:43	PRX140	08:25:20	08:54:04	00:28:44
PRX48	09:52:13	10:04:02	00:11:49	PRX141	08:25:59	08:54:04	00:28:05
PRX49	09:57:22	10:04:02	00:06:40	PRX142	08:22:53	08:48:37	00:25:44
PRX50	10:08:36	10:22:29	00:13:53	PRX143	08:24:50	08:54:04	00:29:14
PRX51	08:38:50	08:55:36	00:16:46	PRX144	08:33:30	08:54:04	00:20:34
PRX52	08:38:50	08:55:36	00:16:46	PRX145	08:32:36	08:54:04	00:21:28
PRX53	08:40:13	08:55:36	00:15:23	PRX146	08:34:26	08:54:04	00:19:38
PRX54	08:48:46	08:56:37	00:07:51	PRX147	08:38:10	08:48:37	00:10:27
PRX55	08:49:58	08:55:36	00:05:38	PRX148	08:59:30	10:14:15	01:14:45
PRX56	08:48:46	08:55:36	00:06:50	PRX149	08:58:57	09:10:53	00:11:56
PRX57	09:02:15	09:25:14	00:22:59	PRX150	09:52:03	10:25:42	00:33:39
PRX58	09:00:34	09:25:14	00:24:40	PRX151	09:52:20	10:07:26	00:15:06
PRX59	09:01:39	09:17:05	00:15:26	PRX152	09:53:07	10:25:42	00:32:35
PRX60	09:02:48	09:17:05	00:14:17	PRX153	09:51:07	10:03:45	00:12:38
PRX61	09:03:28	09:25:14	00:21:46	PRX154	09:54:30	10:03:45	00:09:15
PRX62	09:19:09	09:29:11	00:10:02	PRX155	10:13:06	10:25:42	00:12:36
PRX63	09:21:32	09:32:44	00:11:12	PRX156	10:11:50	10:21:27	00:09:37
PRX64	09:32:07	09:59:30	00:27:23	PRX157	10:14:18	11:13:17	00:58:59
PRX65	09:28:18	09:44:08	00:15:50	PRX158	09:55:37	09:59:17	00:03:40
PRX66	09:38:17	10:03:07	00:24:50	PRX159	10:05:25	10:14:15	00:08:50
PRX67	09:39:46	10:03:07	00:23:21	PRX160	08:23:33	08:48:19	00:24:46
PRX68	09:47:24	09:59:30	00:12:06	PRX161	08:24:43	08:48:19	00:23:36
PRX69	09:48:35	09:59:30	00:10:55	PRX162	08:25:13	08:48:19	00:23:06
PRX70	09:49:42	09:59:30	00:09:48	PRX163	08:27:32	08:51:04	00:23:32
PRX71	09:51:19	10:09:28	00:18:09	PRX164	08:30:21	08:48:19	00:17:58
PRX72	09:56:28	09:59:30	00:03:02	PRX165	08:35:43	08:51:09	00:15:26
PRX73	10:06:57	10:18:42	00:11:45	PRX166	08:26:45	08:51:09	00:24:24
PRX74	10:04:36	10:18:42	00:14:06	PRX167	08:26:45	08:51:09	00:24:24
PRX75	10:13:35	10:29:35	00:16:00	PRX168	08:30:25	08:51:04	00:20:39
PRX76	10:09:47	11:20:15	01:10:28	PRX169	08:36:28	08:51:09	00:14:41
PRX77	10:04:58	10:20:02	00:15:04	PRX170	08:37:19	08:51:09	00:13:50
PRX78	10:27:51	10:54:52	00:27:01	PRX171	08:38:33	08:51:09	00:12:36
PRX79	10:28:44	10:54:32	00:25:48	PRX172	08:38:17	08:51:09	00:12:52
PRX80	10:31:09	10:41:55	00:10:46	PRX173	08:45:11	08:51:09	00:05:58
PRX81	10:23:45	10:54:32	00:30:47	PRX174	08:59:38	09:14:10	00:14:32
PRX82	08:08:17	08:27:16	00:18:59	PRX175	09:07:30	09:41:11	00:33:41
PRX83	08:09:34	08:18:20	00:08:46	PRX176	09:05:40	09:33:38	00:27:58
PRX84	08:10:12	08:27:16	00:17:04	PRX177	09:04:50	09:13:38	00:08:48
PRX85	08:16:36	08:44:23	00:27:47	PRX178	09:03:45	09:14:10	00:10:25
PRX86	08:17:09	08:38:47	00:21:38	PRX179	09:22:18	09:45:47	00:23:29
PRX87	08:17:50	08:34:47	00:16:57	PRX180	09:46:12	09:58:17	00:12:05
PRX88	08:18:58	08:44:23	00:25:25	PRX181	09:21:35	09:43:37	00:22:02
PRX89	08:25:40	08:44:23	00:18:43	PRX182	09:17:10	09:26:51	00:09:41
PRX90	08:23:41	08:38:47	00:15:06	PRX183	09:32:00	09:45:47	00:13:47
PRX91	08:26:48	08:47:53	00:21:05	PRX184	09:54:00	10:01:27	00:07:27
PRX92	08:28:53	08:44:23	00:15:30	PRX185	09:53:12	10:01:27	00:08:15
PRX93	08:32:44	08:44:23	00:11:39	PRX186	09:54:40	10:13:22	00:18:42

Con estos resultados puede concluirse que la tecnología que brindó los mayores beneficios en términos de ahorros en tiempo, fue la disponibilidad de imagen digital mediante el uso del sistema PACS.

Tabla 3.67  
Aplicación de IB1 en la modalidad de RX por tecnología

Tecnología	IB1 Promedio	Tiempo Máximo	Tiempo Mínimo
Digital	0:10:24	0:34:45	0:02:00
Seco	0:17:24	0:37:46	0:04:00
Húmedo	0:18:58	1:22:20	0:03:02

**d) Imagen Digital TC IB1<sub>TC</sub>.** Para la validación del IB1 en la modalidad de TC, se colectaron la hora de comienzo de estudio de TC realizado y la hora de disponibilidad de las imágenes en la estación de trabajo de 58 pacientes, estos datos se muestran en la Tabla 3.68, donde P<sub>TCk</sub> es el identificador del *k*-ésimo paciente, T1 se define como el tiempo en que el TR hace el 1er disparo para tomar el estudio, T2<sub>TC</sub> es el tiempo en que la imagen está disponible para visualizarse en el PACS e IB1<sub>TC</sub> es el resultado del indicador. Para ilustrar la aplicación del IB1 (Ec. 3.24) se utilizaron los datos del paciente P<sub>TC30</sub>,

$$IB1_{TC\_PTC30} = (10:40:26) - (10:14:00) = 00:26:32$$

Este resultado significa que las imágenes obtenidas para el P<sub>TC30</sub> tardaron 26 minutos con 32 segundos en estar disponibles para ser visualizadas en la estación de trabajo del MR a partir de que el TR tomó el estudio. Al aplicar los datos colectados (Tabla 3.68) se obtuvieron los resultados mostrados en la columna IB1<sub>TC</sub>. Note que el P<sub>TC15</sub> obtuvo el valor más alto de IB1<sub>TC</sub> (03:04:55) y que P<sub>TC41</sub> obtuvo el valor más pequeño (00:04:30), lo que implica que la disponibilidad de las imágenes tuvo una variación de hasta 03:00:25. Al considerar todos los valores de IB1<sub>TC</sub> obtenidos, se encontró que en promedio una imagen digital de TC está disponible en el sistema PACS para su interpretación en 00:47:30.

En este caso, no fue posible comparar los resultados obtenidos de IB1<sub>TC</sub> con el tiempo de disponibilidad de una placa impresa en húmedo de la modalidad de TC, debido a que no se tienen tiempos.

Tabla 3.68  
Resultado del IB1 para una imagen digital en la modalidad de TC

ID Paciente	T1	T2 <sub>TC</sub>	IB1 <sub>TC</sub>	ID Paciente	T1	T2 <sub>TC</sub>	IB1 <sub>TC</sub>
P <sub>TC1</sub>	15:17:03	15:33:27	00:16:24	P <sub>TC30</sub>	10:14:00	10:40:26	00:26:32
P <sub>TC2</sub>	15:53:44	16:02:35	00:08:51	P <sub>TC31</sub>	10:16:57	10:35:42	00:18:51
P <sub>TC3</sub>	16:02:44	16:11:54	00:09:10	P <sub>TC32</sub>	18:20:23	18:34:10	00:13:52
P <sub>TC4</sub>	14:05:42	14:19:41	00:13:59	P <sub>TC33</sub>	10:08:55	10:14:32	00:05:37
P <sub>TC5</sub>	14:18:21	14:33:10	00:14:49	P <sub>TC34</sub>	9:34:36	10:02:51	00:27:24
P <sub>TC6</sub>	11:56:33	12:06:53	00:10:20	P <sub>TC35</sub>	9:11:47	9:39:58	00:28:11
P <sub>TC7</sub>	11:36:07	11:45:39	00:09:32	P <sub>TC36</sub>	9:27:02	09:43:00	00:15:58
P <sub>TC8</sub>	10:08:13	10:18:08	00:09:55	P <sub>TC37</sub>	9:27:15	10:27:38	01:00:23
P <sub>TC9</sub>	3:34:51	5:32:20	01:57:29	P <sub>TC38</sub>	9:43:26	9:54:53	00:11:27
P <sub>TC10</sub>	16:13:44	17:37:24	01:23:40	P <sub>TC39</sub>	9:50:53	9:56:11	00:05:18
P <sub>TC11</sub>	16:33:46	17:38:35	01:04:49	P <sub>TC40</sub>	10:24:08	10:29:29	00:05:21
P <sub>TC12</sub>	16:53:44	17:39:37	00:45:53	P <sub>TC41</sub>	10:06:46	10:11:16	00:04:30
P <sub>TC13</sub>	17:07:52	17:40:42	00:32:50	P <sub>TC42</sub>	11:41:17	11:51:28	00:10:11
P <sub>TC14</sub>	2:45:00	5:44:08	02:59:08	P <sub>TC43</sub>	10:11:37	10:46:33	00:34:56
P <sub>TC15</sub>	2:40:12	5:45:34	03:04:55	P <sub>TC44</sub>	12:59:47	13:51:28	00:51:41
P <sub>TC16</sub>	3:48:26	5:36:39	01:47:46	P <sub>TC45</sub>	12:12:10	12:56:58	00:44:48
P <sub>TC17</sub>	3:07:24	5:41:57	02:34:33	P <sub>TC46</sub>	9:22:33	10:42:57	01:20:24
P <sub>TC18</sub>	3:16:52	5:25:04	02:08:12	P <sub>TC47</sub>	10:23:31	10:48:02	00:24:31
P <sub>TC19</sub>	15:52:09	18:21:42	02:29:39	P <sub>TC48</sub>	9:33:00	10:44:02	01:11:02
P <sub>TC20</sub>	16:07:07	18:19:52	02:12:51	P <sub>TC49</sub>	09:49:59	10:45:54	00:55:55
P <sub>TC21</sub>	17:11:27	18:24:43	01:13:16	P <sub>TC50</sub>	10:34:05	10:48:39	00:14:34
P <sub>TC22</sub>	18:23:05	18:49:39	00:26:34	P <sub>TC51</sub>	10:46:58	10:52:54	00:05:56
P <sub>TC23</sub>	15:06:41	15:34:11	00:27:30	P <sub>TC52</sub>	11:59:07	12:10:55	00:11:48
P <sub>TC24</sub>	15:01:56	15:46:56	00:45:00	P <sub>TC53</sub>	10:57:15	12:10:06	01:12:51
P <sub>TC25</sub>	10:50:09	11:02:47	00:12:44	P <sub>TC54</sub>	4:37:56	5:57:00	01:19:04
P <sub>TC26</sub>	10:30:35	11:00:27	00:29:58	P <sub>TC55</sub>	5:09:32	5:47:00	00:37:28
P <sub>TC27</sub>	9:30:48	10:31:33	01:00:45	P <sub>TC56</sub>	17:34:36	18:53:00	01:18:24
P <sub>TC28</sub>	9:42:06	10:32:23	00:50:17	P <sub>TC57</sub>	18:29:36	18:44:00	00:14:24
P <sub>TC29</sub>	10:05:57	10:34:43	00:28:46	P <sub>TC58</sub>	19:13:47	19:28:00	00:14:13

## 2. Validación IB2

Para la validación del indicador IB2 se colectó el tiempo de llegada de paciente al DI y el tiempo de entrega de placa de tres tecnologías: la RC con impresión en seco, los RX con impresión en húmedo y la TC con impresión en seco.

a) *Impresión en seco de RX IB2.* Para el caso de la RC, se colectaron los datos de 47 pacientes de RX (Tabla 3.69), donde P<sub>RCj</sub>, es el identificador del j-ésimo paciente muestreado, T<sub>a</sub> se define como el tiempo en que el paciente llega a la recepción del DI, T<sub>b<sub>RC</sub></sub> se define como el tiempo en que se le entrega la placa al paciente y por tanto puede abandonar las instalaciones del DI, e IB2<sub>RC</sub> es el resultado del indicador.

Para ilustrar la aplicación de  $IB2_{RC}$  (Ec. 3.25) se utilizaron los datos del paciente  $P_{RC6}$ ,

$$IB1_{RC\_PRC6} = (13:14:43) - (12:35:58) = 00:38:45$$

Este resultado significa que el paciente  $P_{RC6}$  estuvo 38 minutos con 45 segundos en el DI, considerando desde su llegada a la recepción hasta el momento en que abandonó el DI una vez que las placas fueron entregadas al paciente. Note que el  $P_{CR7}$  obtuvo el valor más alto de  $IB2_{CR}$  (01:01:18) y que  $P_{CR32}$  obtuvo el valor más pequeño (00:11:33), lo que implica que la disponibilidad de la placa tuvo una variación de hasta 00:49:15. Al considerar todos los valores de  $IB2_{CR}$  obtenidos, se encontró que un paciente tiene una estancia promedio en el DI de 00:38:50.

Tabla 3.69  
Resultado del  $IB2$  para la impresión en seco en la modalidad de RX

ID Paciente	Ta	Tb <sub>CR</sub>	IB2 <sub>PACS</sub>	ID	Ta	Tb <sub>CR</sub>	IB2 <sub>PACS</sub>
PRC1	16:34:00	16:51:00	00:17:00	PRC25	07:58:52	08:54:50	00:55:58
PRC2	16:53:00	17:18:00	00:25:00	PRC26	07:55:54	08:54:10	00:58:16
PRC3	16:56:00	17:17:00	00:21:00	PRC27	08:01:23	08:54:12	00:52:49
PRC4	17:01:00	17:17:00	00:16:00	PRC28	08:02:25	08:54:10	00:51:45
PRC5	03:08:00	03:34:20	00:26:20	PRC29	14:14:01	14:33:00	00:18:59
PRC6	12:35:58	13:14:43	00:38:45	PRC30	14:25:17	14:49:30	00:24:13
PRC7	11:42:07	12:43:25	01:01:18	PRC31	14:26:48	14:49:26	00:22:38
PRC8	11:16:33	11:54:24	00:37:51	PRC32	16:53:30	17:05:03	00:11:33
PRC9	11:16:33	11:54:24	00:37:51	PRC33	07:11:00	07:30:17	00:19:17
PRC10	11:16:33	11:54:24	00:37:51	PRC34	17:19:05	17:54:57	00:35:52
PRC11	12:48:50	13:12:46	00:23:56	PRC35	17:20:32	18:09:38	00:49:06
PRC12	12:52:13	13:04:34	00:12:21	PRC36	17:27:38	17:55:02	00:27:24
PRC13	12:30:15	12:46:23	00:16:08	PRC37	17:51:51	18:09:52	00:18:01
PRC14	12:31:58	13:04:06	00:32:08	PRC38	17:55:37	18:21:00	00:25:23
PRC15	11:52:07	12:28:59	00:36:52	PRC39	13:39:52	14:16:40	00:36:48
PRC16	11:57:39	12:28:33	00:30:54	PRC40	13:42:01	14:16:32	00:34:31
PRC17	12:25:48	12:46:35	00:20:47	PRC41	14:26:27	15:23:52	00:57:25
PRC18	08:51:48	09:29:50	00:38:02	PRC42	14:28:15	15:16:26	00:48:11
PRC19	08:53:57	09:30:00	00:36:03	PRC43	14:28:53	15:27:34	00:58:41
PRC20	08:54:18	09:30:00	00:35:42	PRC44	15:44:54	16:29:19	00:44:25
PRC21	07:54:59	08:37:49	00:42:50	PRC45	15:46:38	16:20:17	00:33:39
PRC22	07:44:47	08:37:49	00:53:02	PRC46	15:47:43	16:21:14	00:33:31
PRC23	07:45:57	08:31:50	00:45:53	PRC47	15:55:18	16:29:07	00:33:49
PRC24	07:52:58	08:54:10	01:01:12				

**b) Impresión en húmedo en la modalidad de RX  $IB2_{RX}$ .** Para el caso de la impresión en húmedo, se colectaron los datos de 205 pacientes de RX (Tabla 3.70), donde

$P_{RXn}$ , es el identificador del  $n$ -ésimo paciente muestreado,  $T_a$  se define como el tiempo en que el paciente llega a la recepción del DI,  $T_{bRX}$  se define como el tiempo en que el paciente puede abandonar las instalaciones del DI debido a que su estudio está listo e  $IB2_{RX}$  es el resultado de la aplicación del indicador. Para ilustrar la aplicación de IB2 (Ec. 3.25) se utilizaron los datos del paciente  $P_{RX139}$ ,

$$IB1_{RC\_PRX139} = (10:25:54) - (09:40) = 00:45:54$$

Este resultado significa que el paciente  $P_{RX139}$  estuvo 45 minutos con 54 segundos en el DI, considerando desde su llegada a la recepción hasta el momento en que abandonó el DI una vez que la placas fueron entregadas al paciente. Note que el  $P_{RX123}$  obtuvo el valor más alto de  $IB2_{RX}$  (02:37:43) y que  $P_{RX170}$  obtuvo el valor más pequeño (00:08:18), lo que implica que la disponibilidad de la placa tuvo una variación de hasta 02:29:25. Al considerar todos los valores de  $IB2_{RX}$  obtenidos, se encontró que en promedio una placa impresa en húmedo estuvo disponible en 00:37:34.

Agrupando el promedio y los valores máximo y mínimo obtenidos de la aplicación de IB2 (Tabla 3.71), note que al comparar el tiempo promedio de estancia en el DI de un paciente con impresión en seco contra el tiempo promedio de estancia en el DI de un paciente cuando se imprimía aún en húmedo, se encontró una reducción de 2 minutos con 15 segundos lo que represento una reducción porcentual del 6.00%.

Tabla 3.71  
Promedio de los resultados del indicador IB2 por tecnología

Tecnología	IB2 Promedio	Tiempo Máximo	Tiempo mínimo
Seco	0:35:19	1:01:18	0:11:33
Húmedo	00:37:34	02:37:43	00:08:18

Tabla 3.70  
Resultado de IB2 para la impresión en húmedo en la modalidad de RX

ID Paciente	Ta	Tb <sub>RX</sub>	IB2 <sub>RX</sub>	ID Paciente	Ta	Tb <sub>RX</sub>	IB2 <sub>RX</sub>	ID Paciente	Ta	Tb <sub>RX</sub>	IB2 <sub>RX</sub>
P <sub>RX1</sub>	07:58:11	08:48:00	00:49:49	P <sub>RX70</sub>	09:20	09:59:30	00:39:30	P <sub>RX139</sub>	09:40	10:25:54	00:45:54
P <sub>RX2</sub>	08:06:12	09:02:00	00:55:48	P <sub>RX71</sub>	09:21	09:44:08	00:23:08	P <sub>RX140</sub>	09:45	10:02:40	00:17:40
P <sub>RX3</sub>	08:08:00	09:08:00	01:00:00	P <sub>RX72</sub>	09:24	10:03:07	00:39:07	P <sub>RX141</sub>	09:51	10:25:59	00:34:59
P <sub>RX4</sub>	08:17:00	08:48:00	00:31:00	P <sub>RX73</sub>	09:25	10:03:07	00:38:07	P <sub>RX142</sub>	09:51	10:25:59	00:34:59
P <sub>RX5</sub>	08:23:00	08:48:00	00:25:00	P <sub>RX74</sub>	09:30	09:59:30	00:29:30	P <sub>RX143</sub>	09:55	10:25:59	00:30:59
P <sub>RX6</sub>	08:27:00	09:08:00	00:41:00	P <sub>RX75</sub>	09:31	09:59:30	00:28:30	P <sub>RX144</sub>	09:58	10:28:03	00:30:03
P <sub>RX7</sub>	08:27:00	09:08:00	00:41:00	P <sub>RX76</sub>	09:33	09:59:30	00:26:30	P <sub>RX145</sub>	10:01	10:23:59	00:22:59
P <sub>RX8</sub>	08:27:00	09:08:00	00:41:00	P <sub>RX77</sub>	09:36	10:09:28	00:33:28	P <sub>RX146</sub>	07:39	08:54:04	01:14:50
P <sub>RX9</sub>	08:29:00	09:01:00	00:32:00	P <sub>RX78</sub>	09:38	09:59:30	00:21:30	P <sub>RX147</sub>	07:39	08:48:13	01:08:14
P <sub>RX10</sub>	08:30:00	08:48:00	00:18:00	P <sub>RX79</sub>	09:41	10:18:42	00:37:42	P <sub>RX148</sub>	07:40	08:54:04	01:13:32
P <sub>RX11</sub>	08:44:00	09:02:00	00:18:00	P <sub>RX80</sub>	09:43	10:18:42	00:35:42	P <sub>RX149</sub>	07:45	08:54:04	01:08:36
P <sub>RX12</sub>	08:45:00	09:02:00	00:17:00	P <sub>RX81</sub>	09:44	10:40:37	00:56:37	P <sub>RX150</sub>	07:49	08:48:37	00:59:00
P <sub>RX13</sub>	08:59:00	10:33:00	01:34:00	P <sub>RX82</sub>	09:47	10:29:35	00:42:35	P <sub>RX151</sub>	08:07	08:54:04	00:46:54
P <sub>RX14</sub>	09:00:00	09:10:00	00:10:00	P <sub>RX83</sub>	09:48	11:20:15	01:32:15	P <sub>RX152</sub>	08:20	08:54:04	00:33:50
P <sub>RX15</sub>	09:05:00	09:33:00	00:28:00	P <sub>RX84</sub>	09:51	10:20:02	00:29:02	P <sub>RX153</sub>	08:20	09:16:43	00:56:43
P <sub>RX16</sub>	09:05:00	09:33:00	00:28:00	P <sub>RX85</sub>	09:58	10:54:52	00:56:52	P <sub>RX154</sub>	08:21	08:54:04	00:33:04
P <sub>RX17</sub>	09:07:00	09:17:00	00:10:00	P <sub>RX86</sub>	10:03	10:54:32	00:51:32	P <sub>RX155</sub>	08:26	08:54:04	00:27:26
P <sub>RX18</sub>	09:08:00	10:00:00	00:52:00	P <sub>RX87</sub>	10:03	10:41:55	00:38:55	P <sub>RX156</sub>	08:27	08:48:37	00:20:42
P <sub>RX19</sub>	09:15:00	09:33:00	00:18:00	P <sub>RX88</sub>	10:07	10:54:32	00:47:32	P <sub>RX157</sub>	08:29	08:56:02	00:26:51
P <sub>RX20</sub>	09:20:00	09:46:00	00:26:00	P <sub>RX89</sub>	07:38	08:27:16	00:49:16	P <sub>RX158</sub>	08:35	08:54:04	00:18:44
P <sub>RX21</sub>	09:23:00	09:47:00	00:24:00	P <sub>RX90</sub>	07:38	08:18:20	00:40:20	P <sub>RX159</sub>	08:45	10:14:15	01:28:51
P <sub>RX22</sub>	09:32:00	10:00:00	00:28:00	P <sub>RX91</sub>	07:39	08:27:16	00:48:16	P <sub>RX160</sub>	08:46	09:10:53	00:24:17
P <sub>RX23</sub>	09:37:00	10:00:00	00:23:00	P <sub>RX92</sub>	07:39	08:44:23	01:05:23	P <sub>RX161</sub>	09:30	10:25:42	00:54:48
P <sub>RX24</sub>	09:38:00	10:06:00	00:28:00	P <sub>RX93</sub>	07:50	08:38:47	00:48:47	P <sub>RX162</sub>	09:31	10:07:26	00:36:24
P <sub>RX25</sub>	09:41:00	09:53:00	00:12:00	P <sub>RX94</sub>	07:52	08:34:47	00:42:47	P <sub>RX163</sub>	09:31	10:25:42	00:54:12
P <sub>RX26</sub>	09:43:00	10:00:00	00:17:00	P <sub>RX95</sub>	07:58	08:44:23	00:46:16	P <sub>RX164</sub>	09:33	10:03:45	00:30:17
P <sub>RX27</sub>	09:48:00	10:30:00	00:42:00	P <sub>RX96</sub>	08:00	08:44:23	00:44:23	P <sub>RX165</sub>	09:37	10:03:45	00:26:05
P <sub>RX28</sub>	09:50:00	10:23:00	00:33:00	P <sub>RX97</sub>	08:00	08:38:47	00:38:47	P <sub>RX166</sub>	09:39	10:03:45	00:24:21
P <sub>RX29</sub>	10:03:00	10:36:00	00:33:00	P <sub>RX98</sub>	08:03	08:47:53	00:44:53	P <sub>RX167</sub>	09:41	10:25:42	00:44:10
P <sub>RX30</sub>	07:59	08:37:25	00:38:25	P <sub>RX99</sub>	08:07	08:44:23	00:37:23	P <sub>RX168</sub>	09:44	10:21:27	00:36:39
P <sub>RX31</sub>	07:59	08:37:25	00:38:25	P <sub>RX100</sub>	08:10	08:44:23	00:34:23	P <sub>RX169</sub>	09:48	11:13:17	01:25:05
P <sub>RX32</sub>	08:00	08:37:25	00:37:25	P <sub>RX101</sub>	08:12	08:47:15	00:35:15	P <sub>RX170</sub>	09:50	09:59:17	00:08:18
P <sub>RX33</sub>	08:15	08:54:33	00:39:33	P <sub>RX102</sub>	08:21	08:47:15	00:26:15	P <sub>RX171</sub>	10:02	10:14:15	00:12:06
P <sub>RX34</sub>	08:19	08:54:33	00:35:33	P <sub>RX103</sub>	08:22	08:47:15	00:25:15	P <sub>RX172</sub>	07:20:15	08:48:19	01:28:04
P <sub>RX35</sub>	08:25	09:07:52	00:42:52	P <sub>RX104</sub>	08:32	09:06:13	00:34:13	P <sub>RX173</sub>	07:20:25	08:48:19	01:27:54
P <sub>RX36</sub>	08:39	09:07:52	00:28:52	P <sub>RX105</sub>	08:53	09:50:48	00:57:48	P <sub>RX174</sub>	07:48:10	08:48:19	01:00:09
P <sub>RX37</sub>	08:42	08:55:24	00:13:24	P <sub>RX106</sub>	08:59	09:50:48	00:51:48	P <sub>RX175</sub>	07:58:10	08:51:04	00:52:54
P <sub>RX38</sub>	08:43	09:07:52	00:24:52	P <sub>RX107</sub>	08:58	09:44:45	00:46:45	P <sub>RX176</sub>	07:59:23	08:48:19	00:48:56
P <sub>RX39</sub>	08:44	09:10:19	00:26:19	P <sub>RX108</sub>	09:02	09:50:48	00:48:48	P <sub>RX177</sub>	08:01:50	08:51:09	00:49:19
P <sub>RX40</sub>	08:46	09:10:19	00:24:19	P <sub>RX109</sub>	09:04	09:44:45	00:40:45	P <sub>RX178</sub>	08:03:57	08:51:09	00:47:12
P <sub>RX41</sub>	08:51	09:16:35	00:25:35	P <sub>RX110</sub>	09:07	09:27:06	00:20:06	P <sub>RX179</sub>	08:04:36	08:51:09	00:46:33
P <sub>RX42</sub>	09:03	09:30:28	00:27:28	P <sub>RX111</sub>	09:08	09:44:45	00:36:45	P <sub>RX180</sub>	08:05:20	08:51:04	00:45:44
P <sub>RX43</sub>	09:08	09:30:28	00:22:28	P <sub>RX112</sub>	09:11	09:44:45	00:33:45	P <sub>RX181</sub>	08:17:54	08:51:09	00:33:15
P <sub>RX44</sub>	09:22	09:39:54	00:17:54	P <sub>RX113</sub>	09:12	09:44:45	00:32:45	P <sub>RX182</sub>	08:18:13	08:51:09	00:32:56
P <sub>RX45</sub>	09:27	09:56:55	00:29:55	P <sub>RX114</sub>	09:17	09:44:45	00:27:45	P <sub>RX183</sub>	08:21:05	08:51:09	00:30:04
P <sub>RX46</sub>	09:28	10:06:32	00:38:32	P <sub>RX115</sub>	09:22	10:06:27	00:44:27	P <sub>RX184</sub>	08:27:10	08:51:09	00:23:59
P <sub>RX47</sub>	09:39	09:53:37	00:14:37	P <sub>RX116</sub>	09:31	10:06:27	00:35:27	P <sub>RX185</sub>	08:30:50	08:51:09	00:20:19
P <sub>RX48</sub>	09:43	10:04:02	00:21:02	P <sub>RX117</sub>	09:34	10:06:27	00:32:27	P <sub>RX186</sub>	08:44:30	09:14:10	00:29:40
P <sub>RX49</sub>	09:45	10:03:19	00:18:19	P <sub>RX118</sub>	09:54	10:27:56	00:33:56	P <sub>RX187</sub>	08:53:15	09:41:11	00:47:56
P <sub>RX50</sub>	09:45	10:04:02	00:19:02	P <sub>RX119</sub>	09:56	10:34:29	00:38:29	P <sub>RX188</sub>	08:54:10	09:33:38	00:39:28
P <sub>RX51</sub>	09:52	10:04:02	00:12:02	P <sub>RX120</sub>	10:03	10:34:29	00:31:29	P <sub>RX189</sub>	08:55:30	09:13:38	00:18:08
P <sub>RX52</sub>	10:05	10:22:29	00:17:29	P <sub>RX121</sub>	07:10	07:53:30	00:43:30	P <sub>RX190</sub>	08:56:10	09:14:10	00:18:00
P <sub>RX53</sub>	08:16	08:55:36	00:39:36	P <sub>RX122</sub>	07:34	07:50:15	00:16:15	P <sub>RX191</sub>	08:58:10	09:45:47	00:47:37
P <sub>RX54</sub>	08:20	08:55:36	00:35:36	P <sub>RX123</sub>	07:50	10:27:43	02:37:43	P <sub>RX192</sub>	09:00:01	09:58:17	00:58:16
P <sub>RX55</sub>	08:21	08:55:36	00:34:36	P <sub>RX124</sub>	08:38	09:01:39	00:23:39	P <sub>RX193</sub>	09:00:03	10:48:50	01:48:47
P <sub>RX56</sub>	08:22	08:55:36	00:33:36	P <sub>RX125</sub>	08:43	09:01:39	00:18:39	P <sub>RX194</sub>	09:01:00	09:45:37	00:44:37
P <sub>RX57</sub>	08:22	08:55:36	00:33:36	P <sub>RX126</sub>	08:48	09:01:39	00:13:39	P <sub>RX195</sub>	09:01:15	09:43:37	00:42:22
P <sub>RX58</sub>	08:25	08:55:36	00:30:36	P <sub>RX127</sub>	08:50	09:25:38	00:34:38	P <sub>RX196</sub>	09:05:03	09:26:51	00:21:48
P <sub>RX59</sub>	08:32	08:56:37	00:24:37	P <sub>RX128</sub>	08:56	09:25:38	00:29:38	P <sub>RX197</sub>	09:09:20	09:58:17	00:48:57
P <sub>RX60</sub>	08:33	08:55:36	00:22:36	P <sub>RX129</sub>	09:01	09:35:56	00:34:56	P <sub>RX198</sub>	09:15:20	09:45:47	00:30:27
P <sub>RX61</sub>	08:36	08:55:36	00:19:36	P <sub>RX130</sub>	09:01	09:35:56	00:34:56	P <sub>RX199</sub>	09:22:10	10:21:29	00:59:19
P <sub>RX62</sub>	08:45	09:25:14	00:40:14	P <sub>RX131</sub>	09:01	09:35:56	00:34:56	P <sub>RX200</sub>	09:30:05	10:01:27	00:31:22
P <sub>RX63</sub>	08:46	09:25:14	00:39:14	P <sub>RX132</sub>	09:04	09:35:56	00:31:56	P <sub>RX201</sub>	09:32:10	10:01:27	00:29:17
P <sub>RX64</sub>	08:47	09:17:05	00:30:05	P <sub>RX133</sub>	09:06	09:45:29	00:39:29	P <sub>RX202</sub>	09:45:20	10:13:22	00:28:02
P <sub>RX65</sub>	08:47	09:17:05	00:30:05	P <sub>RX134</sub>	09:09	09:58:15	00:49:15	P <sub>RX203</sub>	09:54:28	10:21:29	00:27:01
P <sub>RX66</sub>	08:51	09:25:14	00:34:14	P <sub>RX135</sub>	09:12	10:49:56	01:37:56	P <sub>RX204</sub>	09:55:10	10:31:18	00:36:08
P <sub>RX67</sub>	08:54	09:25:14	00:31:14	P <sub>RX136</sub>	09:12	09:56:17	00:44:17	P <sub>RX205</sub>	10:14:30	10:45:10	00:30:40
P <sub>RX68</sub>	09:12	09:29:11	00:17:11	P <sub>RX137</sub>	09:18	09:56:15	00:38:15				
P <sub>RX69</sub>	09:14	09:32:44	00:18:44	P <sub>RX138</sub>	09:23	09:56:17	00:33:17				

c) *Impresión en seco de la modalidad de TC IB2* .Para el caso de la TC, se colectaron los datos de 67 pacientes (Tabla 3.72), donde  $P_{TCk}$ , es el identificador del  $k$ -ésimo paciente muestreado,  $T_a$  se define como el tiempo en que el paciente llega a la recepción del DI,  $T_{bTC}$  se define como el tiempo en que se le entrega la placa al paciente y por tanto puede abandonar las instalaciones del DI, e  $IB2_{TC}$  es el resultado del indicador. Para ilustrar la aplicación de  $IB2_{TC}$  (Ec. 3.25) se utilizaron los datos del paciente  $P_{TC1}$ ,

$$IB1_{RC\_PTC1} = (15:19:15) - (14:47:00) = 00:32:15$$

Este resultado significa que el paciente  $P_{TC1}$  estuvo 32 minutos con 15 segundos en el DI, considerando desde su llegada a la recepción hasta el momento en que abandonó el DI una vez que sus placas fueron entregadas. Note que el  $P_{TC35}$  obtuvo el valor más alto de  $IB2_{TR}$  (02:11:03) y que  $P_{TC3}$  obtuvo el valor más pequeño (00:07:02), lo que implica que la disponibilidad de la placa tuvo una variación de hasta 02:04:01. Al considerar todos los valores de  $IB2_{TR}$  obtenidos, se encontró que un paciente de TC tiene una estancia promedio en el DI de 00:47:29.

En este caso no fue posible realizar un análisis comparativo, debido a que no se tienen datos para analizar la disponibilidad de una placa de TC impresa en húmedo.

**Tabla 3.72**  
**Aplicación del IB2 para la impresión en seco en la modalidad de TC**

<b>ID Paciente</b>	<b>Ta</b>	<b>Tb<sub>TC</sub></b>	<b>IB2<sub>TC</sub></b>	<b>ID Paciente</b>	<b>Ta</b>	<b>Tb<sub>TC</sub></b>	<b>IB2<sub>TC</sub></b>
P <sub>TC1</sub>	14:47:00	15:19:15	00:32:15	P <sub>TC35</sub>	7:30:00	9:41:03	02:11:03
P <sub>TC2</sub>	15:49:00	16:05:00	00:16:00	P <sub>TC36</sub>	8:07:02	9:20:10	01:13:08
P <sub>TC3</sub>	14:11:00	14:18:02	00:07:02	P <sub>TC37</sub>	9:21:00	9:30:31	00:09:31
P <sub>TC4</sub>	14:12:00	14:31:36	00:19:36	P <sub>TC38</sub>	8:46:25	9:45:00	00:58:35
P <sub>TC5</sub>	11:55:00	12:04:16	00:09:16	P <sub>TC39</sub>	9:43:19	9:56:31	00:13:12
P <sub>TC6</sub>	3:14:42	3:42:24	00:27:42	P <sub>TC40</sub>	10:20:52	10:28:05	00:07:13
P <sub>TC7</sub>	3:45:58	4:31:17	00:45:19	P <sub>TC41</sub>	9:59:14	10:46:58	00:47:44
P <sub>TC8</sub>	16:01:00	16:21:16	00:20:16	P <sub>TC42</sub>	10:27:13	11:27:43	01:00:30
P <sub>TC9</sub>	16:30:58	16:44:43	00:13:45	P <sub>TC43</sub>	11:24:30	12:53:43	01:29:13
P <sub>TC10</sub>	16:37:48	17:43:08	01:05:20	P <sub>TC44</sub>	7:35:00	7:51:34	00:16:34
P <sub>TC11</sub>	16:48:36	17:01:30	00:12:54	P <sub>TC45</sub>	7:43:00	8:12:56	00:29:56
P <sub>TC12</sub>	1:57:33	2:45:15	00:47:42	P <sub>TC46</sub>	8:47:09	9:01:03	00:13:54
P <sub>TC13</sub>	1:56:00	2:53:21	00:57:21	P <sub>TC47</sub>	9:01:34	9:31:06	00:29:32
P <sub>TC14</sub>	2:40:15	4:00:00	01:19:45	P <sub>TC48</sub>	9:07:02	9:43:41	00:36:39
P <sub>TC15</sub>	2:40:18	3:16:30	00:36:12	P <sub>TC49</sub>	9:22:12	10:09:07	00:46:55
P <sub>TC16</sub>	2:54:39	3:30:43	00:36:04	P <sub>TC50</sub>	9:45:41	10:41:16	00:55:35
P <sub>TC17</sub>	15:44:54	16:04:52	00:19:58	P <sub>TC51</sub>	9:36:09	10:51:13	01:15:04
P <sub>TC18</sub>	15:52:53	16:17:14	00:24:21	P <sub>TC52</sub>	9:57:00	12:07:21	02:10:21
P <sub>TC19</sub>	15:50:53	17:03:00	01:12:07	P <sub>TC53</sub>	10:06:00	11:55:55	01:49:55
P <sub>TC20</sub>	16:29:00	17:22:18	00:53:18	P <sub>TC54</sub>	11:54:06	12:28:50	00:34:44
P <sub>TC21</sub>	18:23:05	18:45:01	00:21:56	P <sub>TC55</sub>	2:57:00	3:58:00	01:01:00
P <sub>TC22</sub>	13:53:00	15:13:30	01:20:30	P <sub>TC56</sub>	14:06:00	15:35:56	01:29:56
P <sub>TC23</sub>	14:18:12	15:09:45	00:51:33	P <sub>TC57</sub>	3:41:30	4:02:56	00:21:26
P <sub>TC24</sub>	10:16:00	10:58:20	00:42:20	P <sub>TC58</sub>	3:44:00	5:19:15	01:35:15
P <sub>TC25</sub>	10:20:36	10:38:47	00:18:11	P <sub>TC59</sub>	16:01:00	16:58:30	00:57:30
P <sub>TC26</sub>	8:23:57	9:31:56	01:07:59	P <sub>TC60</sub>	3:15:03	4:43:43	01:28:40
P <sub>TC27</sub>	8:50:57	9:45:54	00:54:57	P <sub>TC61</sub>	3:38:57	3:58:23	00:19:26
P <sub>TC28</sub>	9:15:57	10:06:06	00:50:09	P <sub>TC62</sub>	4:05:50	5:05:00	00:59:10
P <sub>TC29</sub>	10:04:14	10:47:38	00:43:24	P <sub>TC63</sub>	4:26:59	5:25:50	00:58:51
P <sub>TC30</sub>	10:06:03	10:26:05	00:20:02	P <sub>TC64</sub>	16:34:00	17:40:00	01:06:00
P <sub>TC31</sub>	18:12:48	18:34:13	00:21:25	P <sub>TC65</sub>	17:40:00	18:14:00	00:34:00
P <sub>TC32</sub>	9:28:00	10:22:04	00:54:04	P <sub>TC66</sub>	16:34:00	18:40:00	02:06:00
P <sub>TC33</sub>	9:15:00	10:35:10	01:20:10	P <sub>TC67</sub>	19:04:00	19:19:32	00:15:32
P <sub>TC34</sub>	9:53:58	10:09:53	00:15:55				

### **3.5. BENEFICIOS PRODUCIDOS POR EL PACS EN EL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS**

Con los resultados obtenidos de la aplicación de los indicadores generados en esta tesis, se ha mostrado que efectivamente el PACS instalado en el Departamento de Imagenología del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias ha producido una serie de beneficios en el desempeño del trabajo que realizan el personal técnico y médico. A continuación se describen dichos beneficios agrupados de acuerdo al perfil profesional de los usuarios.

#### **3.5.1. Beneficios de Técnicos Radiólogos**

- Se encontró que durante el 2007 sólo se desperdiciaron 532 placas de RX y 194 placas de TC, lo cual representó una reducción del 28.2% y del 44.42% respectivamente, al comparar contra el desperdicio contabilizado en el 2005.
- Durante el 2007 se realizaron 2725 más estudios de RX, lo que representó un incremento del 6.62%.
- El número de pacientes atendidos en la modalidad de RX se incrementó en 6112, lo que representó un incremento del 16.52%.
- Se imprimieron 5814 menos placas en la modalidad de RX lo que representó un ahorro del 12.2%
- En el 2007 se realizaron 1008 estudios más de TC que en el 2005 lo cual representó un incremento de 21.49%.
- Se utilizaron 2281 menos placas para imprimir los estudios de TC, lo cual representa una disminución del 28.30%.

- Se contabilizaron 194 placas de desecho, lo que representó un ahorro del 44.42%.

### **3.5.2. Beneficios de Médicos Radiólogos**

- El sistema PACS ofrece un tiempo de disponibilidad de la imagen 7 minutos menor del tiempo que tendrían que esperar los médicos radiólogos para que una placa impresa de la modalidad de RX estuviera lista, lo que representa un ahorro del 40.29%.

### **3.5.3. Beneficios de Médicos Clínicos**

- Se encontró un incremento del 11.24% (1308) en el número de pacientes con estudio de RX en hospitalización, en consulta externa del 19.8% (2799) y en urgencias del 26.73% (2874).
- Para el caso de la TC se encontró un incremento del 22.98% (415) en el número de pacientes de consulta externa y del 28.51% (142) en urgencias, al comparar el periodo antes de la instalación del PACS (2005) y el periodo de funcionamiento del PACS (2007).
- Se encontró que 38% (21) de los médicos clínicos que tienen una cuenta activa en el sistema de visualización del PACS, la ocupan al menos en dos servicios de hospitalización distintos.
- Como resultado de la evaluación cualitativa que los médicos clínicos hicieron del sistema de visualización del PACS, se encontró que el 57.14% (16 MC) percibe que la velocidad del sistema es más rápida que el sistema tradicional de archivo y visualización; mientras que el 67.86% (19 MC) percibe que el sistema de visualización del PACS les provee de más información que una placa impresa.

- El 64.29% (18 MC) percibe que se tiene un mejor desempeño en el proceso de visualización con el SV, ya que el 60.71% (17 MC) percibe que es más sencillo utilizar el SV que pasar por todo el proceso de archivo tradicional para visualizar la placa en negatoscopio, de tal manera que el 67.86% (19 MC) opinan que haciendo una evaluación general de todos los aspectos prefieren mejor trabajar con el SV que con placas.

#### **3.5.4. Beneficios en Costos**

- Se encontró que existieron ahorros netos en los costos de operación del DI de \$143,476.14, mientras que el INER tuvo un ahorro potencial de \$545,480.52 en placas radiográficas, si se considera el volumen de estudios producidos. O si se analiza desde la perspectiva del número de pacientes atendidos, el INER tuvo un ahorro potencial \$685,226.83 debido que no se imprimieron placas desde el mes de mayo del 2007. Lo cual condujo a una reducción del 9.67% en el costo de atención al paciente del DI.

#### **3.5.5. Beneficios en el Departamento de Imagenología**

- Una vez que el PACS estuvo en funcionamiento (2007), se atendieron 4984 más pacientes que en el 2005, considerando todas las modalidades de imagen, lo que representó un incremento del 10.81% en el número total de pacientes atendidos.
- Considerando todas las modalidades de imagen, se encontró una reducción de 8716 menos placas impresas, lo que representó un ahorro del 15.03% .
- Se encontró que se desperdiciaron 838 placas menos considerando todas las modalidades de imagen, lo que representó un ahorro del 29.98%.
- El tiempo de disponibilidad de las imágenes digitales de un estudio de RX mostró una reducción de 7 minutos, lo que representa un reducción del

40.29% con respecto al tiempo que toma que la misma información esté disponible en placas.

- El tiempo promedio de disponibilidad de las imágenes de RX en las estaciones de trabajo del PACS, contra el tiempo en que una placa impresa en húmedo estuvo disponible, es menor en 8 minutos con 35 segundos, lo que representó una reducción porcentual del 45.21%.
- Al comparar el tiempo promedio de disponibilidad de una placa impresa en seco de RX contra el tiempo de disponibilidad de una placa impresa en húmedo, se encontró una reducción de 1 minuto con 34 segundos, lo que representó una reducción porcentual del 8.23%.

### 3.6. FICHA TÉCNICA DE INDICADORES

Para registrar las especificaciones técnicas de cada indicador, se diseñó una ficha técnica que permite a los usuarios evaluar si dicho indicador es adecuado para sus necesidades. En esta ficha se describen las siguientes características

- *Identificador del indicador*, especifica una etiqueta o nombre distintivo dentro del conjunto de indicadores propuestos
- *Propósito*, descripción breve del objetivo y uso del indicador
- *Datos requeridos*, se especifica la fuente de información o datos requeridos para poder aplicar el indicador
- *Tendencia*, se refiere al comportamiento esperado del indicador a lo largo del periodo evaluado
- *Frecuencia de recolección*, es el periodo sugerido para la obtención de datos, dada la dinámica particular de las fuentes de información disponible
- *Frecuencia de revisión*, sugiere un periodo para la aplicación del indicador
- *Fórmula de cálculo*, especifica cuál es la fórmula para calcular el valor del indicador
- *Usuarios*, propone usuarios potenciales del indicador
- *Observaciones*, se especifica particularidades para la interpretación, manejo y uso del indicador.

Al calce del formato, se enmarca al Departamento de Ingeniería Biomédica como servicio responsable del diseño y contenido de esta ficha, así como el nombre de quien elaboró la ficha. La Fig. 3.14 muestra el formato diseñado para esta ficha técnica.

#### 3.6.1. Aplicación de la ficha técnica a ITEC1

Con el fin de ilustrar la aplicación de la ficha técnica, se utilizaron los datos del indicador ITEC3 (sección 3.1.1.3) y se muestra en la Fig. 3.15.



**INSTITUTO NACIONAL DE  
ENFERMEDADES  
RESPIRATORIAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA  
BIOMÉDICA**  
*FICHA TECNICA DE INDICADORES*

**IDENTIFICADOR DEL INDICADOR**

**PROPÓSITO**

**DATOS REQUERIDOS**

**TENDENCIA**

**FRECUENCIA**

**RECOLECCIÓN**

**REVISIÓN**

**FUNCIÓN DE CÁLCULO**

**USUARIOS**

**OBSERVACIONES**

Elaboró: Ing. Cecilia Lemus Mtz.

Área Responsable:  
Departamento de Ingeniería Biomédica

Figura 3.14 Ficha técnica de indicadores

 <p><b>INER</b></p>	<p><b>INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS</b>  <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA BIOMÉDICA</b>  <b>FICHA TECNICA DE INDICADORES</b></p>	
<p><b><u>IDENTIFICADOR DEL INDICADOR: ITEC3</u></b></p>		
<p><b>PROPÓSITO</b></p>		
<p>Mide la proporción de placas utilizadas correctamente por cada placa que es desperdiciada.</p>		
<p><b>DATOS REQUERIDOS</b></p>	<p><b>TENDENCIA</b></p>	
<p>Informe mensual de productividad del departamento de Imagenología</p>	<p>Creciente</p>	
<p><b>FRECUENCIA</b></p>		
<p><b>RECOLECCIÓN</b></p>	<p><b>REVISIÓN</b></p>	
<p>Mensual</p>	<p>Mensual</p>	
<p><b>FUNCIÓN DE CÁLCULO</b></p>		
$ITEC3_{\text{PeriodoEvaluado}} = \left( \frac{\text{Placas utilizadas correctamente por modalidad durante el periodo evaluado}}{\text{Placas de desecho por modalidad durante el periodo evaluado}} \right)$		
<p><b>USUARIOS</b></p>		
<p>Dirección de Planeación, Dirección de Servicios Auxiliares y Diagnóstico, Servicio de Imagenología, Departamento de Ingeniería Biomédica</p>		
<p><b>OBSERVACIONES</b></p>		
<p>Elaboró: Ing. Cecilia Lemus Mtz</p>	<p>Responsable: Departamento de Ingeniería Biomédica</p>	<p>Área</p>

Figura 3.15 Ficha técnica del indicador ITEC3

### 3.7. FORMATO DE APLICACIÓN DE INDICADORES

Se diseñó un formato de aplicación para dar seguimiento a cada indicador, que es un compendio de los resultados obtenidos con los cuales es posible apreciar, cuál ha sido el comportamiento del indicador durante el periodo evaluado. El objetivo de este formato es proporcionar de manera ágil, información para la toma de decisiones y la administración del DI. Este formato (Fig. 3.16) proporciona la siguiente información

- *Ámbito*, se describe si el indicador está relacionado con los TR, MR, MC o es de costo - beneficio.
- *Indicador*, se describe el nombre del indicador que se aplicó.
- *Periodo evaluado*, es el periodo evaluado en esa aplicación particular.
- *Informar de resultados a*, indica quien será el principal receptor de la información generada por el indicador.
- *Resultados*, se hace una representación gráfica de los resultados obtenidos, con el fin de facilitar la comprensión de la información.
- *Observaciones*, se provee de información relevante que no pueda ser clasificada en los cuadros anteriores.
- *Fecha de aplicación*, se registra la fecha en que el indicador fue aplicado
- *Fecha de recepción*, es la fecha en que la información arrojada por el indicador es recibida por la persona interesada
- *Responsable de la aplicación*, persona a cargo de la aplicación del indicador quien debe asentar su nombre y firma como soporte de los resultados reportados
- *Vo.Bo.*, se registra el nombre y la firma de quien recibe la información

#### a.1. Aplicación del Formato a ITEC3

Con el fin de ilustrar el uso del formato de aplicación, se utilizaron los datos del indicador ITEC3 y se muestra en la Fig. 3.17.



**INSTITUTO NACIONAL DE  
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA BIOMEDICA**  
*APLICACIÓN DE INDICADORES*

ÁMBITO

INDICADOR

PERIODO EVALUADO

INFORMAR DE RESULTADOS A:

RESULTADOS

OBSERVACIONES

Fecha de aplicación: \_\_\_\_\_  
recepción: \_\_\_\_\_

Fecha de

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Responsable  
Nombre y firma  
firma

Vo.Bo.  
Nombre y

Figura 3.16. Formato de aplicación de indicadores



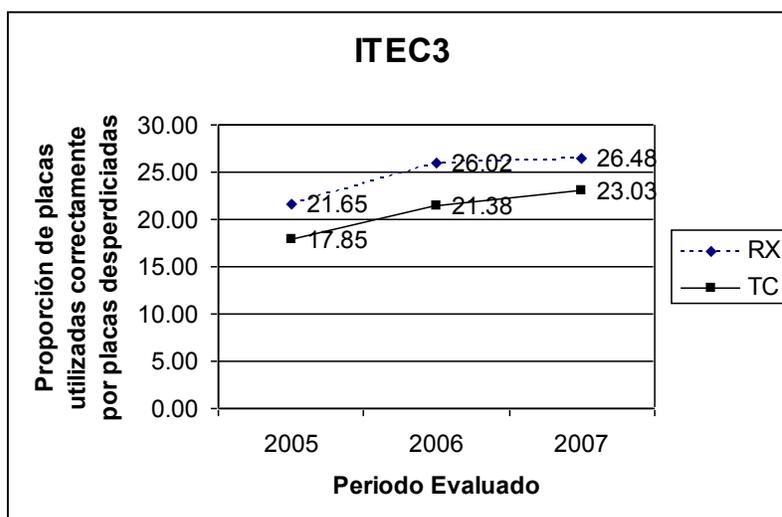
# INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

## DEPARTAMENTO DE INGENIERIA BIOMEDICA

### APLICACIÓN DE INDICADORES

ÁMBITO: Técnicos Radiólogos  
INDICADOR: ITEC3  
PERIODO EVALUADO: 2005-2007  
INFORMAR DE RESULTADOS A:

#### RESULTADOS



#### OBSERVACIONES

Fecha de aplicación: \_\_\_\_\_  
recepción: \_\_\_\_\_

Fecha de

\_\_\_\_\_  
Firma Responsable

Vo.Bo.

Figura 3.17 Formato de aplicación de indicador ITEC3

## CONCLUSIONES

- Se generaron 23 indicadores para medir el impacto del sistema PACS en la productividad del Departamento de Imagenología del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, distribuidos de la siguiente forma: 7 indicadores para técnicos radiólogos, 3 indicadores para los médicos radiólogos, 7 indicadores y una evaluación cualitativa para los médicos clínicos y 6 indicadores de costo beneficio.
- La productividad del Departamento de Imagenología del INER se incrementó a través del número de pacientes atendidos y los estudios de imagenología realizados.
- La productividad de los *técnicos radiólogos* se incrementó al reducir de manera significativa el desperdicio de placas radiográficas, al atender a más pacientes y producir más estudios radiológicos. Lo cual puede deberse a la reducción del tiempo de permanencia del paciente en el DI al compararlo con el tiempo que les tomaba antes de la implementación del PACS, además de colaborar a la reducción del tiempo de disponibilidad de los estudios radiológicos en comparación con el tiempo de espera antes del arribo del PACS.
- Se incrementó el número de pacientes que demandaron un estudio de Rayos X y de Tomografía Computarizada referidos por los *médicos clínicos* en las áreas de hospitalización, urgencias y consulta externa.
- Se detectó que la aceptación del sistema de visualización del PACS es satisfactoria, ya que los *médicos clínicos* perciben que la disponibilidad de las imágenes es más rápida y les provee de mayor información. Así mismo perciben que es más sencillo utilizar el sistema de visualización, que pasar por todo el proceso del archivo tradicional, debido a que perciben que el PACS les

provee un mejor desempeño. Además de ofrecerles la movilidad para examinar los estudios radiológicos en los diferentes servicios clínicos.

- La utilización de *placas radiográficas* disminuyó de manera significativa, debido a la instalación de las estaciones de visualización en los servicios de hospitalización lo que conllevó a ahorros en el gasto de placas.
- Se redujo el *costo promedio* de atención al paciente, debido al incremento en la productividad del personal del DI y a los ahorros en la menor utilización de consumibles.
- Se redujo el *tiempo de estancia* del paciente hospitalizado en el DI debido a la inclusión del sistema PACS, ya que los médicos clínicos pueden visualizar el estudio radiológico en las estaciones de visualización instaladas en los servicios clínicos, y por tanto no hay que esperar a que se imprima la placa del paciente.
- Una gran área de oportunidad, es el uso de las estaciones de trabajo del PACS y la generación de reportes de diagnóstico radiológico mediante la utilización del RIS por parte de los *médicos radiólogos*, ya que puede incentivarse mediante programas de capacitación continua para el uso y explotación de estas herramientas.
- Otra área de oportunidad, es promover la utilización del sistema de visualización del PACS entre los *médicos clínicos*, mediante programas de capacitación continua. Además de una revisión periódica de la utilización de los recursos del sistema, para reasignarlos a las áreas clínicas que los requieran. Específicamente se sugiere focalizar los esfuerzos en las estaciones de visualización de los diferentes servicios clínicos, así como la gestión de las cuentas de acceso de los usuarios.

- El sistema PACS posee herramientas que de utilizarse, podrían incrementar aún más la productividad del Departamento de Imagenología e incluso la atención al paciente:
  - o Podría utilizarse el módulo de agenda para hacer una mejor distribución de la carga de trabajo entre turnos
  - o Podrían generarse de manera automática reportes, en caso de que todos los campos de datos del sistema RIS fueran debidamente llenados por el personal de la recepción.
  - o Los técnicos radiólogos podrían enviar a almacenar de manera inmediata las imágenes al archivo digital, para agilizar el proceso del flujo de la información.
  - o Podría implementarse un programa de capacitación continua: para los técnicos, para los médicos radiólogos, para los médicos clínicos y especialmente para el personal administrativo del departamento de imagenología.
  - o Podrían utilizarse las herramientas de planeación, alarmas y conclusión, que ofrece el sistema RIS, para el personal administrativo y para los técnicos radiólogos.
  
- Se detectó que es de vital importancia la inclusión de un administrador del sistema PACS, ya que muchas de las tareas administrativas y operativas que el sistema requiere, no pertenecen a las funciones de algún miembro de los departamentos de ingeniería biomédica, informática o del mismo DI. Esto coadyuvaría a un mejor desempeño y administración de los recursos del sistema. Lo cual podría reflejarse en niveles de satisfacción más altos en todos los usuarios del sistema PACS.
  
- Finalmente .y dado que no existe el desarrollo de trabajos similares a nivel nacional, se espera que los indicadores propuestos sirvan como referencia para ser aplicados a otras modalidades, con diferentes tecnologías y en otros servicios clínicos, dada la versatilidad que ofrecen en su aplicación.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J York, "Calitividad: La mejora simultánea de la calidad y la productividad, Ed. Marcombo", 1a ed, 1994, México. pp. 80-82.
- [2] R Nezu, E Giovannini. (2007, Julio 16). *Measuring Productivity*, Organization for Economic Co-Operation and Development, Manual, 2001. [En línea]. Disponible en:[http://www.oecd.org/LongAbstract/0,3425,en\\_2825\\_30453906\\_2352452\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/LongAbstract/0,3425,en_2825_30453906_2352452_1_1_1_1,00.html).
- [3] J Prado-Lorenzo, I García-Sánchez. (2007, Octubre 20). *Los Indicadores de Gestión en el Ámbito Municipal: Implantación, Evolución y Tendencias*. Observatorio Iberoamericano, No. 204 [En línea]. Disponible en: <http://www.observatorioiberoamericano.org/Revista%20Iberoamericana%20de%20Contab%20Gestión/No%204/José%20Manuel%20Prado%20y%20Isabel%20García%20Sánchez.html>.
- [4] *Guía para la implantación de sistemas de indicadores*. NORMA UNE 66175. Sistemas de gestión de la calidad. Comité Técnico AEN/CTN 66. AENOR. Octubre 2003.
- [5] JM Guinart i Solà. (2007, Diciembre). *Indicadores de gestión para las entidades públicas*, VIII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Panamá, 28-31 Oct. 2003. [En línea]. Disponible en: <http://www.clad.org.ve/fulltext/0047601.pdf>
- [6] Organización Panamericana de la Salud, Indicadores de Salud: Elementos Básicos para el Análisis de la Situación de Salud, *Boletín Epidemiológico OPS*, Vol. 22, No. 4, pp. 1-16, 2001.
- [7] AR McBride, JE Turner, K Stean et al. (2007, Septiembre). *MHRA 04117 PACS Education: Glossary of PACS Terms*. Centre for Evidence-based Purchasing, 3rd ed, Diciembre 2004. [En línea]. Disponible en: [www.pasa.nhs.uk/pasa/Doc.aspx?Path=%5BMN%5D%5BSP%5D/NHSprocurement/CEP/PACS/MHRA04117.pdf](http://www.pasa.nhs.uk/pasa/Doc.aspx?Path=%5BMN%5D%5BSP%5D/NHSprocurement/CEP/PACS/MHRA04117.pdf)
- [8] *Guía de Equipamiento Unidad de Imagenología*. CENETEC 30 junio 2005 GE UI 02 Vol.02 No. VI, pp. 1 – 23, 2005.

- [9] JE Turner. (2007, Septiembre). *A Beginner's Guide to PACS*, MDA 02044 PACSnet, Mayo 2002. [En línea]. Disponible en: [www.pasa.nhs.uk/pasa/Doc.aspx?Path=%5BMN%5D%5BSP%5D/NHSprocurement/CEP/PACS//MDA\\_02044.pdf](http://www.pasa.nhs.uk/pasa/Doc.aspx?Path=%5BMN%5D%5BSP%5D/NHSprocurement/CEP/PACS//MDA_02044.pdf)
- [10] G Smith, "Introduction to RIS and PACS" in *PACS: A Guide to the Digital Revolution*, 2<sup>nd</sup> ed. KJ Dreyer, DS Hirschorn, JH Thrall, A Mehta, Ed. Springer, 2006, pp. 5-25.
- [11] LA Levine, "PACS Strategic Plan and Needs Assessments" in *PACS: A Guide to the Digital Revolution*, 2<sup>nd</sup> ed. KJ Dreyer, DS Hirschorn, JH Thrall, A Mehta, Ed. Springer, 2006, pp. 27-44.
- [12] BI Reiner, EL Siegel, "PACS and Productivity" in *Filmless Radiology*, EL Siegel, RM Kolodner, Ed. Health Informatics Series: Springer, 2006, pp. 103-112.
- [13] ML Janower, "Productivity standards for technologists: How to use them". *Radiology*, No. 166, pp. 276-277, 1988.
- [14] MG Trisolini, SB Boswell. "Radiology workload measurements reflecting variables specific to Hospital, Patient and Examination: Results of a Collaborative Study," *Radiology*, No. 166, pp. 274-253, 1988.
- [15] BI Reiner, EL Siegel, "Technologists' Productivity when using PACS: Comparison of Film-Based Versus Filmless Radiography," *AJR Am J Roentgen*, No. 179, pp. 33-37, Jul. 2002.
- [16] BI Reiner, EL Siegel, JA Carrino, MM Goldburgh, "SCAR Radiologic Technologist Survey: Analysis of Technologist Workforce and Staffing," *Journal of Digital Imaging*, Vol 15, No 3, pp 121-131, Sept. 2002.
- [17] BI Reiner, EL Siegel, JA Carrino, MM Goldburgh, "SCAR Radiologic Technologist Survey: Analysis of the Impact of Digital Technologies on Productivity," *Journal of Digital Imaging*, Vol 15, No 3, pp 132-140, Sept. 2002.
- [18] BI Reiner, EL Siegel, et al, "Radiologists' Productivity in the Interpretation of CT Scans: A Comparison of PACS with Conventional Film", *AJR*, Vol. 176, Abril 2001.

- [19]** K Andriole, "Productivity and cost assessment of computed radiography, digital radiography, and screen film for outpatient chest examinations," *Journal of Digital Imaging*, No.15, pp. 161-169, 2002.
- [20]** BI Reiner, EL Siegel, "Effect of film less imaging on the utilization of radiological services," *Radiology*, No. 215, pp. 163-167, 2000.
- [21]** L Lepanto, G Pare, D Aubry, P Robillard, J Lesage, "Impact of PACS on Dictation Turnaround Time and Productivity," *Digital Imaging*, Vol 19, No 1, pp 92- 97, Jan. 2006.
- [22]** BI Reiner, EL Siegel, "Evolution of the Digital Revolution: A Radiologist Perspective," *Journal of Digital Imaging*, Vol 16, No 4, pp 324-330, Dec. 2003.
- [23]** LL Rumreich, AJ Johnson, "From Traditional Reading Rooms to a Soft Copy Environment: Radiologist Satisfaction Survey," *Journal of Digital Imaging*, Vol 16, No 3, pp. 262-269, Sept. 2003.
- [24]** SA Kim, WS Park, "Association of the Implementation of PACS with Hospital Revenue", *Journal of Digital Imaging*, Vol 15, No 4, pp. 247-253, Dec. 2002:
- [25]** L Chan, M Trambert, A Kywi, S Hartzman, "PACS in Private Practice – Effect on Profits and Productivity," *Journal of Digital Imaging*, Vol 15, Suppl 1, pp 131- 136, 2002.
- [26]** BI Reiner, EL Siegel, K Siddiqui, "Evolution of the Digital Revolution: A Radiologist Perspective," *Journal of Digital Imaging*, Vol 16, No 4, pp 324-330, Dec. 2003.
- [27]** AS Reddy, S Loh, R Kane, "Budget Variance Analysis of a Departmentwide Implementation of a PACS at a Major Academic Medical Center," *Journal of Digital Imaging*, Vol 19, Suppl 1, pp. 66-71, 2006.
- [28]** YC Fang, MC Yang, et al, "Financial Assessment of a Picture Archiving and Communication System Implemented all at Once," *Journal of Digital Imaging*, Vol 19, Suppl 1, pp 44-51, 2006.
- [29]** A Nitrosi, G Borasi, "A Film Less Radiology Department in a Full Digital Regional Hospital: Quantitative Evaluation of the Increased Quality and Efficiency," *Journal of Digital Imaging*, Vol. 20, No. 2. pp. 140-148, 2007.

- [30] L Chan, M Trambert, A Kywi, S Hartzman, "PACS in Private Practice-Effect on Profits and Productivity," *Journal of Digital Imaging*, Vol.15, Suppl 1, 2002, pp. 131-136.
- [31] CD Flagle, "Economic Analysis of Filmless radiology", in *Filmless Radiology*, EL Siegel, RM Kolodner, Ed. Health Informatics Series: Springer, 2006, pp.11- 135.
- [32] Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. "Informe Mensual de Placa Simple del Departamento de Imagenología 2005-2007," *Dirección de Planeación Estratégica y Desarrollo Organizacional*. Diciembre 2007.
- [33] Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. "Departamento de Radiología," *Reporte de actividades 2002*, pp: 55-56. México 2002.
- [34] Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. "PACS-RIS. Reporte de actividades 2003-2006," pp:46-47, 82-83, México 2006.
- [35] EL Siegel. (2008, Febrero). Reading Room and Ergonomics, [En línea]. Disponible en: <http://www.scarnet.org/assets/EEE87167-5E03-4673-B4A9-8F02584E4C31.pdf>
- [36] Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. "Productividad Mensual del Departamento de Imagenología 2005-2007," *Dirección de Planeación Estratégica y Desarrollo Organizacional*. Diciembre 2007.
- [37] Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. "Informe Mensual de Tomografía Computada del Departamento de Imagenología 2005-2007," *Dirección de Planeación Estratégica y Desarrollo Organizacional*. Diciembre 2007.
- [38] Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. "Reporte de gasto de consumibles del Departamento de Imagenología 2005-2007," *Subdirección de Recursos Materiales y Servicios Generales*. Diciembre 2007.
- [39] Unidad de costos del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, "Costo Final por Área Funcional del Área de Imagenología," *Subdirección de Recursos Financieros de la Dirección de Administración*, Febrero 2008.
- [40] Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, "Reporte del Personal Adscrito al Departamento de Imagenología 2005-2007", *Subdirección de administración y desarrollo de personal*. Enero 2008.

**[41]** Centro Nacional de Metrología. (2007, Enero – Marzo). Hora Oficial en los Estados Unidos Mexicanos. [En línea]. Disponible en: [http://www.cenam.mx/hora\\_oficial/](http://www.cenam.mx/hora_oficial/)

**[42]** Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS), Instituto de Salud Carlos III - Ministerio de Sanidad y Consumo. (2007, Marzo) “Sistemas de detección de tecnologías sanitarias nuevas y emergentes. El proyecto SINTESIS - nuevas tecnologías,” *Informe de Evaluación de Tecnologías Sanitarias*, No 38, *Noviembre de 2003*, pp. 1-67. [En línea]. Disponible en: [http://bvs.isciii.es/mono/pdf/AETS\\_36.pdf](http://bvs.isciii.es/mono/pdf/AETS_36.pdf)

**[43]** JD Ramírez. (2008, Febrero). “Modelos para implantar la mejora continua en la gestión de empresas de transporte por carretera, Gestión de indicadores”. *Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia*. Mayo 2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.cta.org.co/mc/mc.pdf>

**[44]** J García-Peña, “Introducción a la estadística en las ciencias biomédicas”, 1a ed, Ed. Alhambra, México, 1988, pp. 35-50.

## ANEXO 1: Estimación del tamaño de la muestra

La muestra es un subconjunto de la población y la conforman aquellos elementos que se estudian y en los cuales se realizan las observaciones de la característica que se busca conocer. Se pueden hacer conclusiones relevantes de toda una población, con base en el estudio de una muestra. En términos generales, la población tiene una serie de atributos similares a los de la muestra. El tema relativo al muestreo es extenso y son diversos los métodos para llevarlo a cabo. El muestreo aleatorio simple pertenece a una clase más general denominada muestreo de probabilidad, a la que también corresponde el muestreo estratificado. Una muestra estratificada, es si la población se divide en subpoblaciones o estratos y en cada uno de ellos se selecciona una muestra aleatoria simple, el conjunto de estas se conoce como muestra estratificada. Por tanto es necesario conocer el tamaño de la muestra, ya que depende de varios factores pero en general la variabilidad de la población es determinante, y para que una muestra sea representativa debe tener más elementos cuanto mayor sea la varianza poblacional.

La densidad normal es un modelo (Fig. A.1) que es útil para describir los patrones de distribución de innumerables fenómenos que implican variables continuas. Su expresión matemática es (Ec.A.1). La figura A.1 muestra la densidad normal para  $\mu=0$  y  $\sigma^2=1$ :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (\text{A.1})$$

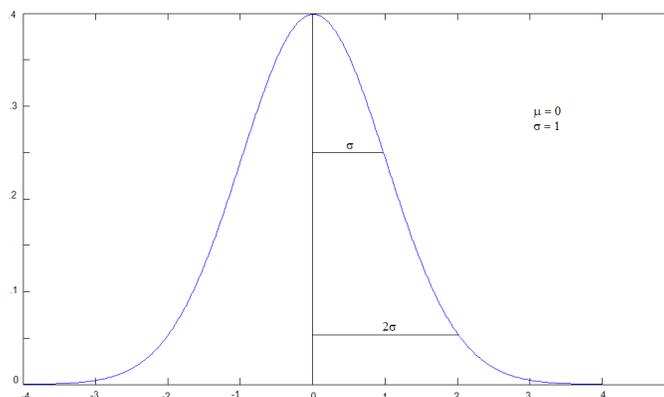


Fig. A.1 Densidad normal con parámetros  $\mu=0$  y  $\sigma^2=1$

El área bajo la curva normal entre dos valores cualesquiera de  $X$ ,  $x_1$  y  $x_2$ , es la probabilidad de que la variable  $X$  tome un valor mayor de  $x_1$  y menor de  $x_2$ . Existen tablas que permiten obtener, mediante operaciones simples, el área bajo la curva normal  $N(0,1)$  para cualquier valor de  $X$ . Con base en estas tablas puede obtenerse y graficarse la  $\Pr(X \leq c)$  para cualquier valor de  $c$ , se el conoce cómo función de distribución normal. La relación matemática entre la función de distribución  $F(x)$  (Ec. A.2) y la función de densidad  $f(x)$  (Ec. A.3) es:

$$F(x) = \int f(x) dx \quad (A.2)$$

O de manera equivalente

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} \quad (A.3)$$

Las tablas disponibles sólo proporcionan las áreas para la  $N(0,1)$ ; sin embargo, si se utiliza la siguiente transformación (Ec. A.4) es posible efectuar el cálculo de probabilidades de distribuciones normales con diferente media y varianza.

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \quad (A.4)$$

Ya que la variable resultante  $Z$  tiene media igual a cero y varianza igual a uno, y las probabilidades calculadas para la variable transformada equivalen a la variable original. Si la variable aleatoria  $X$  tiene una distribución normal con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$ , entonces  $\bar{X}$  está distribuida de forma normal con la misma

media  $\mu$ , pero con una desviación estándar igual a  $\frac{\sigma}{\sqrt{a}}$ , simbólicamente:

$$\text{Si } X \approx N(\mu, \sigma^2), \text{ entonces } \bar{X} \approx N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{a}\right)$$

De esta afirmación se desprenden tres hechos importantes en relación con la distribución del promedio en muestras de una población:

1. Si  $X$  está normalmente distribuida,  $\bar{X}$  también es normal

2. La media aritmética de la distribución muestral del promedio es igual a la media poblacional.
3. La varianza de la distribución muestral del promedio disminuye en proporción inversa al tamaño de la muestra.

En términos generales significa que si la distribución de  $X$  es  $N(\mu, \sigma^2)$ , la distribución de los promedios es normal, con una media que en promedio iguala al promedio poblacional y conforme aumente, el tamaño de la muestra tendrá una variabilidad menor que la distribución poblacional. La desviación estándar de  $\bar{X}$  se conoce como error estándar.

Las consecuencias de una distribución no normal de  $X$  se analizan mediante el teorema del límite central, que se puede expresar como sigue: Si  $X$  tiene una distribución no normal con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$ , conforme al tamaño de la muestra  $n$  aumenta, la distribución de  $\bar{X}$  tiende a una distribución normal, con la misma media y un error estándar igual a  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ .

Esto significa que la forma de la distribución muestral es normal, independientemente de cual sea la forma de la distribución original, cuidando de que  $n$  sea lo bastante grande. Una aplicación importante de este resultado es que si se obtiene una muestra aleatoria de una población con varianza finita, independientemente de la distribución de la variable aleatoria  $X$ , la distribución de  $\bar{X}$  es aproximadamente  $N(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$  para una  $n$  grande.

Parece razonable que deben definirse una gama de valores, dentro de la cual se pueda afirmar con cierta probabilidad que se encuentra en el parámetro de interés. A esta gama de valores se le conoce como intervalo de confianza y se ilustra a

continuación, para el caso de la media poblacional de una distribución normal con varianza  $\sigma^2$  conocida.

Para desarrollar este resultado se utiliza la transformación de Z (Ec A.4), donde si  $X \approx N(\mu, \sigma^2)$  se puede calcular

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Tal que  $Z \sim N(0,1)$ , donde  $N(0,1)$  es la distribución normal estándar tabulada en tablas.

Dado que el promedio se encuentra también normalmente distribuido:

$$\bar{X} \approx N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{a}\right)$$

Se aplica la misma transformación (Ec. A.5)

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{a}}} \quad (\text{A.5})$$

donde Z es también  $N(0,1)$  y por tanto, pueden hacerse afirmaciones de probabilidad, tales como (Ec. A.6):

$$\Pr(A \leq Z \leq B) = 1 - \alpha \quad (\text{A.6})$$

Mediante el uso de tablas, se puede determinar que los valores de A y B, cuando  $\alpha=0.05$  son:  $A = -1.96$  y  $B = 1.96$ , de manera que puede afirmarse que usando (Ec. A.6):

$$\Pr(-1.96 \leq Z \leq 1.96) = 0.95$$

Donde al sustituir la última expresión para Z, tenemos:

$$\Pr\left(-1.96 \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{a}}} \leq 1.96\right) = 0.95$$

La expresión entre paréntesis puede arreglarse de la siguiente forma:

$$\Pr\left(\bar{X} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{a}} \leq \mu \leq \bar{X} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{a}}\right) = 0.95$$

Que significa que los límites  $\bar{X} \pm 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{a}}$  cubren la media poblacional  $\mu$ , con una probabilidad de 0.95. Por esta razón, nos referimos al intervalo

$$\left( \bar{X} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{a}}, \bar{X} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{a}} \right)$$

Como el intervalo de confianza 95% para  $\mu$ .

Para conocer el intervalo de cualquier porcentaje de confianza es sencillo: simplemente se sustituye el valor apropiado de Z, en general (Ec. A.7)

$$\pm Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{A.7})$$

Corresponde al  $(1-\alpha)\%$  intervalo de confianza para  $\mu$ , donde  $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$

Por tanto, para determinar el tamaño de la muestra se tiene (Ec. A.8 y Ec. A.9) [44]:

$$n_0 = \left[ \frac{Z^* \sigma}{E} \right]^2 \quad (\text{A.8})$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (\text{A.9})$$

Donde:

$n_0$ : Cantidad teórica de elementos de la muestra.

z: Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada

$\sigma$ : Desviación estándar de los datos obtenidos.

E: Coeficiente de confianza: determinado por el % deseado de confiabilidad de la muestra por el error estándar.

- Para  $N > 10$  ----- Se asume un valor  $\alpha = 0.05$  (un error del 5 %).

- Error estándar = (Desviación estándar  $/ \sqrt{a}$ ) (A.10)

a= número de grupos de la muestra tomada

n: Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida o de los estratos asumidos en la población.

N: Número total de elementos que conforman la población, o número de estratos totales de la población.

## ANEXO 2: Datos para el indicador ISV3

En este anexo se muestran los datos colectados para la aplicación del indicador ISV3 presentado en la sección 5.3.4.3. Por confidencialidad no se muestran los primeros dos octetos de las direcciones IP.

Tabla A2  
Ubicación de accesos de los Médico Clínicos usuarios del SV

Servicio de Adscripción	Médico Clínico	Dic-07		Ene-08		Feb-08	
		Ubicación	Dirección IP	Ubicación	Dirección IP	Ubicación	Dirección IP
		EV		EV		EV	
P1	aeg3640	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200
		Morfología	xxx.xxx.6.232.	—	—	—	—
ND	arh6041	P3	xxx.xxx.13.200	P4	xxx.xxx.13.202	P1	xxx.xxx.12.200
		P3	xxx.xxx.13.201	P4	xxx.xxx.13.203	P5	xxx.xxx.16.201
		P5	xxx.xxx.16.201	P5	xxx.xxx.16.201	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
		Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	—	—
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	—
ICU	cap5260	ICU	xxx.xxx.14.200	ICU	xxx.xxx.14.200	ICU	xxx.xxx.14.200
Urgencias	cem2524	P3	xxx.xxx.13.200	P3	xxx.xxx.13.200	P3	xxx.xxx.13.200
		P5	xxx.xxx.16.201	P5	xxx.xxx.16.201	P5	xxx.xxx.16.201
		—	—	—	—	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
ICU	cvd5915	—	—	P2	xxx.xxx.12.201	ICU	xxx.xxx.14.200
		—	—	P3	xxx.xxx.13.200	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203
		—	—	P3	xxx.xxx.13.201	—	—
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
P1	dam5343	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200
		P4	xxx.xxx.13.203	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	P3	xxx.xxx.13.201
		ICU	xxx.xxx.14.200	ICU	xxx.xxx.14.200	ICU	xxx.xxx.14.200
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
		—	—	Morfología	xxx.xxx.6.232.	Morfología	xxx.xxx.6.232.
Urgencias	div1800	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	—	—	—
Urgencias	drp2049	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
P3	jmf1565	P3	xxx.xxx.13.200	P3	xxx.xxx.13.200	P3	xxx.xxx.13.200
		P3	xxx.xxx.13.201	P3	xxx.xxx.13.201	P3	xxx.xxx.13.201

Servicio de Adscripción	Médico Clínico	Dic-07		Ene-08		Feb-08	
		Ubicación EV	Dirección IP	Ubicación EV	Dirección IP	Ubicación EV	Dirección IP
Quirófano	jmg1254			Broncoscopía	xxx.xxx.17.203		
		P4	xxx.xxx.13.203	P3	xxx.xxx.13.201	P4	xxx.xxx.13.203
		ICU	xxx.xxx.14.200	P4	xxx.xxx.13.202	P2	xxx.xxx.12.201
		P7A	xxx.xxx.14.203		xxx.xxx.14.203	P3	xxx.xxx.13.201
		P5	xxx.xxx.16.201	P5	xxx.xxx.16.201	P4	xxx.xxx.13.202
		Recuperación	xxx.xxx.17.202		xxx.xxx.17.202	ICU	xxx.xxx.14.200
		Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	Broncoscopía	xxx.xxx.17.203	P5	xxx.xxx.16.201
		Quirófano	xxx.xxx.17.246	Quirófano	xxx.xxx.17.246	Recuperación	xxx.xxx.17.202
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203
				Quirófano	xxx.xxx.17.246		
				Urgencias	xxx.xxx.6.203.		
Morfología	joz2605		xxx.xxx.6.53.				
		P7A	xxx.xxx.14.203				
Residente Quirófano	jpo5920	Recuperación	xxx.xxx.17.202	P4	xxx.xxx.13.202	P1	xxx.xxx.12.200
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	P7A	xxx.xxx.14.203	P4	xxx.xxx.13.203
				Recuperación	xxx.xxx.17.202	ICU	xxx.xxx.14.200
				Broncoscopía	xxx.xxx.17.203	P5	xxx.xxx.16.201
				Quirófano	xxx.xxx.17.246	Recuperación	xxx.xxx.17.202
				Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203
P2	jrb5608					Urgencias	xxx.xxx.6.203.
		P3	xxx.xxx.13.200	P3	xxx.xxx.13.200	P3	xxx.xxx.13.200
		P3	xxx.xxx.13.201	P3	xxx.xxx.13.201	P3	xxx.xxx.13.201
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	P4	xxx.xxx.13.202	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203
				ICU	xxx.xxx.14.200	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
				Broncoscopía	xxx.xxx.17.203		

		—	—	Blue Room	xxx.xxx.19.59.	—	—
		—	—	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	—
Subdirección	jvs2684	—	—	—	—	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
		—	—	—	—	Subdirección	xxx.xxx.10.61.
		ICU	xxx.xxx.14.200	P2	xxx.xxx.12.201	ICU	xxx.xxx.14.200
		P7A	xxx.xxx.14.203	P7A	xxx.xxx.14.203	P7A	xxx.xxx.14.203
P7A	ky5923	Recuperación	xxx.xxx.17.202	Recuperación	xxx.xxx.17.202	Recuperación	xxx.xxx.17.202
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203
		—	—	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	xxx.xxx.6.203.
ND	ldr5310	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	—	—	—	—
Urgencias	llm3900	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
		P3	xxx.xxx.13.200	—	—	—	—
P3	lmb3159	P3	xxx.xxx.13.201	—	—	—	—
		P5	xxx.xxx.16.201	—	—	—	—
		Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	P1	xxx.xxx.12.200	ICU	xxx.xxx.14.200
Urgencias	lrz3434	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
		—	—	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	—
		P2	xxx.xxx.12.201	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200
		P3	xxx.xxx.13.200	P2	xxx.xxx.12.201	P3	xxx.xxx.13.201
		P3	xxx.xxx.13.201	P3	xxx.xxx.13.200	ICU	xxx.xxx.14.200
		ICU	xxx.xxx.14.200	P3	xxx.xxx.13.201	P5	xxx.xxx.16.201
P5	lbl5425	P5	xxx.xxx.16.201	ICU	xxx.xxx.14.200	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
		Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	P5	xxx.xxx.16.201	—	xxx.xxx.6.232.
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Recuperación	xxx.xxx.17.202	—	—
				Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	—	—
				Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	—
Director Médico	mbl2655	Dirección Médica	xxx.xxx.10.25.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	—
Urgencias	mbl5752	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	xxx.xxx.6.203.
	mgg1834	—	—	—	—	—	xxx.xxx.6.51.

Servicio de Adscripción	Médico Clínico	Dic-07		Ene-08		Feb-08	
		Ubicación	Dirección IP	Ubicación	Dirección IP	Ubicación	Dirección IP
		EV		EV		EV	
P7A	mssc5237	P7A	xxx.xxx.14.203	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	—
P1	mma3051	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200
		—	—	—	xxx.xxx.6.232.	—	—
P4	msg1722	P4	xxx.xxx.13.202	P4	xxx.xxx.13.202	P4	xxx.xxx.13.202
		P4	xxx.xxx.13.203	—	—	P4	xxx.xxx.13.203
P1	msl3686	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200
		P1	xxx.xxx.12.200	P3	xxx.xxx.13.200	P1	xxx.xxx.12.200
		P4	xxx.xxx.13.202	P3	xxx.xxx.13.201	P3	xxx.xxx.13.200
		ICU	xxx.xxx.14.200	ICU	xxx.xxx.14.200	P3	xxx.xxx.13.201
		P5	xxx.xxx.16.201	P5	xxx.xxx.16.201	P4	xxx.xxx.13.202
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Broncoscopía	xxx.xxx.17.203	ICU	xxx.xxx.14.200
		—	—	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	P5	xxx.xxx.16.201
—	—	—	—	Broncoscopía	xxx.xxx.17.203		
—	—	—	—	Urgencias	xxx.xxx.6.203.		
ORL	ngi5601	—	xxx.xxx.8.205.	—	xxx.xxx.8.205.	—	—
Residente	obi6026	—	—	ICU	xxx.xxx.14.200	P3	xxx.xxx.13.201
		—	—	—	—	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
P7A	pcb1942	Recuperación	xxx.xxx.17.202	—	—	—	—
		P3	xxx.xxx.13.200	P3	xxx.xxx.13.200	P3	xxx.xxx.13.200
P3	pcg5503	P3	xxx.xxx.13.201	P3	xxx.xxx.13.201	P3	xxx.xxx.13.201
		Broncoscopía	xxx.xxx.17.203	P5	xxx.xxx.16.201	Broncoscopía	xxx.xxx.17.203
		—	—	Broncoscopía	xxx.xxx.17.203	—	—
Urgencias	rar5434	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
P7A	rcf5922	P7A	xxx.xxx.14.203	—	—	—	—
		ORL	xxx.xxx.14.202	—	—	—	—
P1	rhz5218	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200
		—	—	—	—	—	xxx.xxx.6.232.
Hospitalización	rqz2525	—	—	—	—	P2	xxx.xxx.12.201

Director Médico	rvc3381	P5	xxx.xxx.16.201	P5	xxx.xxx.16.201		
	srr3956	Blue room	xxx.xxx.19.59.	Blue room	xxx.xxx.19.59.	Blue Room	xxx.xxx.19.59.
		P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200	P1	xxx.xxx.12.200
		P2	xxx.xxx.12.201	P2	xxx.xxx.12.201	P2	xxx.xxx.12.201
		P3	xxx.xxx.13.200	P4	xxx.xxx.13.202	P3	xxx.xxx.13.200
		P3	xxx.xxx.13.201	P4	xxx.xxx.13.203	P3	xxx.xxx.13.201
		ICU	xxx.xxx.14.200	P5	xxx.xxx.16.201	P4	xxx.xxx.13.202
P2	vrp1609	P5	xxx.xxx.16.201	Broncoscopía	xxx.xxx.17.203	P4	xxx.xxx.13.203
		Recuperación	xxx.xxx.17.202	Urgencias	xxx.xxx.6.203.	Urgencias	xxx.xxx.6.203.
		Broncoscopia	xxx.xxx.17.203	—	—	—	—
		Urgencias	xxx.xxx.6.203.	—	—	—	—
			xxx.xxx.6.232.	—	—	—	—