



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

## ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

P R E S E N T A :

**ESTEFANÍA CAROLINA GÓMEZ RUÍZ**

DIRECTORA: M.I. SILVINA HERNÁNDEZ GARCÍA



## ***Índice***

<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos</b>	<b>3</b>
<b>Marco Teórico</b>	<b>3</b>
<b>Marco de Referencia</b>	<b>6</b>
<b>1. Descripción del Proceso</b>	<b>8</b>
1.1 Etapas del Proceso	8
1.2 Personal Involucrado	10
<b>2. Recolección de datos</b>	<b>12</b>
2.1 Tamaño de Muestra	12
2.2 Obtención de Datos	15
2.3 Otros valores	17
<b>3. Áreas de oportunidad</b>	<b>18</b>
<b>4. Takt Time: Balanceo de líneas</b>	<b>22</b>
<b>5. Eficiencia del proceso</b>	<b>25</b>
5.1 Definición de eficiencia	25
5.2 OEE (Overall Equipment Effectiveness): Eficiencia total del procedimiento	25
<b>6. Diagrama de Spaghetti o diagrama de hilos</b>	<b>28</b>
<b>7. SMED (Single Minute Exchange of Die)</b>	<b>32</b>
7.1 Definición del SMED	32
7.2 Beneficios del SMED	33
<b>8. Kanban</b>	<b>37</b>
<b>9. Propuestas de mejora</b>	<b>41</b>
<b>10. Mejoras</b>	<b>45</b>
<b>11. Conclusiones</b>	<b>50</b>
<b>Anexos</b>	<b>51</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>73</b>

## Introducción

Con el paso del tiempo, el ritmo de vida de las personas y el incremento en la población, los gobiernos deben satisfacer las necesidades de sus habitantes, sobre todo en el sector salud. Éste es un servicio primario, al cual toda persona debe tener acceso en el momento en el que lo solicite.

Los laboratorios médicos y los países invierten grandes cantidades de todo tipo de recursos en investigación médica. Buscan ofrecer a la humanidad nuevas alternativas en desarrollo de tratamientos y dispositivos que aumenten y mejoren los procesos médicos, buscando la mejora en la calidad de vida de las personas.

Los hospitales, tanto públicos como privados, buscan nuevas tecnologías que les permitan permanecer en vanguardia para brindar a sus usuarios, tanto internos como externos, nuevas oportunidades de crecimiento y mejora en los servicios que otorgan. El estudio de tomografía ocupa el tercer lugar dentro de los estudios, debido a su alta definición y resolución para identificar lesiones internas, después de estudios de laboratorio y radiología.

Este trabajo está enfocado en el proceso de realización de tomografías que requieran medio de contraste. Las actividades que se realizaron fueron: medir tiempos, observar actividades y describir el proceso, destacar defectos, establecer indicadores y proponer mejoras.

El presente trabajo pretende otorgar una visión de como aplicar conceptos teóricos en un caso práctico. Está dividido en diversos capítulos donde se describe cada actividad que se realiza en el proceso y el personal involucrado en cada una de ellas. Posteriormente se define la metodología para obtener los datos con base en un tamaño de muestra.

Una vez determinada la dinámica para la recolección de datos se ubicaron las áreas de oportunidad, en dónde se puede disminuir tiempo. Con esto presente, se realiza un balaceo de líneas basado en el concepto "Takt Time". En este proyecto también se evalúa la eficiencia actual del proceso tomando en cuenta la disponibilidad, rendimiento y calidad, cabe destacar que la eficiencia evaluada fue del proceso y no del equipo.

Siguiendo los conceptos de tiempo y movimiento se realiza un diagrama de hilos para observar el flujo de materiales y los cruces que entorpecen el desarrollo del proceso.

Utilizando el SMED, podemos determinar cuál de las actividades dentro del proceso en la realización de tomografías le agregan o no valor. Una vez obtenida esta información se proponen mejoras en áreas de oportunidad antes mencionadas utilizando herramientas como KANBAN y 5'S, las cuales, ayudarán a determinar la satisfacción de la demanda actual.

## **Objetivo**

Proponer metodologías para lograr mejoras en el proceso de tomografías, con base en indicadores. Para esto se realizará:

- Mapeo del procedimiento actual y propuesto.
- Hacer un análisis de tiempos y movimientos para medir y conocer la importancia del factor humano en el proceso de tomografía.
- Diseñar el procedimiento ideal para satisfacer la demanda actual.

## **Marco teórico**

Los sistemas de producción se definen como la transformación de un insumo en una salida o producto con valor inherente. Generalmente los sistemas de producción o procesos se dividen en dos clases de manufactura. Por lo general los insumos y productos son tangibles y en su mayoría la transformación es física. Los sistemas de producción de servicios pueden tener insumos y/o productos intangibles como la información o la educación.

Los bienes pueden fabricarse conociendo la demanda de los clientes, esto es más difícil de identificar cuando se prestan servicios.

Daniel Sipper bien dice: “en los sistemas de producción, casi siempre se piensa en la porción que se puede ver, que es el proceso de transformación. Sin embargo, la mayor parte de los sistemas de producción son como los icebergs, la parte visible es sólo un pequeño fragmento del sistema”.<sup>[1]</sup>

Al estudiar los sistemas de producción es necesario considerar muchas o mejor dicho todas las componentes que incluyan productos, proveedores, clientes, materia prima directa e indirecta, proceso de transformación, trabajadores directos e indirectos, y todos aquellos sistemas que organizan y controlan el proceso que llevan acciones y decisiones que se deben tomar para el buen funcionamiento y operación en la producción.

Los procesos de manufactura son los elementos principales en cualquier sistema de producción. Es característica principal de los procesos que haya un flujo de información y de materiales. El flujo de materiales es físico y se puede apreciar, pero el flujo de información es más difícil de rastrear. Actualmente se le ha dado la misma importancia al flujo de información y al flujo de materiales, dado que es importante el flujo de información a lo largo de los sistemas de producción en todos sentidos.

Los materiales fluyen a lo largo de los procesos para convertirse de un inventario de materia prima a un inventario de materia en proceso, denominada así, cuando ha sufrido alguna transformación en las estaciones de trabajo pero no es necesario que siga la misma ruta cada vez.

El flujo de procesos en el área de producción está compuesto por los proveedores que brindan la materia prima. Esta materia que también es almacenada e inventariada sufre a su vez uno o varios procesos de transformación, convirtiendo el material en producto terminado y finalmente a disposición de los clientes. Los materiales llegan a los clientes finales a través de intermediarios, como centros de distribución o almacenes.

Por otra parte el flujo de información en los procesos está fundamentada en una base de datos en común, que de servicio a todas las funciones y actividades del sistema de producción. Ésta base de datos se encarga de la integración de la información de todas las áreas y el resultado de este flujo se ve en todas las actividades del proceso.

Las personas, los procesos y los materiales deben estar coordinados para asegurar que un producto de calidad se complete a tiempo y con bajo costo. Aunque esto pueda sonar complicado, estos conceptos están exentos de la complejidad de la elección de tecnología, mantenimiento del equipo, aspectos financieros, publicidad, mercadotecnia, distribución, etc.

La característica principal de los procesos de manufactura es la transformación de la materia prima en producto, mientras que su finalidad es agregar valor a las materias primas en cada etapa de conversión realizada. La meta de los procesos debe ser competitiva y debe de cumplir de manera simultánea con la calidad, el costo y el tiempo, aunque si se dedica el mejorar uno de estos factores, los otros por consecuencia pueden mejorar.

El volumen de producción y la variedad de productos determina el tipo de diseño o distribución de la planta (layout), existen dos tipos principales de distribución de planta:

- La *producción intermitente* fabrica un volumen bajo de productos según el pedido, este tipo de producción tiene varios elementos:
  - Los trabajadores deben de tener la capacidad de realizar varios productos.
  - Casi siempre se usa un equipo para propósitos generales, que puede manejar dentro de ciertos límites.
  - Cada trabajo sigue su propia trayectoria o ruta en la planta.
- La *distribución por proceso* es ideal para altos volúmenes de producción y esta basada en:
  - Agrupar máquinas similares.
  - Los productos siguen el mismo flujo de producción y secuencia de operaciones.

La administración de una planta de producción difiere del taller intermitente. En lugar de una producción diaria, el problema crítico es establecer y balancear las tareas que se realizan en la línea de ensamble para asegurar una operación estable.

Algunas variantes de estas plantas productivas son, la producción lote por lote, la cual no produce lotes grandes, se produce en lotes que varían en tamaño. También está definido el taller por proyecto el cuál el proyecto se realiza por una sola vez y hecho a la medida. Una distribución por posición fija es cuando se tiene que construir algo en un lugar específico que no se puede mover para producirse.

El taller de producción de flujo continuo se caracteriza por una circulación continua, no producen unidades discretas y sufren de transformaciones para convertirse en producto final.

Estas variaciones se pueden dar según las necesidades de cada procedimiento y pueden ser denominados de acuerdo a su naturaleza y necesidades. Se mencionaron algunas variantes, cabe destacar que éstas no son únicas.

Las tecnologías de administración de la producción comprenden aspectos como comportamiento, tecnología de procesos, calidad, planeación, control de la producción.

## **Marco de referencia**

En este estudio aunque el sistema de producción puede verse como un sistema orientado a servicio, finalmente es un sistema de manufactura. Esto se debe a que la información obtenida en la tomografía se registra en una placa, la cual es entregada a los pacientes o doctores involucrados. En el caso de los pacientes la demanda es conocida.

Cabe destacar que la tomografía además de ser un estudio de vanguardia, existe una gran tecnología detrás y un amplio reconocimiento médico. Ya que, gracias a él, es posible identificar lesiones internas en los pacientes al ser plasmadas en un gráfico.

El flujo de procesos en el estudio de tomografía inicia, cuando el médico le solicita al paciente que se realice éste estudio para identificar si existe alguna lesión interna. Cuando el paciente ingresa a la sala es sometido a diferentes procesos para poder recibir la tomografía. En este caso el proveedor es el doctor que solicita el estudio de tomografía y el producto terminado es la tomografía impresa.

El flujo de información se ve en todas las áreas en este procedimiento de toma de tomografía. Éste flujo es de suma importancia por lo delicado y la atención que se debe prestar al procedimiento. Todas las actividades deben ser realizadas contando con toda la información de los avances e impactos en todas las áreas involucradas, así como una eficiente comunicación entre todos los miembros del proceso.

Este análisis está enfocado en mejorar los tiempos de producción para satisfacer la demanda de cierto hospital en la realización de tomografías. Se debía satisfacer la demanda, sin descuidar la calidad y los costos. Sin embargo, no se pudo obtener los valores de éstos últimos debido a que no eran de fácil acceso.

Se solicitó un permiso especial por 4 días para poder tomar lecturas. Uno fue aprovechado para familiarizarse e identificar cada actividad del proceso, se tuvo la precaución de no estorbar en la realización del procedimiento. Se intentó pasar desapercibido para que las personas involucradas en el procedimiento actuaran libremente, y que de ésta forma no se sintieran ni observados ni medidos. Se conversó con todas las personas involucradas en el proceso, de forma que no se sintieran cuestionados o agredidos por la manera que llevaban a cabo sus actividades.

Las variaciones que pueden existir en este proceso son por el tipo de estudio que se vaya a realizar. Es decir, éstas dependen de la parte del cuerpo que se vaya a estudiar y la profundidad del estudio. El medio de contraste, por ejemplo, sirve para maquillar ciertas zonas mientras que con las radiaciones se identifican las densidades de lo que se encuentra dentro del cuerpo. Sin embargo los procedimientos son los mismos, es por esto que se puede clasificar como producción por lote. Ya que se producen bajos volúmenes pero siguiendo el mismo procedimiento.



# 1. Descripción del Proceso.

## 1.1 Etapas del proceso.

El procedimiento de la realización de tomografía se compone de las siguientes actividades:

1. **Recibir:** una vez que el paciente ha realizado una cita previa, y conociendo las indicaciones para poder realizar el estudio<sup>1</sup> (no haber ingerido alimentos, haber bebido agua y portar la vestimenta adecuada), esta parte del proceso abarca desde que se encuentra en la sala de espera hasta que es transportado al área de preparación.
2. **Canalizar:** Si el paciente es externo<sup>2</sup> lo preparan para aplicarle un catéter o un sistema de infusión, si el paciente es interno por lo general ya llega listo.
3. **Acomodar:** Se realizan todos los ajustes y adecuaciones al tomógrafo, dependiendo del estudio que se vaya a realizar.
4. **Rellenar inyector:** el inyector es la herramienta que permite el paso del medio de contraste, es un aditamento del tomógrafo, se debe llenar con los ml. necesarios a ocupar en los diferentes estudios a realizar.
5. **Conectar:** Una vez que el paciente está canalizado y el inyector listo; por medio de un espiral se hace la conexión.
6. **Datos y selección:** Se ingresan los datos del paciente, se selecciona el tipo de estudio y se da un "escaneo" sobre la parte que se busca estudiar.
7. **Suministro de Contraste:** Una vez establecida el área, se suministra el medio de contraste vigilando que no haya infiltración.
8. **Tomografía:** Es la parte donde se obtienen las imágenes solicitadas, donde el estudio es comentado entre los Residentes y los Médicos.
9. **Descanalizar y salida:** Deshabilitar al paciente para que pueda retirarse y observando si existe algún síntoma.

---

<sup>1</sup> Se deben seguir estas indicaciones para evitar reacciones en el paciente al suministrar el medio de contraste.

<sup>2</sup> Que no esté hospitalizado.

Cabe destacar que hay actividades que se realizan simultáneamente tal y como se muestra en la siguiente imagen: Fig. (1)

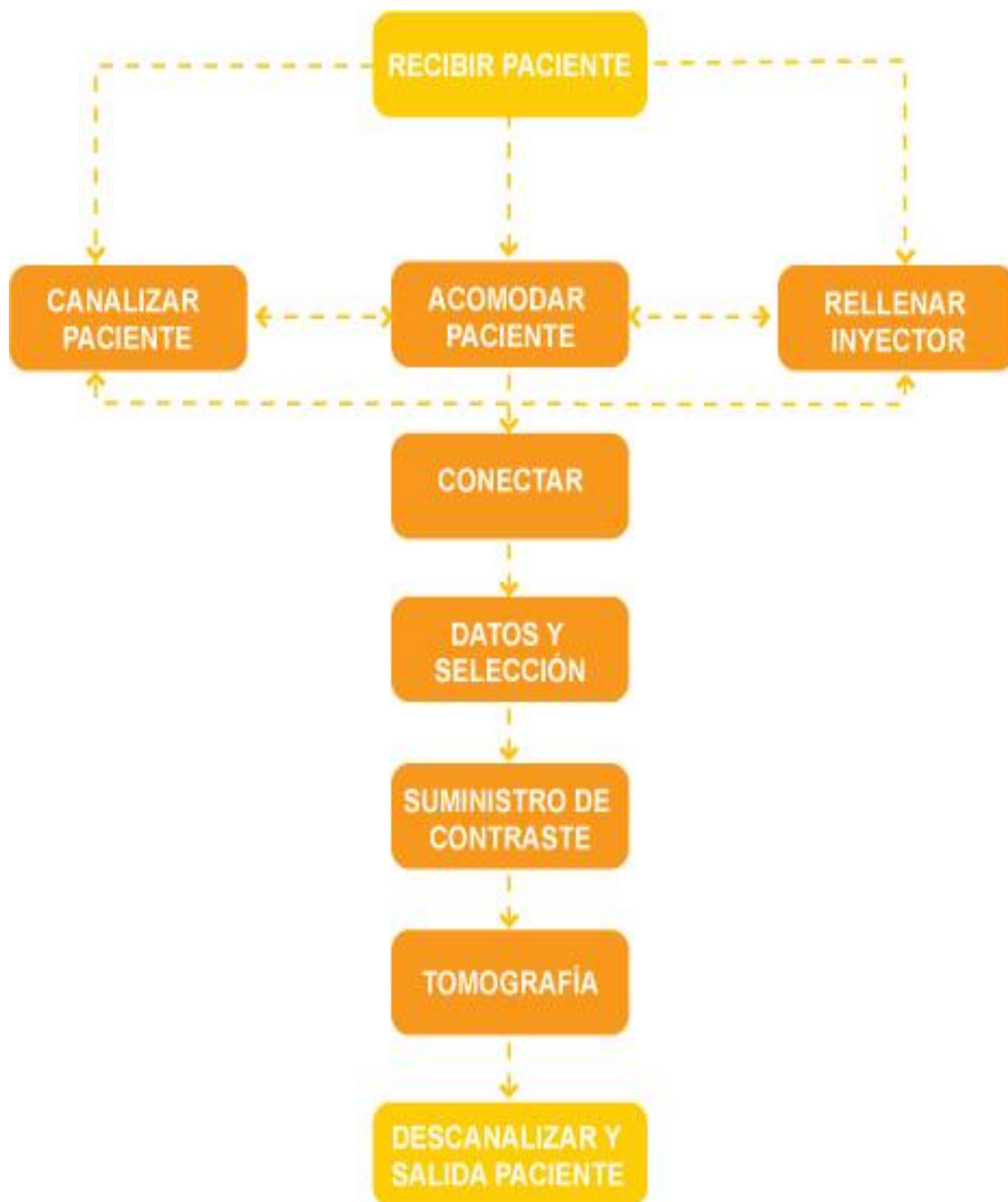


Fig. (1): Esquema de actividades

## 1.2 Personal involucrado.

En este procedimiento interviene tanto personal de planta como residentes.

El personal de está formado por:

- ⇒ Una enfermera que debe cumplir con 5 hrs. en 3 diferentes estudios en un turno.
- ⇒ Un técnico por estudio que cumple el mismo horario que la enfermera.
- ⇒ Un médico a cargo por solo un turno.
- ⇒ Por otra parte los residentes. Son estudiantes de medicina que realizan su especialidad en radiología y cada 2 meses los rotan para que conozcan y se involucren en todos los estudios que se realizan.

A continuación se muestra un cuadro con las actividades que realiza cada persona involucrada en el proceso. Tabla 1

		ACTIVIDAD EN LA QUE INTERVIENE								
		Recibir	Canalizar	Acomodar	Rellenar Inyector	Conectar	Datos y Selección	Suministro de Contraste	Tomografía	Descanalizar y Salida
PERSONAL	Enfermera	█					█			
	Técnico	█								
	Residente 2	█							█	
	Residente 3	█							█	
	Médico	█							█	

Tabla 1: Cuadro de actividades

En la siguiente figura encontramos otra manera gráfica de esquematizar la asignación de actividades dentro del proceso. Fig. (2)

Tomografía Siglo XXI

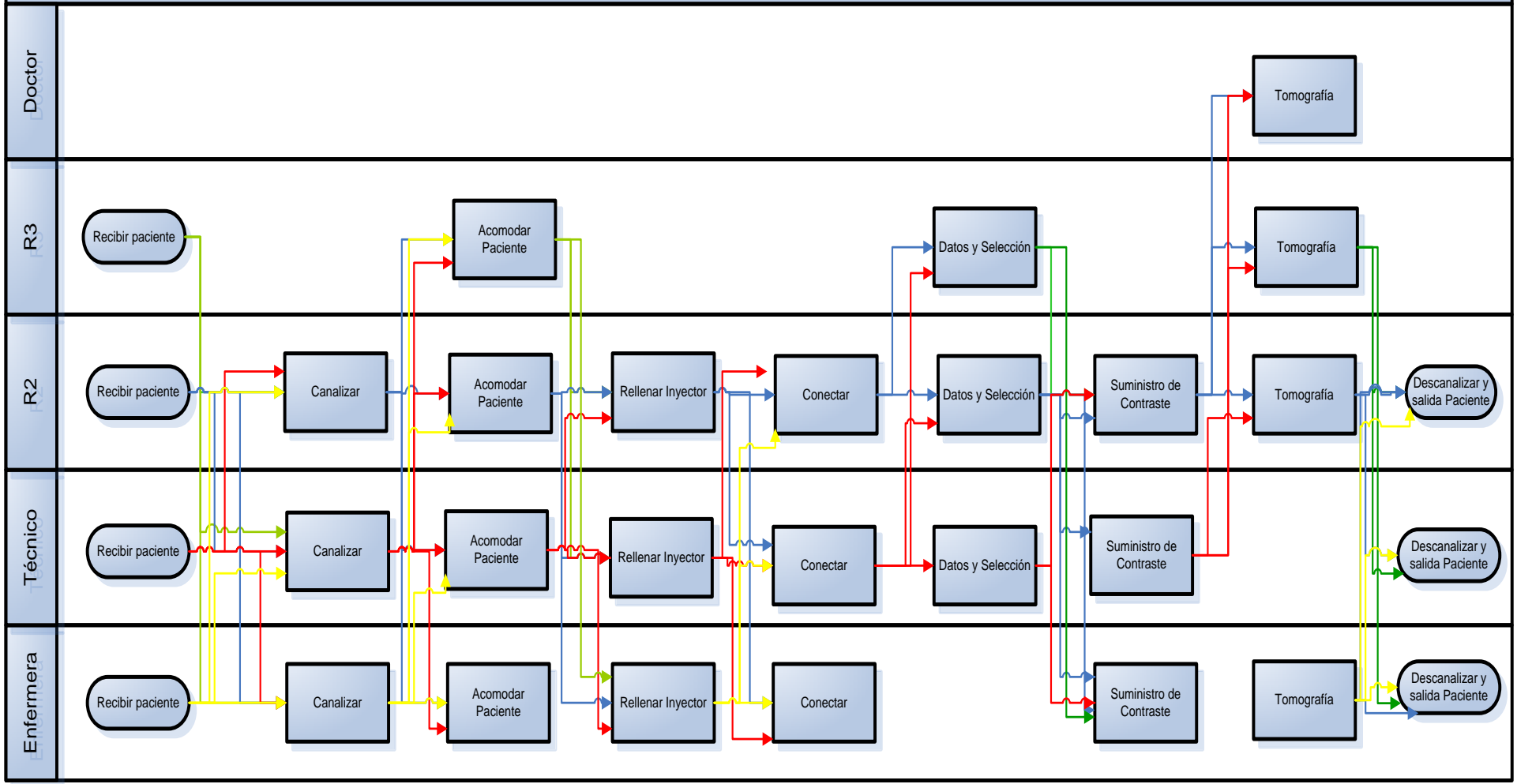


Fig. (2): Mapeo de proceso

## 2. Recolección de datos.

Después de observar, entender e involucrarse con el proceso, se establecieron las diferentes actividades antes descritas, fueron tomados los tiempos por pacientes y vaciados en la tabla 2.

	Tiempo (min)																							Tiempo neto por Operación (min)
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Entra Paciente																								
Canalizar																								
Acomodar																								
Rellenar inyector																								
Conectar																								
Datos, selección y ajuste																								
Error																								
Tomografía																								
Descanalizar																								
Error																								
Tiempo total																								
Tipo de estudio																								
ml de contraste																								
No. de personas interviniendo																								

Tabla 2: Tabla de datos

Los datos obtenidos con cada paciente se pueden consultar en el Anexo 1.

### 2.1 Tamaño de muestra.

En cualquier análisis lo primero que se debe cuestionar es el tamaño que deben tener la o las muestras. Este análisis, no es la excepción. Se utilizó el programa MINITAB para la obtención de éste. Sin embargo, se definen los siguientes términos y su relación como marco teórico para así poder justificar el tamaño de muestra obtenido en dicho programa.

**Población:** Una población es un conjunto de elementos (sujetos, objetos, entidades abstractas, etc.) que poseen una o más características en común.

**Muestra:** Una muestra es un subconjunto de elementos de una población.

Para extraer conclusiones validas e imparciales referidas a todos los elementos de la población a partir de la observación de sólo unos pocos elementos, es necesario, que la muestra utilizada sea representativa de la población; esto se consigue mediante las “técnicas de muestreo”.

**Tamaño muestral:** es el número de elementos que constituyen la muestra. Los elementos que componen la muestra se seleccionarán de la población generalmente de forma aleatoria, por tanto una muestra de tamaño “n” puede interpretarse como una variable aleatoria n-dimensional cuya distribución de probabilidad dependerá de la distribución de probabilidad  $F(X)$  de la población y del tamaño muestral “n”.

**Estadístico:** un estadístico es un valor numérico que describe una característica de una muestra. Su valor concreto depende de los valores de la muestra seleccionada en la que es calculado. Es evidente que de una población cualquiera es posible extraer más de una muestra diferente del mismo tamaño, por tanto el valor de un estadístico varía de una muestra a otra. Un estadístico no es un valor numérico constante (como lo es un parámetro), sino que es una variable: su valor concreto depende de la muestra en la que es calculado.

#### **Muestreo Aleatorio Simple:**

Del universo se extrae una muestra de tamaño “n”, dando a cada unidad la misma probabilidad de ser extraída. La muestra se puede extraer:

- **Con reemplazo:** cuando una unidad seleccionada en una extracción se devuelve a la población y puede participar en las siguientes extracciones, pudiéndose extraer dicha unidad dos veces o más. La composición de la población siempre es la misma y el elemento puede ser seleccionado nuevamente. Al no modificarse la composición de la población el elemento puede ser elegido en cada extracción con la misma probabilidad.
- **Sin reemplazo:** una vez extraída una unidad, no se la vuelve a tomar en cuenta para las siguientes extracciones. La población se modifica después de cada extracción y las probabilidades de elegir cada elemento no permanecen constantes.

El muestreo aleatorio simple es la base del método del muestreo.

**Error de estimación:** llamamos error de estimación a la diferencia entre el valor estimado del parámetro (usualmente la media) y el verdadero valor del parámetro que en general será desconocido. El error de estimación va medido en las mismas unidades que el parámetro que deseamos estimar.

**Intervalo de confianza:** al estimar un parámetro, es usual indicar un intervalo de valores en el que se tiene una determinada probabilidad (confianza) que contenga el verdadero valor del parámetro que se está estimado.>

**Nivel de confianza:** Es el grado de confianza que tenemos de que el intervalo dado contenga el verdadero valor del intervalo.

La teoría nos dice que una forma de disminuir el error de estimación es aumentar el tamaño de la muestra. Si éste incluye el total de la población, entonces éste sería igual a cero.

Con esto en mente, parece razonable que para un nivel de confianza fijo, sea posible determinar un tamaño de la muestra tal que el error de estimación sea tan pequeño como queramos. Para ser más precisa, dado un nivel de confianza y un error fijo de estimación, se puede determinar un tamaño de muestra  $n$  tal que:

$$P ( | \mu - x | \leq \varepsilon ) = 1 - \alpha \quad \text{Nivel de confianza.}$$

Con el propósito de determinar  $n$ . En este caso, como se trata de una población finita y un muestreo sin reemplazo, el error de estimación se convierte en:

$$\varepsilon = \frac{z\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

Donde:

$\varepsilon$  : Máximo error entre media muestral y media poblacional.

$Z$ : Estadístico.

$\sigma$  : Desviación estándar (sigma cuadrada: varianza poblacional)

$N$ : Tamaño de la población.

$n$  : Tamaño de muestra.

Así pues elevamos al cuadrado en ambos lados y despejamos  $n$  para obtener el tamaño de muestra.

$$n = \frac{z^2 \sigma^2 N}{\varepsilon^2 (N - 1) + z^2 \sigma^2}$$

De los datos obtenidos a un nivel de confianza de 96%, un error entre media poblacional y media de la muestra (epsilon) de 2 min. El tamaño de población es de 1212 tomografías al mes, con una desviación estándar de 4.5125, de tablas  $z = 2.053$ . Por lo tanto  $n$  se calcula:

$$n = \frac{(2.053)^2 \times (4.5125)^2 \times (1212)}{(2^2) \times (1212 - 1) + (2.053^2)(4.51^2)}$$

$$n = 21.077$$

Aproximando el valor al entero siguiente:

$$n = 22 \text{tomografías}$$

Con este resultado validamos lo obtenido en el programa.

## 2.2 Obtención de datos

Una vez determinado el tamaño de muestra, se definió la metodología a seguir para poder tomar tiempos de las diferentes actividades del proceso. Se definieron los indicadores para resaltar el inicio y fin de las actividades y errores, para tomar las lecturas. A continuación se muestra la tabla 3 de tiempos leídos.



No. PACIENTE	TIEMPO (min.)
1	22.71
2	17.23
3	19.216
4	16.26
5	14.78
6	15.883
7	20.9
8	17.25
9	15.68
10	30.36
11	16.46
12	18.383
13	15.61
14	13.3
15	11.9
16	17.233
17	11.28
18	12.1
19	9.78
20	19.43
21	14.48
22	11.56
<b>Promedio</b>	<b>16.44 (min.)</b>

Tabla 3: Tiempos obtenidos

En la tabla 4 se observan otros tiempos tomados:

Actividad/Día	1	2	3	Promedio
Tiempo planeado (min/día)	15	15	15	15
Tiempo de preparacion y ajustes (min/día)	28.41	23.99	28.59	27.00
Tiempo no planeado de la maquina (min/dia)	73.45	86.55	117.14	92.38
Tiempo mínimo del ciclo (min/día)	9.78	9.78	9.78	9.78
Minor Stops	16.45	16.45	16.45	16.45
Retrabajos	63.336	71.40	75.06	69.93
Produccion actual (unidades/día)	22	20	19	20
Demanda (unidades/día)	39	37	31	36
Clase y limpieza	60	60	60	60

Tabla 4: Otros tiempos

## 2.3 Otros valores

Además se tomaron las lecturas durante 3 días de un solo turno:

- Tiempo Turno: es el total de tiempo de 1 turno = 7hrs. = 420 min.
- Descansos: tiempo contemplado en el turno para descansos, (no hay descansos permitidos o establecidos durante el proceso).
- Sesiones: tiempo destinado para que los residentes tomen clases y capacitación, 60 min. = 1 hr.
- Tiempo de preparación del equipo: es el tiempo necesario para tener el área de trabajo en condiciones aceptables de limpieza y orden. En promedio este tiempo es de 27 min. / turno.
- Tiempo disponible: el tiempo real que está disponible el equipo es de 332.3 min./ turno.
- Demanda: total de tomografías solicitadas por turno= 34 tomografías en promedio.

### **3. Áreas de oportunidad en el proceso.**

En la observación del proceso se destacaron y midieron las principales áreas de oportunidad con la finalidad de proponer mejoras para disminuir tiempo y así aumentar la productividad del proceso, para esto se midió la frecuencia y el tiempo desperdiciado y para poder analizarlo por medio del principio de Pareto que nos dice que el 20% de cualquier cosa producirá el 80% de los efectos, mientras que el 80% restante sólo cuenta para el 20% de los efectos.

Las áreas de oportunidad en destacadas en el proceso son:

- **Canalizar:** Frecuentemente se repite esta actividad ya que depende de la habilidad del enfermero y del tipo de vena del paciente, se debe realizar rápido y con cuidado para evitar el dolor e incomodidad del paciente.
- **Comunicación:** Existen ciertas actividades del proceso en las que el equipo de trabajo no está involucrado, es necesario que todos sepan y conozcan sobre lo que se va a realizar y lo que se necesita para hacer la tomografía correctamente, también es importante la comunicación con los camilleros (que no interfieren directamente en el proceso) cuando bajan a los pacientes.
- **Datos del paciente:** Es importante que todos los involucrados conozcan los datos del paciente y que estén disponibles de manera clara y accesible.
- **Ajustes:** Cuando se desconoce el tipo de estudio que se va a realizar, se tiende a no saber que ajustes o cambios de posiciones se le harán al tomógrafo.
- **Documentos:** Las tomografías que están listas para entregarse están desordenadas y no se mantiene un patrón en el día a día.
- **Conocimiento:** En ocasiones no se cuenta con la información suficiente para poder interpretar o realizar los estudios debido a la falta de conocimiento por algún tipo de duda en la especificación y requerimientos de la tomografía.
- **Posicionar:** Es frecuente que el paciente se vuelva a posicionar debido a que se desconoce el tipo de estudio que se va a realizar, que el paciente se mueva o simplemente no se acomode bien desde un principio.
- **Transporte:** Se realizan movimientos y transportes innecesarios durante el proceso lo cuál hace que el tiempo se prolongue.

- Organización: Es necesario que todos conozcan el procedimiento y las actividades del resto del equipo para un buen desempeño en la realización de las tomografías.
- Recepción de Solicitud: Una vez que el médico solicita la tomografía, el paciente debe ir a pedir la cita y el equipo de trabajo del área debe de agendar e identificar el tipo de estudio.

También se puede tomar como área de oportunidad cuando el médico hace una solicitud de tomografía, ya que desde que él está llevando el caso del paciente y debe señalar si es necesario el suministro de medio de contraste o no. Este error está cuantificado en “datos paciente”, ya que desde ese momento se cuestiona sobre el tipo de tomografía que será programada.

A continuación se muestra la tabla 5: tiempo promedio desperdiciado por paciente.

No. PACIENTE	Tiempo desperdiciado por errores (min.)
1	0.58
2	4.08
3	2.608
4	1.797
5	0.18
6	0.06
7	1.81
8	9.47
9	1.48
10	10.65
11	5.31
12	3.84
13	5.21
14	1.35
15	0.54
16	4.08
17	0
18	3.03
19	0
20	6.68
21	1.933
22	0
<b>Promedio</b>	<b>2.94 (min.)</b>

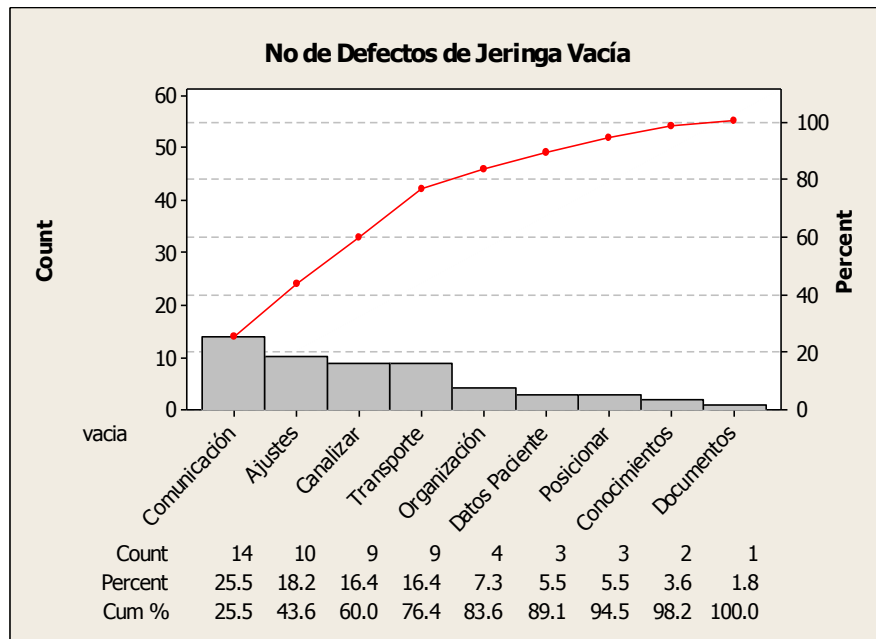
Tabla 5: Tiempo promedio de tiempo desperdiciado.

En la tabla 6 se muestra la frecuencia de los diferentes tipos de errores presentados en la muestra.

Frecuencia	
TIPO DE ERROR	FRECUENCIA
Comunicación	14
Ajustes	10
Canalizar	9
Transporte	9
Organización	4
Datos Paciente	3
Posicionar	3
Conocimientos	2
Documentos	1
<b>Total</b>	<b>55</b>

Tabla 6: Frecuencia de errores.

En la Gráfica (1), se analiza la frecuencia de estos errores gráficamente.



Gráfica (1): Pareto de Frecuencias

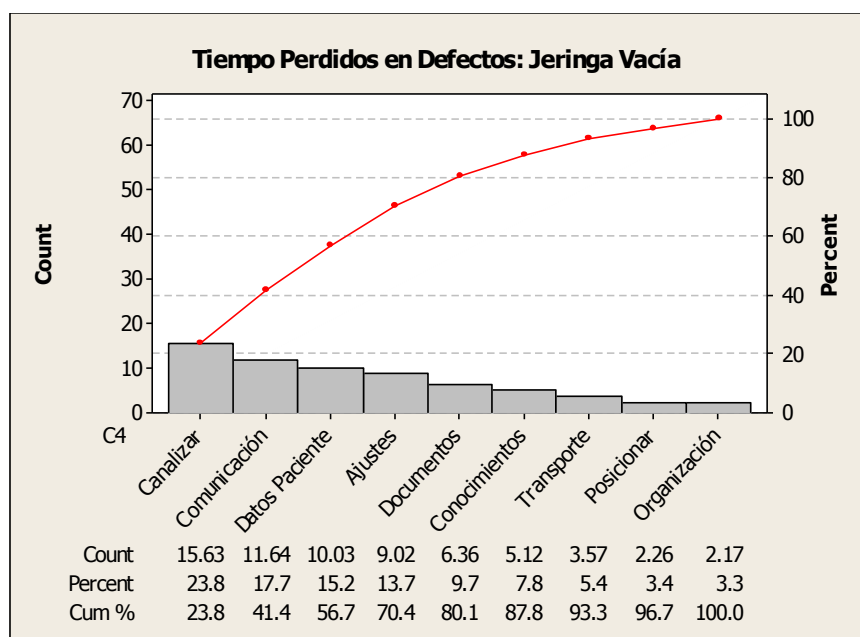
De aquí podemos destacar que de 55 errores observados en nuestra muestra, 42 se presentan por falta de comunicación, ajustes, canalización y transporte.

Siguiendo con el principio de Pareto, se tomaron los tiempos de los errores. En la Tabla 7 se presentan cuantitativamente estos errores.

Tiempo	
TIPO DE ERROR	FRECUENCIA (min)
Canalizar	15.63
Comunicación	11.64
Datos Paciente	10.03
Ajustes	9.02
Documentos	6.36
Conocimientos	5.12
Transporte	3.57
Posicionar	2.26
Organización	2.17
<b>Total</b>	<b>65.8</b>

Tabla 7: Tiempo de errores

En la Gráfica (2) se analizan estos errores gráficamente.



Gráfica (2): Pareto de tiempo

De este resultado podemos decir que 52.68 minutos son desperdiciados en canalizar, comunicar, obtención de datos, ajustes y recolección de documentos.

Las áreas de oportunidad que se destacan en ambos ejercicios son: **comunicación, canalizar y ajustes**, producidas por el factor humano.

#### 4. Takt Time: balanceo de líneas.

Este concepto se puede definir como el máximo tiempo permitido de producción en función de la demanda. En otras palabras, es el tiempo ciclo. Este término se deriva de la palabra alemana taktzeit que significa ritmo o golpe.

$$TaktTime = TiempoDisponible \div Demanda$$

Para este caso en particular: es el tiempo en el cual se debería realizar una tomografía para satisfacer la demanda, donde el tiempo disponible es el tiempo en un turno, la demanda es el número de estudios que se solicitan en un turno.

Se midió el tiempo que llevó realizar las tomografías:

No. PACIENTE	TIEMPO (min.)
1	22.71
2	17.23
3	19.216
4	16.26
5	14.78
6	15.883
7	20.9
8	17.25
9	15.68
10	30.36
11	16.46
12	18.383
13	15.61
14	13.3
15	11.9
16	17.233
17	11.28
18	12.1
19	9.78
20	19.43
21	14.48
22	11.56
<b>Promedio</b>	<b>16.44 (min.)</b>

Tabla 3: Tiempos obtenidos

De la tabla 3 observamos que: Ciclo Mínimo = 9.78 min.

Basándonos en los datos, el takt time se demuestra en la tabla 8:

<b>Día (1 turno)</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Tiempo (min.)</b>
<b>Tiempo del turno</b>	420.00
<b>Descansos</b>	0.00
<b>Sesiones</b>	60.00
<b>Tiempo de preparación del equipo</b>	27.70
<b>Tiempo disponible</b>	332.30
<b>Demanda</b>	34.00
<b>Takt Time (min.)</b>	<b>9.77</b>

Tabla 8: Takt Time

El tiempo promedio por actividad y por paciente se muestra en la tabla 9:

<b>Operación</b>	<b>Tiempo Promedio</b>
<b>Entra Paciente</b>	3.07
<b>Canalizar</b>	1.74
<b>Ajustes</b>	1.83
<b>Rellenar inyector</b>	1.70
<b>Conectar</b>	0.59
<b>Datos, selección y ajuste</b>	2.80
<b>Suministro de medio de contraste</b>	1.08
<b>Tomografía</b>	2.15
<b>Descanalizar</b>	1.84

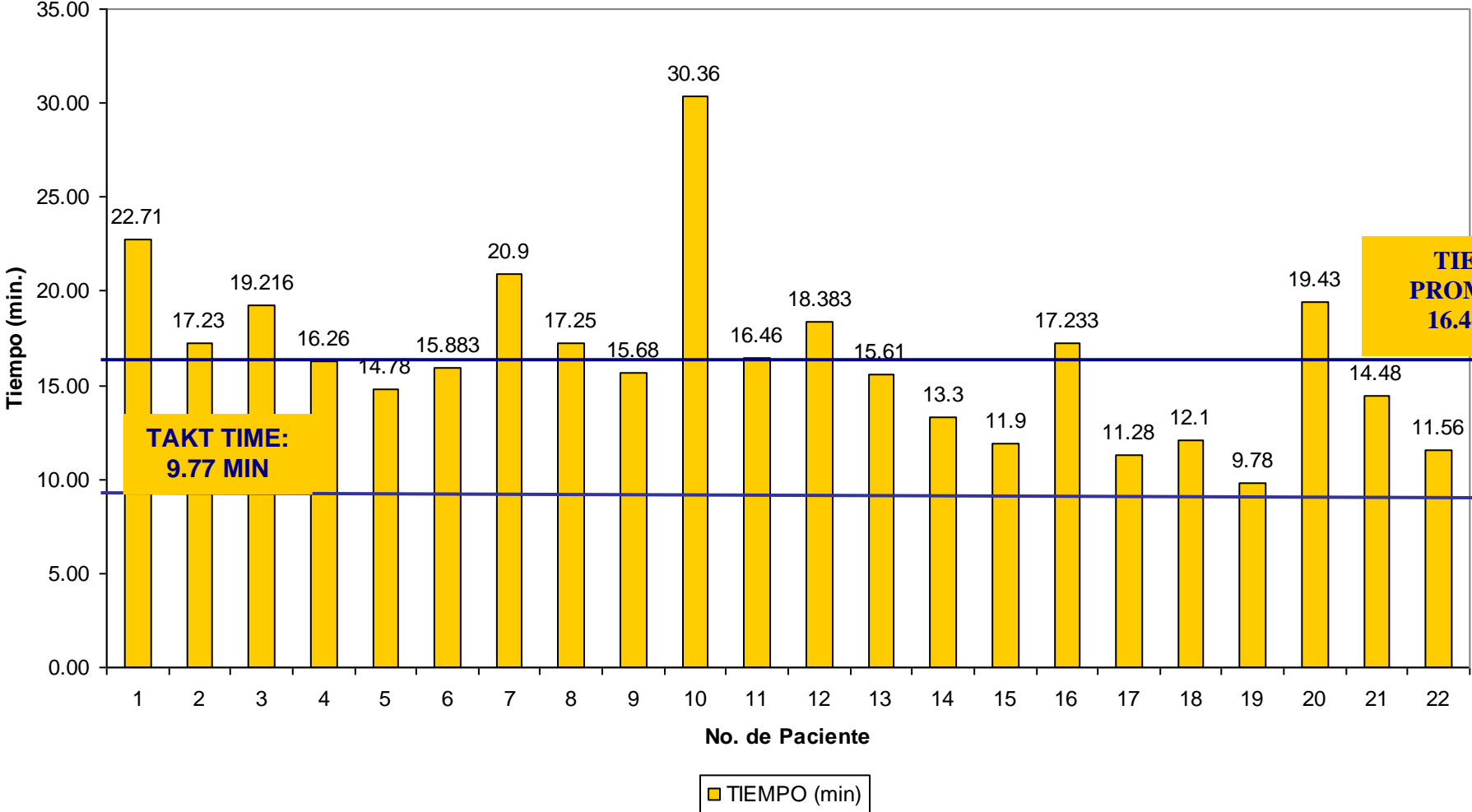
Tabla 9: Tiempo promedio por actividad.

En la gráfica (3). Takt time vs. Tiempo promedio observamos:

- Ninguna de nuestras lecturas es menor o igual al Takt Time Obtenido.
- Entre el tiempo promedio y el Takt Time hay una diferencia de 6.67 minutos.
- En promedio se realizan 20 tomografías por turno, se dejan de hacer 14 comparando con el Takt Time.
- Si se evitaran los errores en las tomografías en promedio cada tomografía se haría en 13.50 min., lo que nos dice que se podrían realizar 24 tomografías por turno, 20% más de lo que se realiza actualmente.
- La diferencia entre el takt time y el tiempo de ciclo mínimo es de 0.01 min.



**TIEMPO POR PACIENTE (min)**



Gráfica (3). Takt time vs. Tiempo promedio

## 5. Eficiencia del proceso.

### 5.1 Definición de eficiencia.

La bibliografía define a la eficiencia como el uso racional de los medios con que se cuenta para alcanzar un objetivo predeterminado. Capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles.

$$\varepsilon = \frac{\text{Resultados}}{\text{Recursos}}$$

La eficiencia es un factor que se debe cuidar en cada etapa del proceso, cabe resaltar que en este caso, el factor humano juega un papel de vida o muerte, es por esto que la eficiencia en los aspectos controlables debe ser sumamente alta.

A continuación se describe y aplica otro concepto para medir la eficiencia del proceso más detalladamente, en este concepto se consideran aspectos de disponibilidad, rendimiento y calidad del proceso.

### 5.2 OEE (Overall Equipment Effectiveness): Eficiencia total del procedimiento.

El OEE es un índice el cual mide la eficiencia de los procesos, está compuesto por 3 subíndices:

- Disponibilidad: nos dice el tiempo en que se puede utilizar el equipo.
- Rendimiento: el índice de rendimiento nos compara lo que se realiza con respecto a lo que se podría.
- Calidad: nos dice qué tan bien se están haciendo las cosas para nuestros estándares.

El OEE indica como efectivamente el proceso está siendo realizado comparado con el procedimiento ideal, así se observa en la tabla 10.

<b>OEE</b>			
<b>OEE DISPONIBILIDAD</b>			
<b>Disponibilidad del equipo</b>			
Tiempo planeado de producción	=	Tiempo total por turno	- Paros planeados
360.00		420	60.00
<b>Tiempo de Operción</b>			
	=	Tiempo planeado de producción	- Tiempo de preparación del equipo
333.00		360.00	27.00
<b>OEE DISPONIBILIDAD</b>	=	<b>92.50%</b>	
<b>OEE RENDIMIENTO</b>			
<b>Tasa ideal de Producción</b>			
34	=	Tiempo de Operación	Ciclo Mínimo
		333.00	9.78
Producción Actual		20	
<b>OEE RENDIMIENTO</b>	=	<b>59.72%</b>	
<b>OEE CALIDAD</b>			
<b>Tiempo neto de operación</b>			
330.06	=	Tiempo de Operación	Paros no programados
		333.00	2.94
<b>Índice de calidad</b>			
Tiempo completo de producción	=	Tiempo neto de Producción	- Tiempo de Retrabajos
260.13		330.06	69.93
<b>OEE CALIDAD</b>	=	<b>78.81%</b>	
<b>OEE TOTAL</b>	=	<b>43.54%</b>	

Tabla (10): Eficiencia del procedimiento

### Índice de disponibilidad.

Se calcula:

Tiempo planeado de Producción: Tiempo total por turno – Paros Planeados

$$\text{Tiempo planeado de Producción} = 420 - 60 \text{ (min.)} = 360 \text{ min.}$$

Tiempo de operación: Tiempo planeado de producción – Tiempo preparación del equipo.

$$\text{Tiempo de operación} = 360 - 27 \text{ (promedio de los 3 días)} = 333 \text{ min.}$$

**Índice de disponibilidad: Tiempo de Operación / Tiempo planeado de Producción**

$$\text{Índice de disponibilidad} = 333 / 360 \text{ min.} = 0.9250 = \mathbf{92.50\%}$$

### **Índice de rendimiento.**

Se calcula:

Tasa ideal de producción: Tiempo neto del ciclo / Tiempo Mínimo del ciclo

$$\text{Tasa ideal de producción} = 333 \text{ min.} / 9.78 \text{ min.} = 34 \text{ tomografías}$$

Producción Actual: Cantidad promedio de producción actual.

$$\text{Producción actual} = 20 \text{ tomografías por turno.}$$

**Índice de rendimiento: Producción actual / Tasa ideal de producción.**

$$\text{Índice de rendimiento} = 20 / 34 = 0.5972 = \mathbf{59.72\%}$$

### **Índice de calidad.**

Se Calcula:

Tiempo Neto de Operación: Tiempo de operación - Paros no programados

$$\text{Tiempo neto de operación} = 333 \text{ min.} - 2.94 \text{ min.} = 330.06 \text{ min.}$$

Tiempo completo de producción: Tiempo neto de operación – Tiempo de retrabajos.

$$\text{Tiempo completo de producción} = 330.06 - 69.93 = 260.13 \text{ min.}$$

**Índice de calidad: Tiempo completo de producción / Tiempo Neto de Operación.**

$$\text{Índice de calidad} = 260.13 / 330.06 = 0.7881 = \mathbf{78.81\%}$$

### **OEE: Disponibilidad x Rendimiento x Calidad**

$$\text{OEE} = 0.9250 \times 0.5972 \times 0.7881 = 0.4354$$

$$\mathbf{\text{OEE} = 43.54\%}$$

El proceso presenta una eficiencia del 43.54%. Lo que, en términos generales significa que es un proceso poco eficiente.

## 6. Diagrama de Spaghetti o diagrama de hilos.

Por medio de un diagrama, maqueta o plano a escala se representa el trayecto o desplazamiento de los trabajadores y del material durante el proceso, tiene como finalidad destacar la importancia de las actividades y reducir las distancias de los recorridos para mejorar la distribución y desplazamiento.

La metodología para representar este diagrama es sencilla y económica solo se requiere un plano en donde se desarrollan las actividades, e ir trazando con diferentes colores el desplazamiento del personal o de los materiales.

En este estudio se demuestra por medio de un diagrama, como está ubicada el área de la tomografía y los movimientos de cada uno de los integrantes del equipo en torno al paciente. Por medio de la propuesta se busca eliminar los cruces y hacer más dinámico el movimiento dentro del servicio. Para el diagrama se utilizó la siguiente simbología:



Fig. (3): Simbología

La descripción de esta simbología es:

- **Armarios:** Es donde se almacenan los materiales para llenar el carro rojo.
- **Carro rojo:** Es donde se coloca todo el material que se requiere tener a la mano para la canalización y reacciones no esperadas de los pacientes por el suministro del medio de contraste.
- **Cama:** Lugar en donde se recupera al paciente después de haber recibido el medio de contraste en caso de tener una reacción a éste.
- **Anestesia:** Equipo de resurrección como apoyo en caso de emergencia.
- **Anaqueles:** Lugar asignado para acomodar los aditamentos del tomógrafo dependiendo del tipo de paciente y estudio a realizarse.
- **Mesa de citas:** Lugar en donde se programan las citas de los pacientes para poder realizarse el estudio de tomografía.
- **Ropa sucia:** Cesto en donde se depositan las sábanas y ropa sucia que fue utilizada por cada paciente.
- **Fuente de poder:** Fuente de energía del tomógrafo.
- **Tomógrafo:** Elemento principal para realizar este estudio.
- **Impresora:** Impresora especial de placas de las tomografías.
- **Archivero:** Mueble que en teoría está para almacenar documentos de los pacientes, en realidad es utilizado para guardar otro tipo de cosas.
- **Computadora:** En esta computadora es donde el médico y los residentes analizan los casos y dan un diagnóstico de lo observado para que los médicos especialistas puedan dar tratamiento al padecimiento.
- **Flechas de color:** Las flechas de colores representan al desplazamiento de cada uno de los participantes en el proceso.

A continuación se mostrará por medio de un diagrama, fig. (4), los movimientos del personal involucrado en el procedimiento descrito en el primer capítulo, en las diferentes estaciones de trabajo. Se pueden observar los cruces y estorbos, posteriormente se sugiere una reubicación del área para aumentar la eficiencia.

En este diagrama observamos:

- Se hace un cruce forzado en el área del carro rojo (que se encuentra dentro del tomógrafo) y el inyector, este cruce es necesario eliminarlo ya que se encuentra cerca de la puerta por donde tiene acceso el equipo médico.
- El horno en donde se calienta el medio de contraste se localiza alejado del carro rojo donde se encuentran todos los aditamentos para alistar al inyector, este horno se ubica en el otro cuarto.
- El cesto de la ropa sucia (sábanas y batas) se encuentra en el otro cuarto y no está a la mano cuando se necesita.

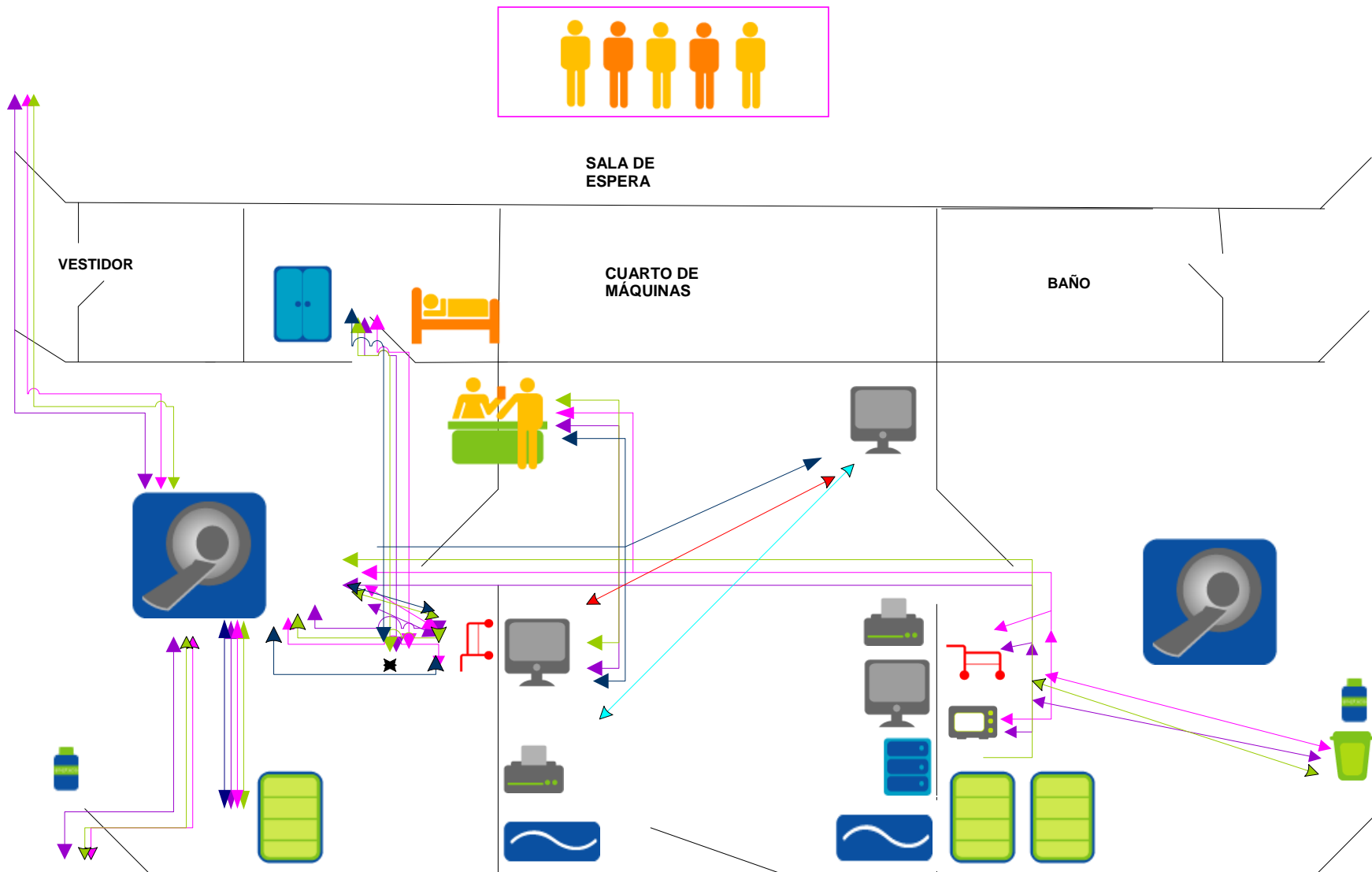


Fig. (4): Esquema del procedimiento actual



## **7. SMED. (Single Minute Exchange of Die)**

### **7.1 Definición del SMED.**

SMED significa “Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito”. Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron utilizando los elementos más comunes o similares usados habitualmente.

- **Eliminar el tiempo externo**

Gran parte del tiempo se pierde pensando en lo que hay que hacer después o esperando a que la máquina se detenga. Planificar las tareas reduce el tiempo (el orden de las partes, cuando los cambios tienen lugar, que herramientas y equipamiento es necesario, qué personas intervendrán y los materiales de inspección necesarios). El objetivo es transformar en un evento sistemático el proceso, no dejando nada al azar. La idea es mover el tiempo externo a funciones externas.

- **Estudiar los métodos**

El estudio permitirá encontrar el camino más rápido y mejor para encontrar el tiempo interno remanente. La unificación de medidas y de herramientas permite reducir el tiempo. Utilizar el método de duplicado, es decir, dos o más personas colaboran en el posicionado, alcance de materiales y uso de las herramientas. La eficacia, como bien sabemos, está condicionada a la práctica de la operación. Es por eso que el tiempo empleado en la práctica debe ser bien utilizado para que mejorasen los resultados.

- **Eliminar los ajustes**

Implica que los mejores ajustes son los que no se necesitan, por eso se recurre a fijar las posiciones. Se busca recrear las mismas circunstancias que la de la última vez. Como muchos ajustes pueden ser hechos como trabajo externo se requiere fijar las herramientas. Los ajustes precisan espacio para acomodar los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere espacios estándar.

## 7.2 Beneficios de SMED

Entre los beneficios de SMED podemos encontrar:

- Producir en lotes pequeños
- Reducir inventarios
- Procesar productos de alta calidad
- Reducir los costos
- Tiempos de entrega más cortos
- Ser más competitivos
- Tiempos de cambio más confiables
- Carga más equilibrada en la producción diaria

En otras palabras el SMED nos dice el porcentaje del tiempo real de la tomografía contra el tiempo que hace que se retarde sin darle valor.

De las actividades que se realizan directamente e indirectamente en el proceso como lo que se ha nombrado como áreas de oportunidad, se clasifican, fig. (5):

<b>Interno: Si le da valor</b>	<b>Externo: No le da valor</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Entra el paciente</li><li>• Canalizar</li><li>• Acomodar</li><li>• Rellenar inyector</li><li>• Conectar</li><li>• Datos, selección y ajuste.</li><li>• Suministro de contraste</li><li>• Tomografía</li><li>• Descanalizar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Comunicación</li><li>• Ajustes</li><li>• Error por canalizar</li><li>• Transporte</li><li>• Organización</li><li>• Datos de paciente</li><li>• Posicionar</li><li>• Conocimientos</li><li>• Documentos</li></ul>

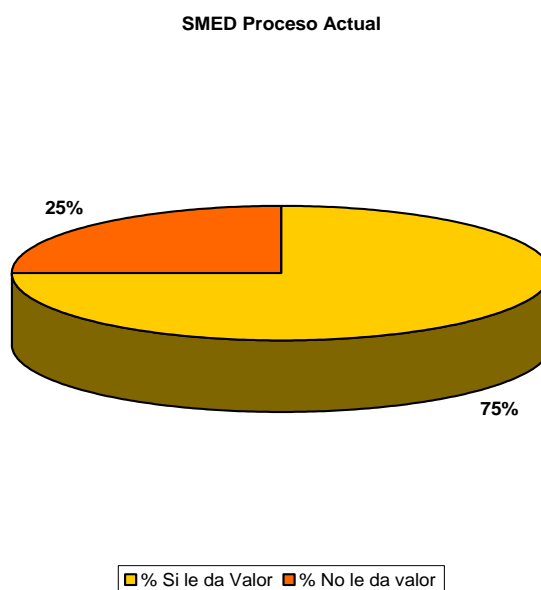
Fig. (5): Actividades que le dan valor actualmente

Esto se ve reflejado en tiempos como se muestra en la tabla 11:

Paciente	t. total	Proceso Actual			
		Si le da valor (min.)	No le da valor (min.)	% Si valor	% No valor
1	22.71	22.02	0.58	97%	3%
2	17.23	13.15	4.08	76%	24%
3	19.22	16.60	2.60	86%	14%
4	16.26	14.46	1.80	89%	11%
5	14.78	14.60	0.18	99%	1%
6	15.88	15.82	0.06	100%	0%
7	20.90	19.09	1.80	91%	9%
8	17.25	7.78	9.47	45%	55%
9	15.68	14.20	1.48	91%	9%
10	30.37	19.72	10.65	65%	35%
11	16.46	11.15	5.31	68%	32%
12	18.38	14.54	3.84	79%	21%
13	15.61	10.40	5.21	67%	33%
14	13.30	11.95	1.35	90%	10%
15	11.90	11.36	0.54	95%	5%
16	17.23	13.15	4.08	76%	24%
17	11.28	11.28	0.00	100%	0%
18	12.10	9.07	3.03	75%	25%
19	9.78	0.00	9.78	0%	100%
20	19.43	12.75	6.68	66%	34%
21	14.48	12.55	1.93	87%	13%
22	11.56	0.00	11.56	0%	100%
<b>Promedio</b>	<b>16.45</b>	<b>12.53</b>	<b>3.91</b>	<b>75%</b>	<b>25%</b>

Tabla 11: Tiempos de las actividades que le dan valor al procedimiento actualmente

Esto se demuestra en la gráfica (4).



Gráfica (4): Aprovechamiento de tiempo actual

Detectando las actividades que no le dan valor al proceso, de las actividades ya establecidas la fig. (6) muestra:

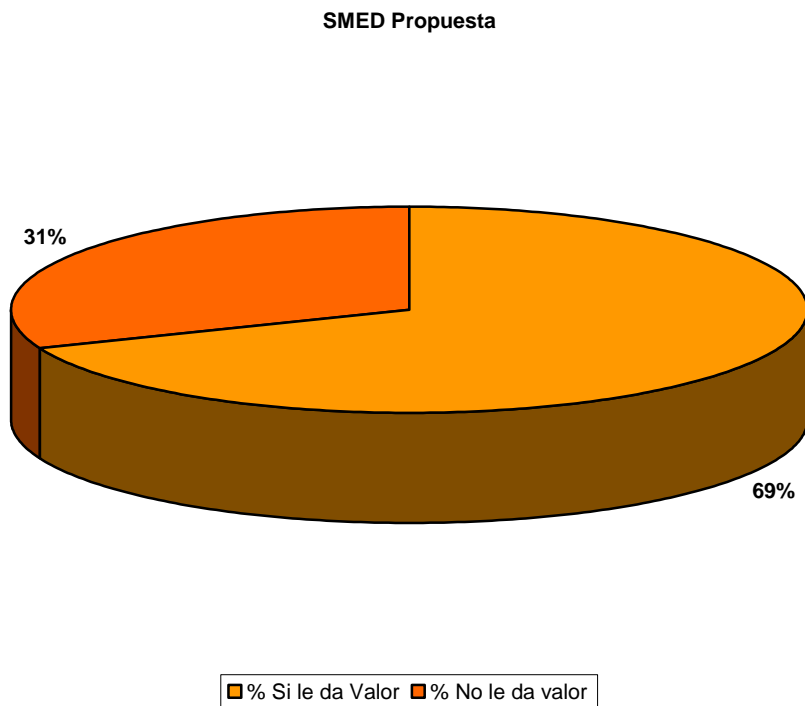
<b>Interno: Si le da valor</b>	<b>Externo: No le da valor</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entra el paciente</li> <li>• Acomodar</li> <li>• Rellenar inyector</li> <li>• Conectar</li> <li>• Datos, selección y ajuste.</li> <li>• Suministro de contraste</li> <li>• Tomografía</li> <li>• Descanalizar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación</li> <li>• Ajustes</li> <li>• Error por canalizar</li> <li>• Transporte</li> <li>• Organización</li> <li>• Datos de paciente</li> <li>• Posicionar</li> <li>• Conocimientos</li> <li>• Documentos</li> <li>• <b>Canalizar</b></li> <li>• <b>Rellenar el inyector</b></li> </ul>

Fig. (6): Actividades que le dan valor propuesto

<b>Propuesta</b>					
<b>Paciente</b>	<b>t. total</b>	<b>Si le da valor (min.)</b>	<b>No le da valor (min.)</b>	<b>% si valor</b>	<b>% no valor</b>
1	22.71	17.90	4.81	79%	21%
2	17.23	10.44	6.79	61%	39%
3	19.22	13.34	5.87	69%	31%
4	16.26	13.00	3.30	80%	20%
5	14.78	13.85	0.93	94%	6%
6	15.88	11.28	4.60	71%	29%
7	20.90	16.42	4.48	79%	21%
8	17.25	5.61	11.64	33%	67%
9	15.68	11.40	4.28	73%	27%
10	30.37	13.86	16.50	46%	54%
11	16.46	10.97	5.49	67%	33%
12	18.38	14.54	3.84	79%	21%
13	15.61	8.82	6.79	57%	43%
14	13.30	10.74	2.56	81%	19%
15	11.90	9.54	2.36	80%	20%
16	17.23	12.10	5.13	70%	30%
17	11.28	4.95	6.33	44%	56%
18	12.10	7.57	4.53	63%	37%
19	9.78	7.00	2.78	72%	28%
20	19.43	8.84	10.59	45%	55%
21	14.48	11.09	3.39	77%	23%
22	11.56	11.56	0.00	100%	0%
<b>Promedio</b>	<b>16.45</b>	<b>11.13</b>	<b>5.32</b>	<b>69%</b>	<b>31%</b>

Tabla (12): Tiempos de las actividades que le dan valor al procedimiento actualmente

Gráficamente observamos que:



Gráfica (5): Aprovechamiento de tiempo propuesto

Quitando actividades que no agregan valor y comparando los valores, de 12.53 que realmente es el tiempo que da valor, se puede bajar el tiempo considerablemente a 11.13 minutos. Teniendo un ahorro de 1.40 min.

Se sugiere que cuando se canalice a un paciente, se haga minutos antes de que pase a la sala del tomógrafo, hay tiempo lugar y personal para realizarlo, mientras el paciente anterior desocupa el área y así evitar que este nuevo paciente espere.

En el caso de rellenar el inyector lo más adecuado es que el Técnico lo haga mientras los residentes deshabilitan al paciente que sale.

## 8. Kanban.

La teoría nos habla que el Kanban es una herramienta flexible que permite a las empresas adaptarse al cambio para poder ser competentes satisfaciendo necesidades de la demanda en términos de diseño, calidad y entrega. Se busca que se produzca lo necesario sin sobrantes ni faltantes por medio de alternativas que hagan al plan de acción flexible.

El Kanban está muy relacionado al "just in time"<sup>3</sup> en la parte de calendarización, señalización, buena organización y flujo de la producción. La traducción de la palabra KANBAN es "etiqueta de instrucción". Esta etiqueta contiene información que sirve como orden de trabajo, informándonos sobre que se va a producir, en que cantidad, mediante que medios, y como transportarlo. Como funciones principales del Kankan tenemos al **control de la producción** integrando a todos los procesos y la **mejora de procesos** que es la facilitación de mejora en las diferentes actividades de la empresa. Esto se logra a través técnicas ingenieriles (eliminación de desperdicio, organización del área de trabajo, utilización de maquinaria vs. utilización con base en la demanda, manejo reducción de los niveles de inventario.

Las utilidades del Kanban son: Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento, dar instrucciones basados en las condiciones actuales del área de trabajo, prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas ordenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario, Eliminación de la sobreproducción, prioridad en la producción, el KANBAN con mas importancia se pone primero que los demás.

Las reglas principales que debe seguir el KANBAN son:

1. No se debe mandar producto defectuoso a los procesos subsecuentes.
2. Los procesos subsecuentes requerirán sólo lo necesario.
3. Producir solamente la cantidad exacta requerida.
4. Balancear la producción.
5. Racionalizar el proceso.

La teoría nos dice que existen diferentes tipos de Kanban,<sup>4</sup> pero en realidad este concepto se puede adaptar a la naturaleza de los materiales y de los procesos del estudio en cuestión.

---

<sup>3</sup> Sistema de organización de la producción que nos permite: minimizar tiempos de entrega, stocks y cero errores

<sup>4</sup> De producción y de material.

Para este estudio se proponen 4 diferentes aplicaciones del KANBAN:

### Kanban para bajar un paciente interno

#### Problemática:

Los camilleros no saben qué estudio se le realizará al paciente y por lo tanto van de área en área preguntando si el paciente ha sido solicitado.

#### Solución:

Asignar y hacer visible el color de cada servicio. Cuando se le haya autorizado el servicio requerido, el médico debe colocar la tarjeta en la cama del paciente del servicio solicitado, y así el camillero sabrá a donde lo tiene que llevar.

Los colores que se proponen para los diferentes servicios son:



Fig. (5): Esquema propuesto de la asignación de colores para las diferentes salas de estudio.

## 2. Kanban de paciente siguiente.

### Problemática:

No se sabe que paciente se está atendiendo, que tipo de estudio está solicitando y si requiere de medio de contraste o no.

### Solución:

Por medio de un pizarrón que sea visible para todos, hacer una lista respetando los horarios de los pacientes que se citaron y agregar los que se vayan autorizando de piso, marcar con un asterisco el paciente en turno y borrar o tachar los que ya se hayan realizado.

Por ejemplo, en el cuadro se sugieren los datos de: horario, nombre, estudio y medio de contraste y se va marcando a los pacientes en turno y que ya han sido atendidos.

Horario	Nombre	Estudio	Medio Contra
8:00	Paciente 1	Abdomen	SI

Fig. (6): Ejemplo de la información que se presentará en la pizarrón propuesto.

## 3. Kanban para verificar la canalización.

### Problemática:

Cuando se necesita que entren (residente, enfermera o técnico) a verificar la canalización y el paso del medio de contraste, algunas veces no se atiende el aviso por distracción, por mala acústica o por atender otras actividades.



**Solución:**

Implantar una señal auditiva (alarma) que será activada cuando la persona que este realizando la tomografía necesita que se realice dicha actividad.



Fig. (7): ejemplo de señal auditiva

#### 4. Sale Paciente

**Problemática:**

Cuando se termina la tomografía y se requiere que el equipo (residente, enfermera o técnico) ayude al paciente a dejar la sala.

**Solución:**

Por medio de una luz intermitente ubicada en la parte superior de la puerta se avisara que el paciente esta listo para abandonar la sala.

## 9. Propuesta de mejora.

### 9.1 5'S

El objetivo de la metodología de las 5'S es mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo. Se trata de mejorar las condiciones de trabajo, de seguridad, el clima laboral, la motivación del personal y la eficiencia y, en otras palabras desarrollar la calidad, productividad y competitividad de los procedimientos.

En otras palabras. "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar". Esta filosofía fue desarrollada por empresas japonesas entre ellas Toyota. Se han aplicado en diversos países con notable éxito. Las 5'S son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen:

**SEIRI** – ORGANIZACIÓN. Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de estos últimos.

**SEITON** – ORDEN. Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

**SEISO** – LIMPIEZA. Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado de salud.

**SEIKETSU** - CONTROL VISUAL. Consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.

**SHITSUKE** - DISCIPLINA Y HÁBITO. Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

Las tres primeras fases - ORGANIZACIÓN, ORDEN Y LIMPIEZA, son operativas.

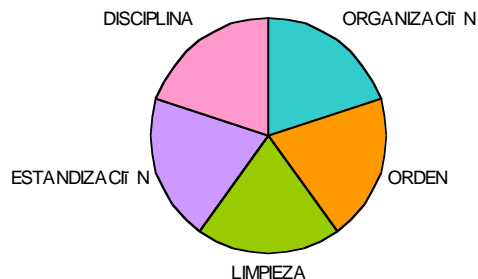


Fig. (8): Integración de las 5'S

La cuarta fase - CONTROL VISUAL - ayuda a mantener el estado alcanzado en las fases anteriores. Organización, Orden y Limpieza - mediante la estandarización de las prácticas. La quinta y última fase - DISCIPLINA Y HÁBITO – permite adquirir el hábito de su práctica y mejora continua en el trabajo diario. Las CINCO FASES componen un todo integrado y se abordan de forma sucesiva, una tras otra.

La implantación de las 5'S se basa en el trabajo en equipo. Permite involucrar a los trabajadores en el proceso de mejora desde su conocimiento del puesto de trabajo. Los trabajadores se comprometen. Se valoran sus aportaciones y conocimiento. Manteniendo y mejorando asiduamente el nivel de 5'S conseguimos:

- Menos productos defectuosos.
- Menos averías.
- Menor nivel de existencias o inventarios.
- Menos accidentes.
- Menos movimientos y traslados inútiles.
- Menor tiempo para el cambio de herramientas.
- Mediante la Organización, el Orden y la Limpieza.
- Más espacio.
- Orgullo del lugar en el que se trabaja.
- Mejor imagen ante nuestros clientes.
- Mayor cooperación y trabajo en equipo.
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
- Mayor conocimiento del puesto.

Aplicando las 5'S para nuestro caso:

**Organización:** En el “carro rojo” se tienen cosas que no se utilizan, es necesario quitar todo lo que no va.

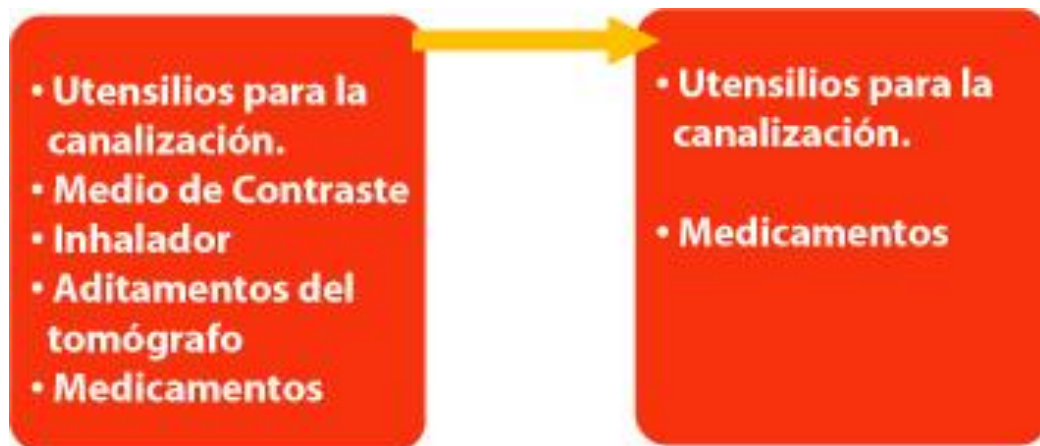


Fig. (9): Imagen de lo que debe tener realmente el carro rojo.

**Orden:** mantener las cosas necesarias en el lugar adecuado.

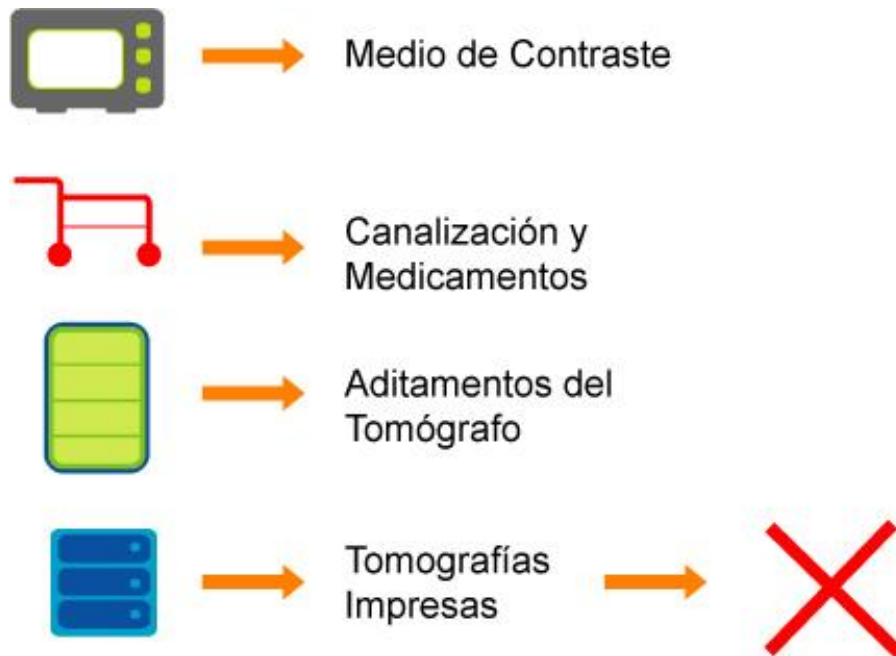


Fig. (10): Se demuestra lo que se debe tener en cada lugar.

**Limpeza:** Mantener el área limpia sobre todo si se trata de un servicio de salud.

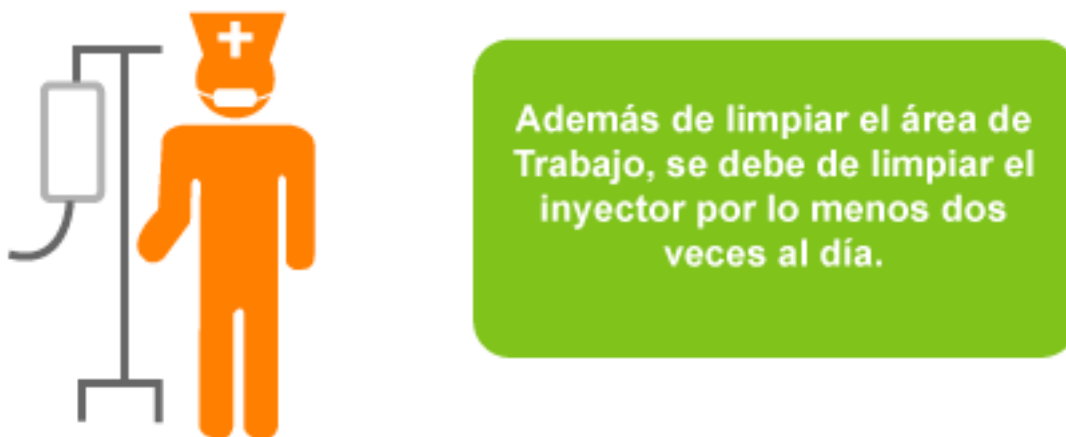


Fig. (11): Representación de la limpieza en el área de trabajo.

**Estandarización:** Establecer reglas y practicar para que todos las sigan.

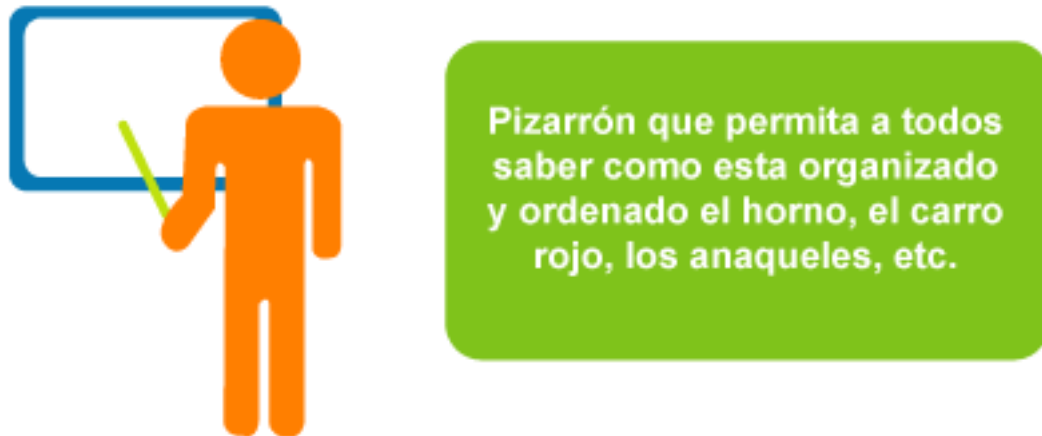


Fig. (12): Ejemplo de cómo estandarizar la ubicación de las herramientas de trabajo.

**Disciplina:** Cada área debe tener un encargado de mantener el orden y estar pendiente de que las cosas se mantengan en su lugar. QUE CADA QUIEN SEA SU PROPIO SUPERVISOR.

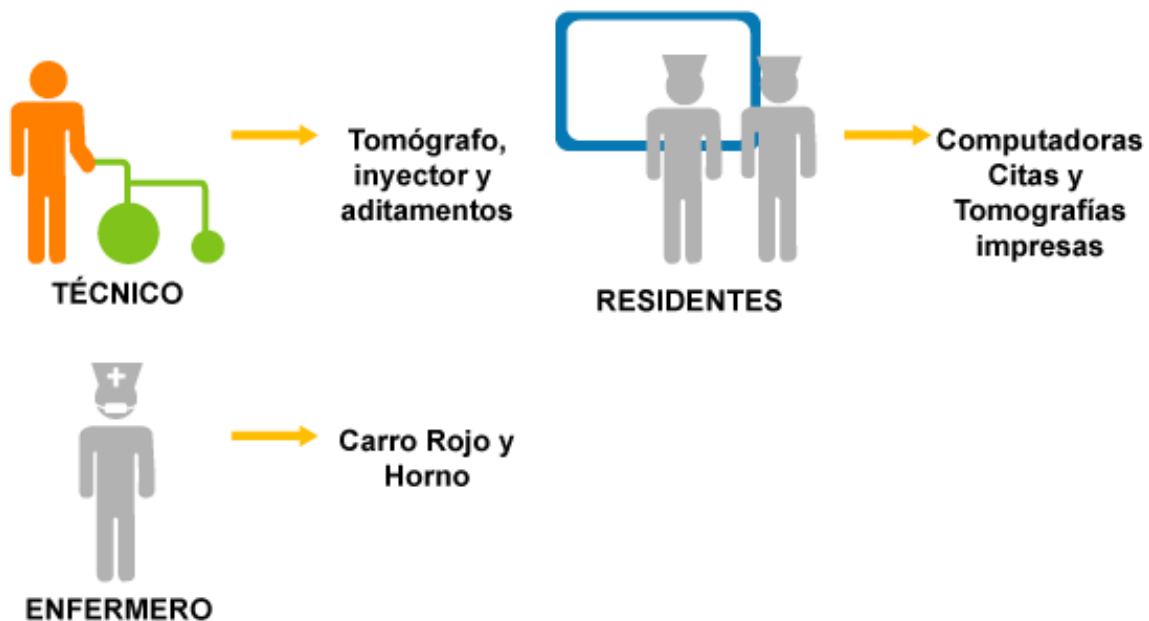


Fig. (13): Representación de orden.

## 10. Mejoras.

Al definir y describir el proceso se pudo comprender las diferentes actividades del proceso y su prioridad en la realización, destacando las que se pueden realizar simultáneamente y la secuencia de las mismas, a continuación se muestra una recomendación a la secuencia de las actividades para evitar retrabajos, personal inactivo y así lograr una disminución en el tiempo total del ciclo.

Como se pretende que todo el equipo tenga conocimiento de lo que se va a realizar, la gente puede estar preparada para hacer las actividades que le corresponden, por ejemplo, el técnico que en esta nueva propuesta se le asigna la responsabilidad de rellenar el inyector, él lo puede hacer desde que se está descanalizando y despidiendo al paciente anterior, teniendo el tiempo suficiente para realizar esta actividad.

A continuación se demuestran algunas propuestas de mejoras basadas en observación en las diferentes etapas del procedimiento:

**Canalizar:** Frecuentemente se repite esta actividad ya que depende de la habilidad del enfermero y del tipo de vena del paciente, se debe de realizar rápido y con cuidado para evitar el dolor e incomodidad del paciente.

Solución: La persona que realice la canalización (enfermero) debe de estar pendiente del paciente, presente y en todo momento atento a cualquier reacción o complicación con esta parte del proceso. Si el paciente es interno, se debe pedir que baje canalizado.

**Comunicación:** Existen ciertas actividades del proceso en las que el equipo de trabajo no está involucrado, es necesario que todos sepan y conozcan sobre lo que se va a realizar y lo que se necesita para hacerla tomografía correctamente.

Solución: Implementar sistemas visuales o auditivos que llamen la atención del equipo de trabajo para determinadas actividades en determinados momentos.

**Datos del Paciente:** Es importante que todos los involucrados conozcan los datos del paciente y que estén disponibles de manera clara y accesible.

Solución: Cuando un paciente solicita una tomografía se debe tener a la mano un registro que contenga la información básica y necesaria que todo el equipo de trabajo debe saber sobre el paciente.

Nombre	Matr'cula	Edad	Sexo	Tipo de Estudio		Añadecimiento, alergia u otro?
				Contraste	Sin Contraste	

**Ajustes:** Cuando se desconoce el tipo de estudio que se va a realizar, se tiende a no saber qué ajustes o cambios de posiciones se le harán al tomógrafo.

Solución: Estar atentos en cada uno de los estudios que se van a realizar, así mismo comunicarse lo que se necesita para poder adaptar y adecuar el equipo.

**Documentos:** Las tomografías que están listas para entregarse están acomodadas en desorden y no se mantiene un patrón en el día a día.

Solución: Es necesario asignar un área determinada para los estudios que están listos para entregarse, realizar un inventario, de las que aún les falta la interpretación y actualizarlo diariamente.

**Conocimiento:** En ocasiones no se cuenta con la información suficiente para poder interpretar o realizar los estudios debido a la falta de conocimiento por algún tipo de duda en la especificación y requerimientos de la tomografía.

Solución: Es importante que en las sesiones se profundice sobre los casos en los que hubo algún tipo de duda y que la persona con mayor experiencia esté cerca del área.

**Posicionar:** Es frecuente que el paciente se vuelva a posicionar debido a que se desconoce el tipo de estudio que se va a realizar, que el paciente se mueva o simplemente no se acomode bien desde un principio.

Solución: En la cama del tomógrafo se podrían tener, marcas que determinen la posición adecuada que el paciente debe mantener según sea el caso.

**Transporte:** Se realizan movimientos y transportes innecesarios durante el proceso lo cuál hace que el tiempo se prolongue.

Solución: Hacer una readaptación del área de la tomografía (Ej.: metiendo el horno al área de la tomografía) además, al conocer el estudio que se vaya a realizar, tener a la mano los utensilios necesarios dependiendo del tipo de tomografía y las condiciones del paciente.

**Organización:** Es necesario que todos conozcan el procedimiento y las actividades del resto del equipo para un buen desempeño en la realización de las tomografías.

Solución: Respetar las actividades de cada miembro del equipo, realizar las actividades paso a paso, así como compartir conocimientos y necesidades de cada uno, siempre y cuando se mantenga el orden y el buen cuidado del área de trabajo.

#### **Solicitud de tomografía:**

Desde que el médico que está llevando el caso del paciente solicita la tomografía, debe de señalar si es necesario el suministro de medio de contraste o no.

Solución: Por medio de un sello, que tenga la leyenda "MEDIO DE CONTRASTE" y esté ubicado en la esquina superior derecha, se entenderá que la tomografía solicitada requiere de dicho material.

**Recepción de solicitud:** Una vez que el médico solicita la tomografía, el paciente debe ir a pedir la cita y el equipo de trabajo del área debe de programar e identificar el tipo de estudio.

**Solución:** Antes de programar una cita, se debe valorar la solicitud para corroborar si es necesario el suministro del medio de contraste, así desde ese mismo momento se le pueden dar las indicaciones previas al paciente verbalmente.

**Otras mejoras:**

- Por las mañanas cuando se inicia el turno se deben analizar a detalle las tomografías que se van a realizar para que los residentes con el apoyo del médico, conozca el procedimiento a seguir, lo que se busca con el estudio, y así dar mejor servicio al paciente (servicio personalizado).
- La persona que programe las citas de los pacientes debe estar capacitado para distinguir el tipo de estudio y así poder dar las indicaciones previas que el paciente debe seguir:
  1. Asistir con un familiar.
  2. Horas de ayuno.
  3. Haber bebido agua.
  4. No llevar objetos metálicos.
  5. Ropa apropiada.
  6. Dar a conocer efectos secundarios.
  7. Llevar alimentos ligeros para consumir después del estudio.

Retomando el diagrama de spaghetti en la figura (14) se muestra la reubicación respetando la naturaleza del proceso como lo es el área establecida para el tomógrafo por las radiaciones que emite y tener un equipo de resurrección cerca para poder ser utilizado en cualquier momento; el conocer las actividades y los utensilios utilizados para cada actividad. Los cambios que se proponen son:



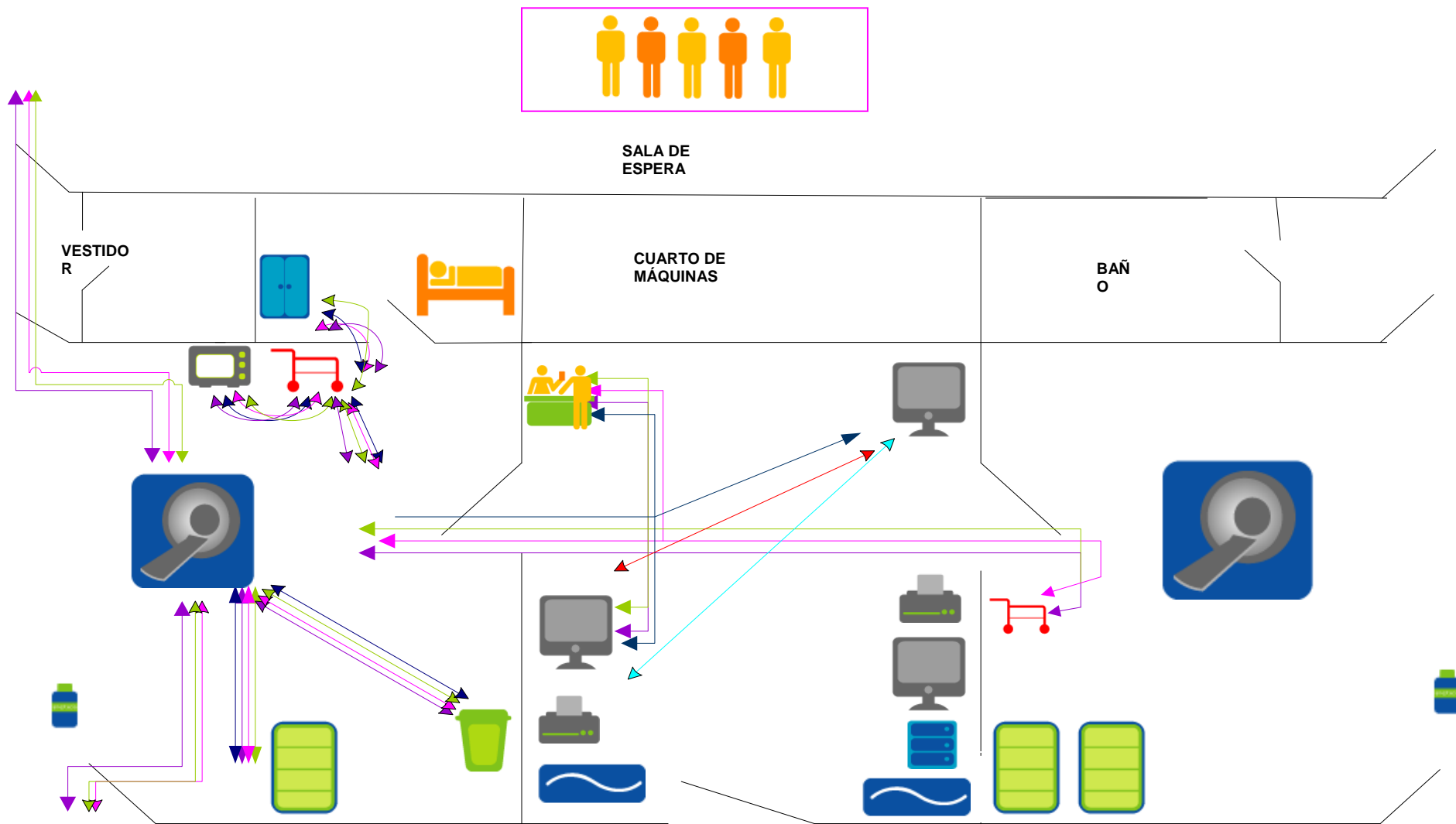


Fig. (14): Esquema de la reubicación de instalaciones permisibles.

Los cambios propuestos que se pueden observar en el segundo diagrama son:

- Se mete el cesto de ropa sucia y se pone junto al armario, donde no estorbe, se debe vaciar dos veces por turno o más veces si es necesario.
- Se reubica el carro rojo dentro del cuarto del tomógrafo, quedando cerca del inyector.
- Del mismo modo, se debe instalar el horno eléctrico junto al carro rojo para tener disponible el medio de contraste a la temperatura adecuada, para poder hacer este movimiento, sólo es necesario conectarla a la corriente eléctrica, se propone esta ubicación ya que si existe una fuente eléctrica en esta zona.

Estas propuestas son sencillas y económicamente factibles, además que el realizarlas no tomaría más de 2 hrs., y como podemos observar son propuestas que ayudarían a agilizar y a facilitar el desplazamiento de los materiales y de los integrantes en el proceso.

## 11. Conclusiones

Se demostró por medio de gráficos y descripciones el proceso de tomografía y la importancia de que cada involucrado esté ubicado y atento en el lugar adecuado, ya que por la naturaleza del procedimiento, se ponen en juego a vidas humanas y urgencias médicas.

Las mejoras que se propusieron en el capítulo anterior están basadas en los resultados de este estudio, observaciones y familiarización del proceso sin caer en la ceguera de taller. Se destacan las áreas de oportunidad y se observa que se presentan por el factor humano pero son controlables, en las mejoras se detalla más este punto.

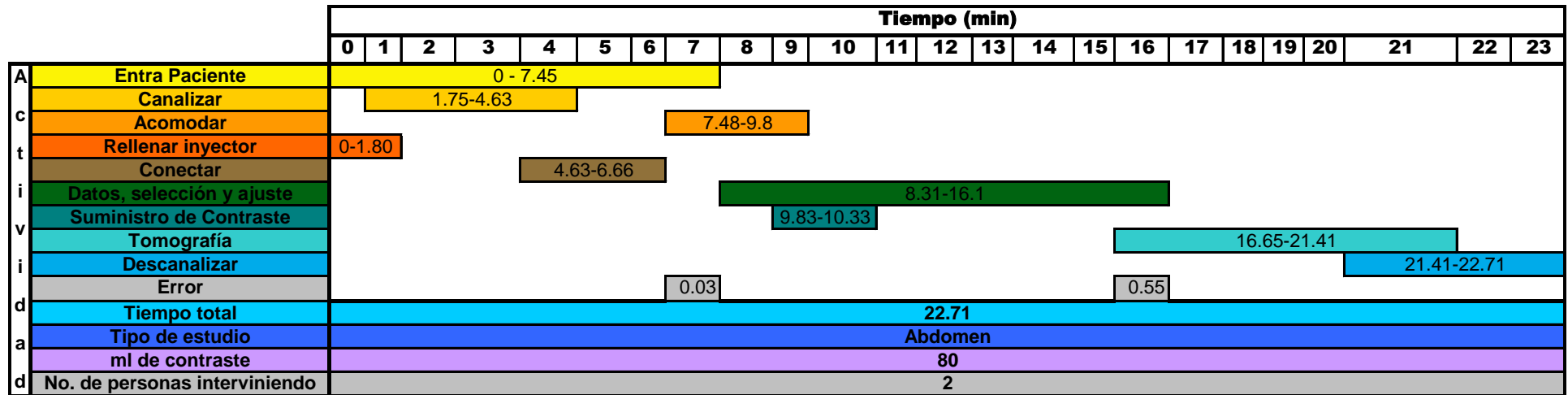
En los datos obtenidos observamos que el tiempo mínimo del ciclo es de 9.78 min., el tiempo que se debe alcanzar para satisfacer la demanda es de 9.77 min. Con esto se demuestra que sí es factible realizar las tomografías y mejorar los tiempos en el proceso.

El total de minutos desperdiciados en las oportunidades de mejoras es de 52.68 min. En promedio son 2.39 min., una tomografía se realiza en 16.44 min., si se disminuye el tiempo de oportunidad cada tomografía se realizaría en 14.04 minutos, traducido en tomografías, se realizarían 23 tomografías cuando actualmente se realizan 20 por turno.

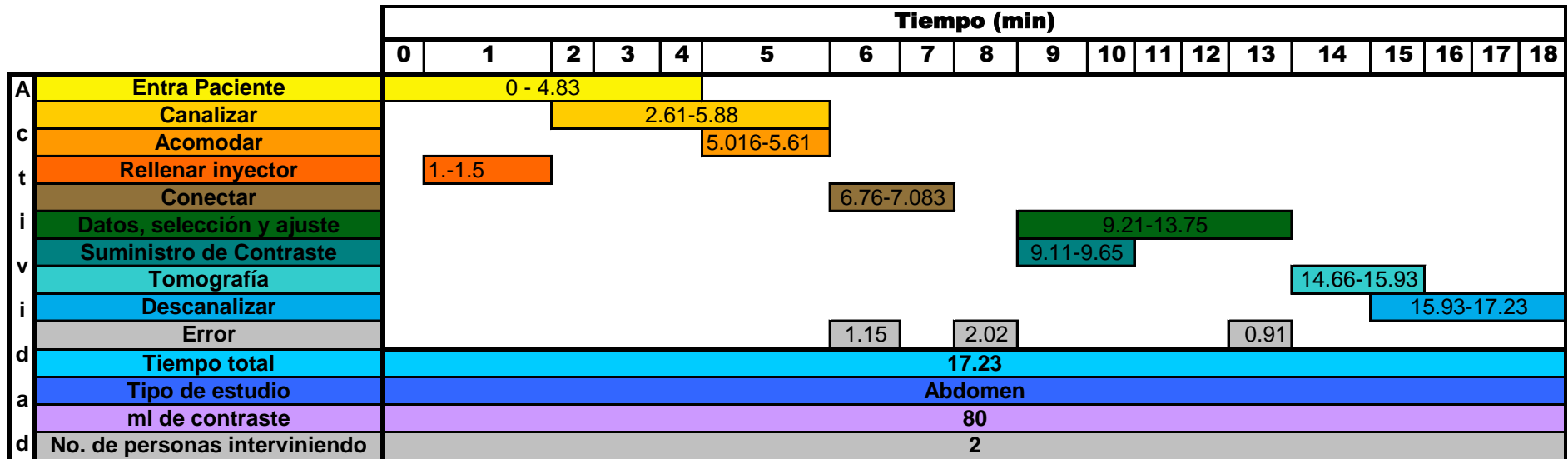
Si se pusieran en marcha las otras prácticas de mejoras, se podría mejorar todavía este resultado.

Se determinó la eficiencia del proceso con base en la calidad, rendimiento y aprovechamiento del proceso, la eficiencia del proceso actual es de 43.54%, anteriormente se desconocía esta información. Si se eliminan los tiempos desperdiciados o llamados tiempos de áreas de oportunidad, y se tomará en cuenta la producción actual a 23 tomografías, la eficiencia del proceso aumentaría a 62.48%, en un 18.94%, en donde este resultado se verá reflejado en la calidad y rendimiento del proceso, cambiando la producción actual = 23 tomografías, paros no programados y tiempos de retrabajos = 0, pensando que éstos se eliminarán con las propuestas.

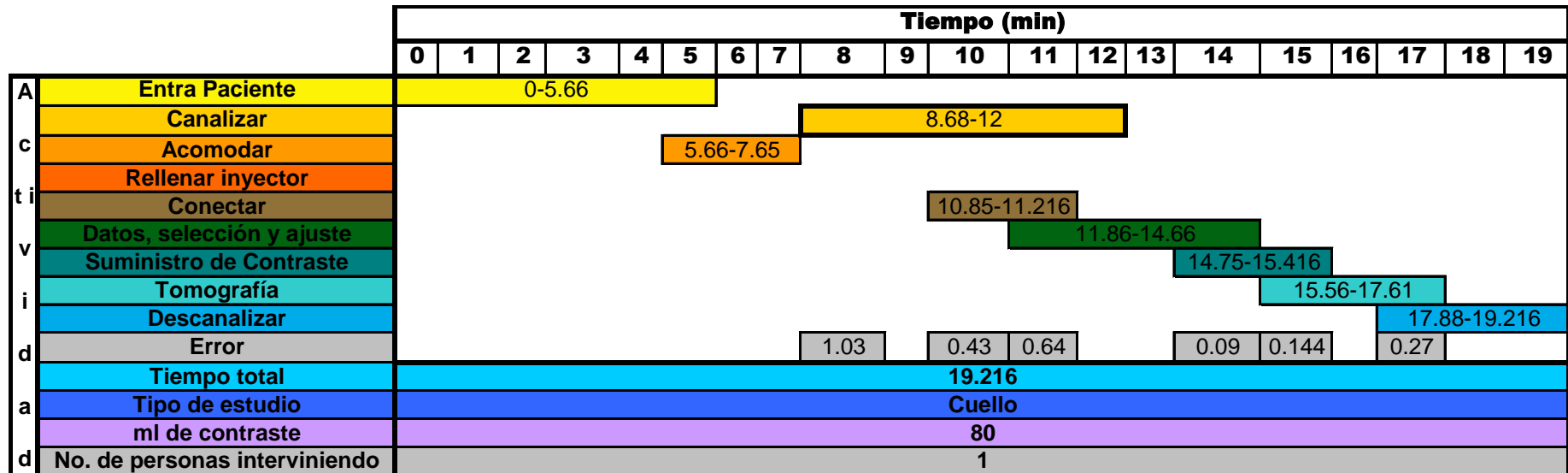
## Anexo Paciente 1



## Paciente 2



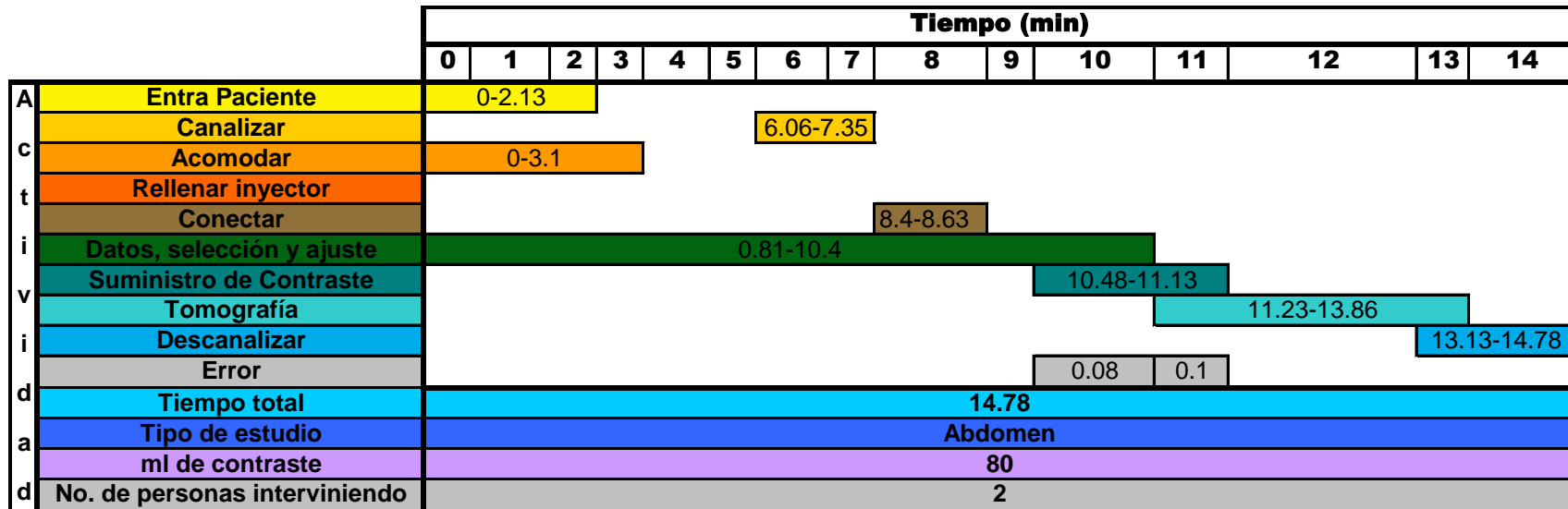
### Paciente 3



### Paciente 4

		Tiempo (min)																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
A c t i v i d a d	Entra Paciente	0-7.683																		
	Canalizar																			
	Acomodar								8-9.316											
	Rellenar inyector										9-10.5									
	Conectar												10.2-10.6							
	Datos, selección y ajuste												10.443-11.943							
	Suministro de Contraste														12.316-12.856					
	Tomografía																13.683-15.05			
	Descanalizar																		15.33-16.26	
	Error								0.317				0.38				0.82		0.28	
	Tiempo total	16.26																		
	Tipo de estudio	Craneo																		
	ml de contraste	60																		
	No. de personas interviniendo	2																		

### Paciente 5





### Paciente 6

		Tiempo (min)															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Actividad	Entra Paciente	0-3.3															
	Canalizar						6.08-9.016										
	Acomodar				3.4-4.08												
	Rellenar inyector			2.60-4.2													
	Conectar							9.4-9.9									
	Datos, selección y ajuste				4.5-11.916												
	Suministro de Contraste											11.98-12.916					
	Tomografía												12.43-14.516				
	Descanalizar													14.5-15.883			
	Error											0.06					
	Tiempo total	15.883															
	Tipo de estudio	Cuello															
	ml de contraste	80															
No. de personas interviniendo	1																

## Paciente 7

		Tiempo (min)																										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
Actividad	Entra Paciente	0-7.25																										
	Canalizar											10.53-11.516																
	Acomodar								7.45-8.66																			
	Rellenar inyector								8.2-9.88																			
	Conectar													12.06-12.4														
	Datos, selección y ajuste													12.53-15.4														
	Suministro de Contraste																15.63-16.2											
	Tomografía																	16.53-19.26										
	Descanalizar																				19.3-20.9							
	Error											0.67	0.54		0.23		0.33		0.04									
	Tiempo total	20.9																										
	Tipo de estudio	torax/cuello																										
	ml de contraste	80																										
No. de personas interviniendo	2																											

## Paciente 8

		Tiempo (min)																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Actividad	Entra Paciente	0-1.05																	
	Canalizar					4.516-5.21													
	Acomodar					4.2666-5.8													
	Rellenar inyector	1.9-3.38																	
	Conectar																		
	Datos, selección y ajuste						5.98-8.68												
	Suministro de Contraste								8.9-10.63										
	Tomografía											10.71-14.15							
	Descanalizar															15.316-17.25			
	Error	0.85				0.91	0.18											1.17	
	Tiempo total	17.25																	
	Tipo de estudio	abdomen																	
	ml de contraste	80																	
No. de personas interviniendo	2 y 1																		

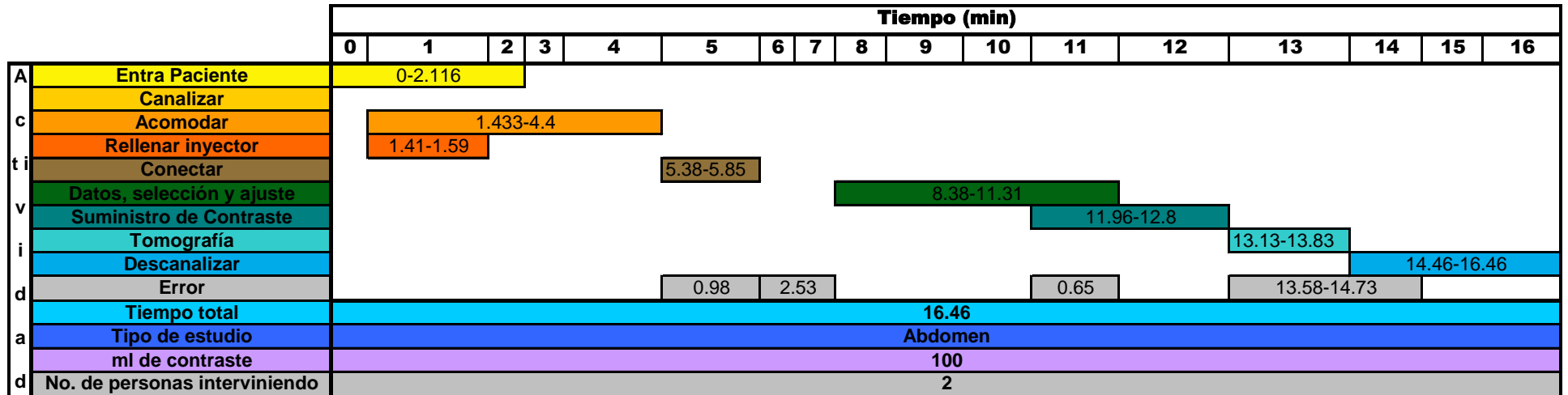
## Paciente 9

		<b>Tiempo (min)</b>															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Actividad	Entra Paciente	0-2.6															
	Canalizar				4.43-5.23												
	Acomodar				4.36-5.8												
	Rellenar inyector	1.82-3.82															
	Conectar																
	Datos, selección y ajuste						6.5-8.2										
	Suministro de Contraste								8.316-9.88								
	Tomografía									9.9-13.6							
	Descanalizar													13.6-15.68			
	Error					0.64			0.7	0.12	0.02						
	Tiempo total	<b>15.68</b>															
	Tipo de estudio	<b>abdomen</b>															
	ml de contraste	<b>80</b>															
No. de personas interviniendo	<b>2</b>																

## Paciente 10

		Tiempo (min)																															
		0	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	29	30	
Actividad	Entra Paciente	0-3.766																															
	Canalizar								8.28-12.65																								
	Acomodar				4.48-4.66									8.28-12.65																			
	Rellenar inyector	0.5-1.99																															
	Conectar																																
	Datos, selección y ajuste											13.4-13.93																					
	Suministro de Contraste											11.65-15.73																					
	Tomografía																					21.3-22.16											
	Descanalizar																							22-28.366									
	Error					0.71		3.62							0.75		15.73-21.3																
	Tiempo total															30.366																	
	Tipo de estudio															Abdomen																	
	ml de contraste															100																	
	No. de personas interviniendo															2																	

## Paciente 11



## Paciente 12

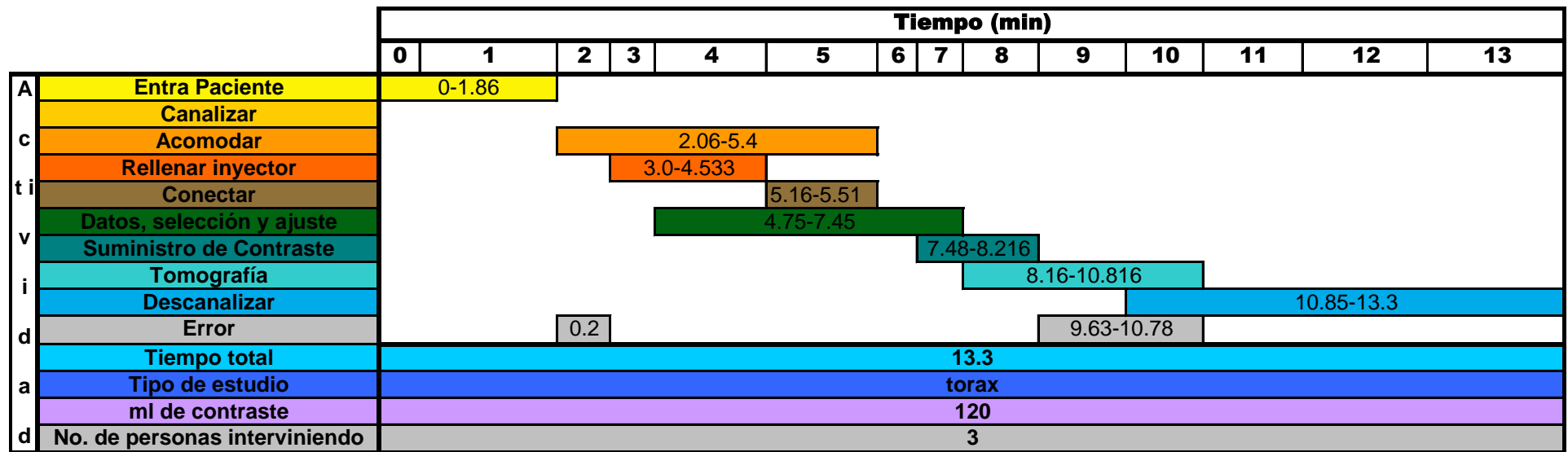
		Tiempo (min)																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Activa	Entra Paciente	0-3.38																		
	Canalizar																			
	Acomodar																			
	Rellenar inyector	3.8-4.93																		
	Conectar																			
	Datos, selección y ajuste								8.95-9.65											
	Suministro de Contraste										9.65-13.483									
	Tomografía														13.516-14.33					
	Descanalizar															14.33-15.716				
	Error	0.42				4.83-6.1														
	Tiempo total											18.383								
	Tipo de estudio	abdomen																		
	ml de contraste	100																		
	No. de personas interviniendo	2																		

## Paciente 13

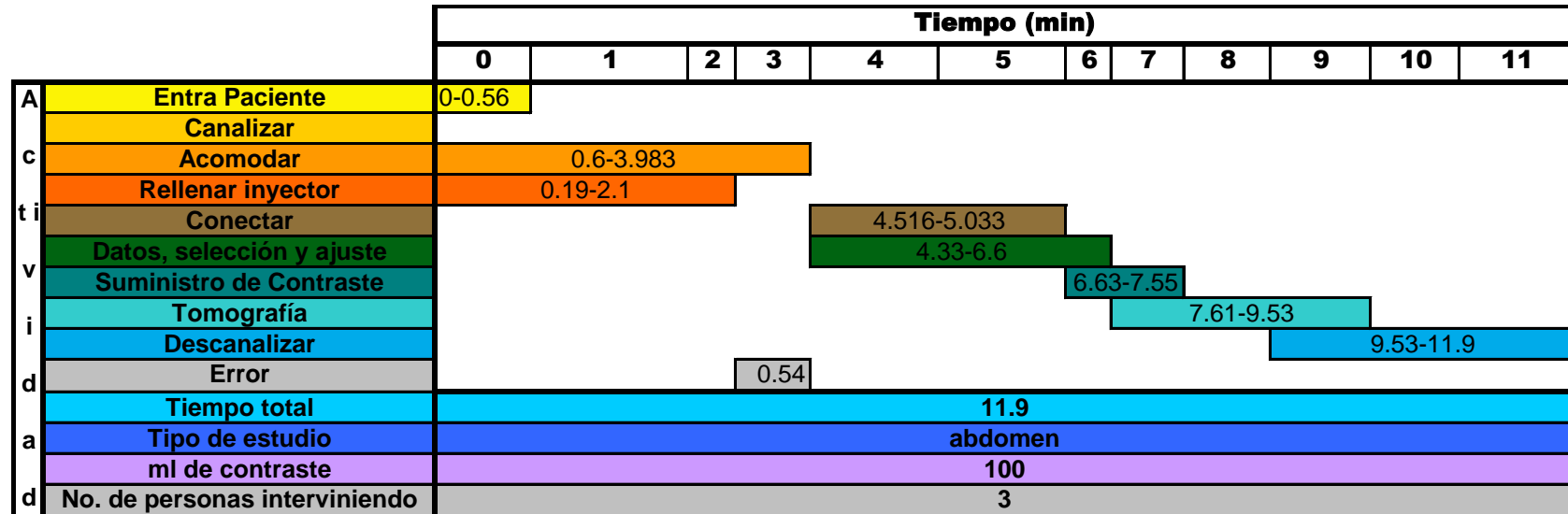
		<b>Tiempo (min)</b>																
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Actividad	Entra Paciente	0-1.33																
	Canalizar																	
	Acomodar					2.28-6.533												
	Rellenar inyector	0-1.58																
	Conectar				3.93-4.4													
	Datos, selección y ajuste						1.5-8.766											
	Suministro de Contraste								8.6-10.016									
	Tomografía											10.4-12.2						
	Descanalizar														13.15-15.61			
	Error	0.75						4.25-7.56				0.2		0.95				
Tiempo total											15.61							
Tipo de estudio											torax							
ml de contraste											120							
No. de personas interviniendo											3							



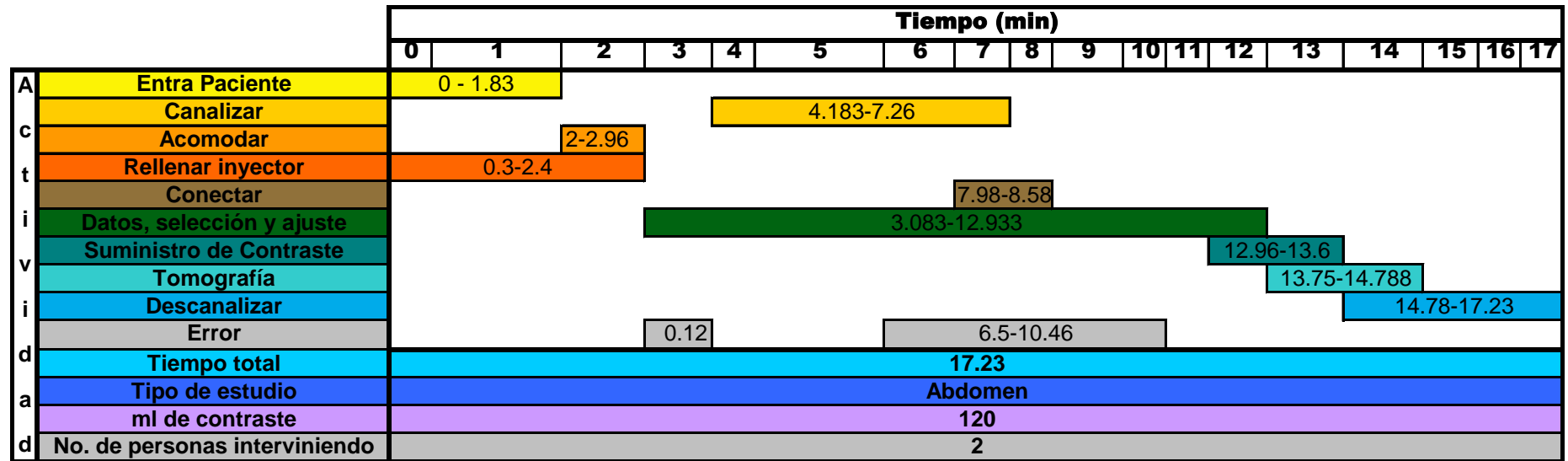
## Paciente 14



## Paciente 15



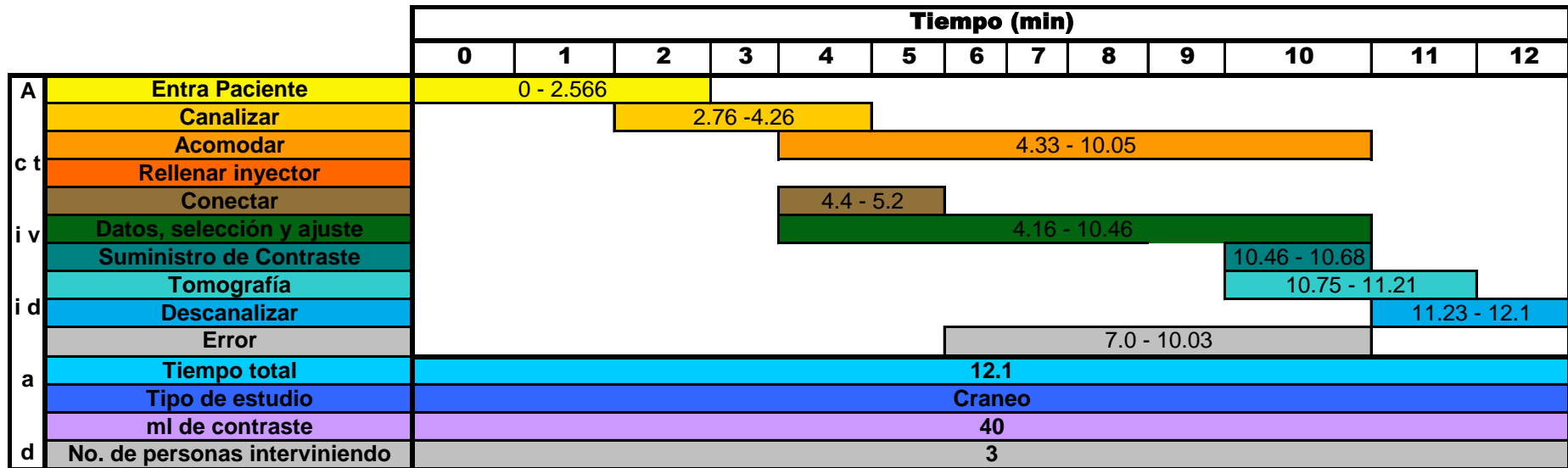
## Paciente 16



### Paciente 17

		Tiempo (min)											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Actividad	Entra Paciente	0 - 3.083											
	Canalizar			3.2 - 5.23									
	Acomodar					5.25 - 6.0							
	Rellenar inyector	0 - 4.30											
	Conectar						6.11 - 7.15						
	Datos, selección y ajuste						5.43 - 7.76						
	Suministro de Contraste							7.78 - 8.46					
	Tomografía								8.5 - 9.16				
	Descanalizar									9.38 - 11.28			
		Error											
	Tiempo total	11.28											
	Tipo de estudio	Abdomen											
	ml de contraste	100											
	No. de personas interviniendo	2											

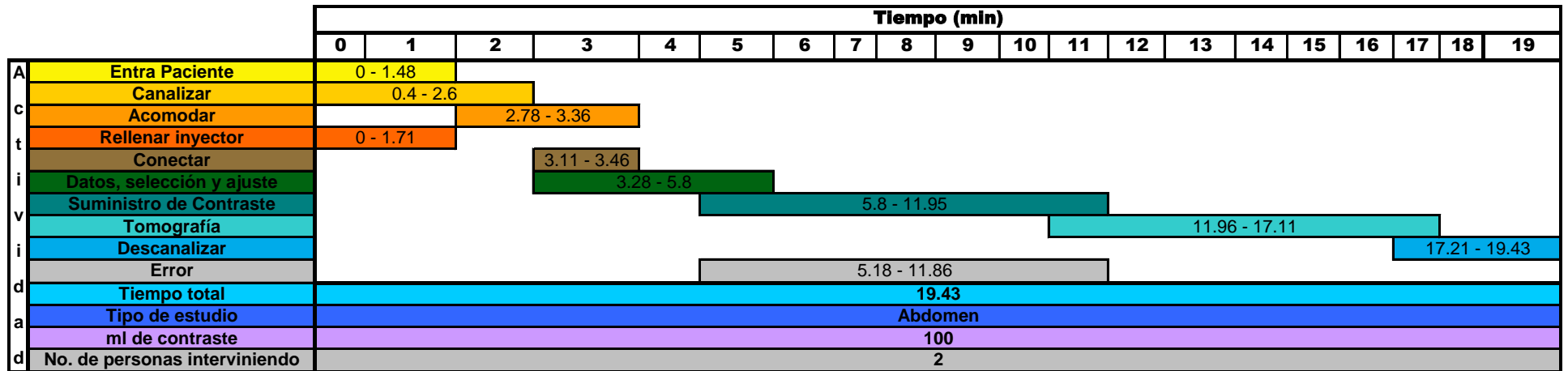
## Paciente 18



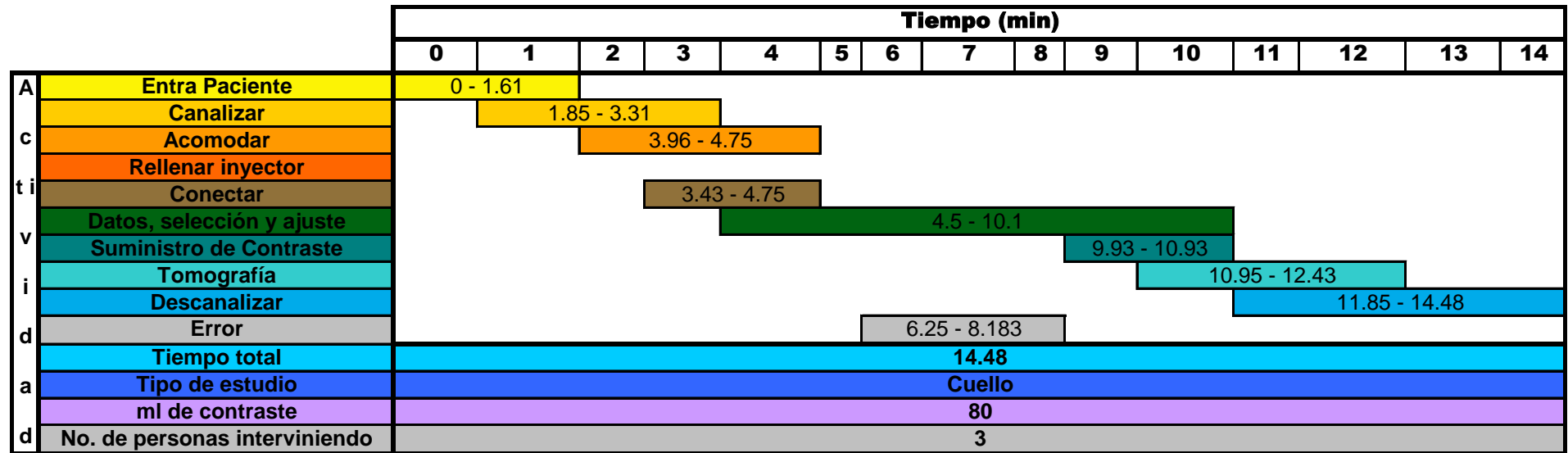
### Paciente 19

		Tiempo (min)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A c t i v i d a d	Entra Paciente	0 - 1.06										
	Canalizar			1.6 - 2.43								
	Acomodar					2.83 - 3.5						
	Rellenar inyector	0 - 1.95										
	Conectar					3.48 - 3.85						
	Datos, selección y ajuste			0.4 - 5.2								
	Suministro de Contraste							5.21 - 5.93				
	Tomografía							5.98 - 7.85				
	Descanalizar									7.83 - 9.78		
	Error											
	Tiempo total	9.78										
	Tipo de estudio	abdomen										
	ml de contraste	100										
	No. de personas interviniendo	3										

## Paciente 20



## Paciente 21





## Paciente 22

		<b>Tiempo (min)</b>												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Actividad	Entra Paciente	0 - 1.56												
	Canalizar													
	Acomodar					3.33 - 3.93								
	Rellenar inyector					3.95 - 4.06								
	Conectar				2.25 - 6.58									
	Datos, selección y ajuste			6.61 - 7.46										
	Suministro de Contraste			7.53 - 9.5										
	Tomografía											10.06 - 11.56		
	Descanalizar													
	Error													
	<b>Tiempo total</b>	<b>11.56</b>												
	<b>Tipo de estudio</b>	<b>Abdomen</b>												
	<b>ml de contraste</b>	<b>100</b>												
	<b>No. de personas interviniendo</b>	<b>3</b>												

## Bibliografía

- <http://estadistica.ieg.csic.es/si/muestreo.html>
  - <http://www.eumed.net/cursecon/economistas/Pareto.htm>
  - <http://www.americas.health-sector-reform.org/spanish/00001145.htm>
  - <http://www.uaca.ac.cr/acta/1987feb/adimare.htm>
  - <http://www.uch.edu.ar/rrhh/Management/Proyectos%20de%20Mejora/Tecnicas%20y%20>
  - <http://catedras.fsoc.uba.ar/rubinich/pareto.html>
  - <http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/eco/no1/eficiencia/depareto.htm>
  - [http://www.strategosinc.com/takt\\_time.htm](http://www.strategosinc.com/takt_time.htm)
  - [http://www.swmas.co.uk/Lean\\_Tools/Takt\\_Time.php](http://www.swmas.co.uk/Lean_Tools/Takt_Time.php)
  - [http://www.oetoolkit.com/es/es\\_oe.html](http://www.oetoolkit.com/es/es_oe.html)
- 
- SIPPER Daniel, Planeación y control de la producción, Editorial Mc Graw Hill, México 1998.
  - SUNIL Chopra, Administración de la cadena de suministro; Editorial Pearson Prentice Hall, México 2007.
  - NIEBEL; Freivalds. Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del Trabajo. Alfa Omega 10ª, México 1998.
  - WILLIAM K. Hodson. Maynard, Manual del Ingeniero Industrial. Cuarta edición. Mc Graw Hill.
  - KONZ, Stephan. Diseño de sistemas de trabajo, Editorial Limusa, México 1990.
  - VAUGH Richard C. Introducción a la Ingeniería Industrial. Editorial Reverte, España 1981.
  - GRIMALDI-SIMONDS, La Seguridad Industrial. Editorial Alfaomega. México 2001.