



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
SCHOOL OF ENGINEERING

**ENTRENAMIENTO EN  
DESTREZAS PROCEDURALES:  
OPORTUNIDADES DESDE EL ANÁLISIS  
DE MINERÍA DE PROCESOS**

**RENÉ FRANCISCO DE LA FUENTE SANHUEZA**

Tesis para optar al grado de  
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:  
MARCOS SEPÚLVEDA FERNÁNDEZ

Santiago de Chile, Julio 2018

© MMXVIII, RENÉ DE LA FUENTE SANHUEZA



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
SCHOOL OF ENGINEERING

**ENTRENAMIENTO EN  
DESTREZAS PROCEDURALES:  
OPORTUNIDADES DESDE EL ANÁLISIS  
DE MINERÍA DE PROCESOS**

**RENÉ FRANCISCO DE LA FUENTE SANHUEZA**

Miembros del Comité:

MARCOS SEPÚLVEDA FERNÁNDEZ

JORGE MUÑOZ GAMA

ARNOLDO RIQUELME PÉREZ

JORGE RAMOS GREZ

Tesis para optar al grado de  
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, Julio 2018

© MMXVIII, RENÉ DE LA FUENTE SANHUEZA

*A Dios, quien da las oportunidades  
y las herramientas para  
aprovecharlas, y a Laura y mis  
cuatro hijas, quienes dan sentido a  
todo.*

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada me gustaría agradecer a Dios, quien me puso en este camino aún cuando nunca hubiese planificado, ni imaginado tomar este sendero. Agradecer porque me fue entregando poco a poco las herramientas para poder, no sin inconvenientes o dificultades, llegar a la meta.

A Marcos Sepúlveda, quien desinteresadamente me dio la oportunidad de retomar este programa de formación bajo su supervisión, confió en este proyecto y ha sido un excelente guía, capaz de dar libertad de trabajo y al mismo tiempo poner presión y recortar las riendas cuando el momento lo requería.

Me gustaría en estos agradecimientos hacer énfasis al orgullo de trabajar junto a los profesores Marcos Sepúlveda y Jorge Muñoz Gama, quienes permanentemente y muy especialmente en las reuniones de supervisión, no sólo iluminan intelectualmente cada encuentro, sino que además, logran generar gran motivación con su forma de reconocer los logros y aciertos, y al mismo tiempo entregan herramientas para poder mejorar y enfrentar aquellos aspectos más débiles, deficitarios o incluso ausentes, que se requieren para el arduo camino de la investigación. Junto con agradecer a mis supervisores, quiero agradecer a los profesores Arnoldo Riquelme y Jorge Ramos, miembros del comité de defensa de tesis, quienes con su constructiva retroalimentación permitieron enriquecer esta tesis y dar nuevas perspectivas a esta línea de investigación.

No puedo dejar de agradecer a mis colegas de la división de Anestesiología de la Pontificia Universidad Católica de Chile, quienes permitieron que yo pudiese emprender y desarrollar esta formación, manteniendo una parte de los privilegios laborales y económicos de mi cargo, y muchas veces aportando con su tiempo para que yo pudiese dedicarme a mis reponsabilidades académicas. Un especial agradecimiento al Dr Ricardo Fuentes, colega, amigo e invaluable compañero en este proyecto.

Este camino ha sido largo y muchas personas han contribuido durante su desarrollo, es por eso, que agradezco también a: el profesor David Fuller quien me acompañó en las primeras etapas de esta formación. A mi compañero de programa Oscar Sandoval y todo el equipo que formaba MEDUC, por acogerme entre ellos y enseñarme desinteresadamente de los alcances del soporte informático en salud. A Leonardo Luarte, quien con sus clases hasta altas horas de la madrugada, me permitió perder el miedo a la programación y las exigencias de abstracción que esta requiere. A cada uno de los profesores que abrieron mis ojos a otros campos del conocimiento ampliando las perspectivas de los mundos explorables de la ciencia, especialmente me gustaría reconocer a los profesores Miguel Nussbaum, Ignacio Jara, Jorge Manzi, Cristian Rodríguez, Carolina Navarrete y Jaime Navón.

Finalmente a mi esposa Laura por su amor, apoyo, comprensión y muchas veces contención; y que junto a mis hijas Francisca, Emilia, Aline y Amanda, tantas veces debieron ceder parte de su tiempo para poder dedicarme a este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ABSTRACT	xiii
RESUMEN	xiv
1. Introducción	2
1.1. Contexto . . . . .	2
1.2. Hipótesis . . . . .	5
1.3. Objetivos . . . . .	5
1.4. Desarrollo . . . . .	6
1.4.1. Modelación de Proceso . . . . .	8
1.4.2. Adquisición de Event Logs . . . . .	9
1.4.3. Análisis de Minería de Procesos . . . . .	10
1.5. Presentación de Artículos . . . . .	11
1.5.1. Presentación “Lean decomposition approach for describing Training Procedures” . . . . .	11
1.5.2. Presentación “Entrenamiento en Destrezas Procedurales, una Aproximación desde el Análisis de Minería de Procesos” . . . . .	12
1.6. Resultados . . . . .	13
1.6.1. Resultados “Lean decomposition approach for describing Training Procedures” . . . . .	13
1.6.2. Resultados “Entrenamiento en Destrezas Procedurales, una Aproximación desde el Análisis de Minería de Procesos” . . . . .	14
2. Artículo: "Lean Decomposition Approach for Describing Training Procedures"	17

2.1.	Resumen . . . . .	17
2.2.	Introducción . . . . .	18
2.3.	Materiales y Métodos . . . . .	21
2.4.	Resultados . . . . .	26
2.5.	Discusión . . . . .	33
2.6.	Conclusión . . . . .	37
3.	Artículo: "Entrenamiento en Destrezas Procedurales, una Aproximación desde el Análisis de Minería de Procesos" . . . . .	40
3.1.	Resumen . . . . .	40
3.2.	Introducción . . . . .	41
3.3.	Objetivo . . . . .	44
3.4.	Materiales y Métodos . . . . .	44
3.5.	Resultados . . . . .	48
3.6.	Discusión . . . . .	59
3.7.	Conclusión . . . . .	64
4.	Conclusiones y Trabajo Futuro . . . . .	66
4.1.	Conclusiones . . . . .	66
4.1.1.	Conclusión General . . . . .	66
4.1.2.	Aportes al Área de Educación en Salud . . . . .	67
4.1.3.	Aportes al Área de Minería de Procesos . . . . .	68
4.2.	Trabajo Futuro . . . . .	68
4.2.1.	Desarrollo de Herramienta de Evaluación de Destrezas Procedurales . . . . .	69
4.2.2.	Autorregulación de aprendizaje en base a retroalimentación orientada a procesos . . . . .	70
	BIBLIOGRAFÍA . . . . .	72
	ANEXO . . . . .	82
A.	Entrenamiento en Simulación de Procedimientos de Instalación de Accesos Venosos Centrales . . . . .	83

B.	Etiquetado de Videos y Captura de Datos . . . . .	90
C.	Uso de Herramientas de Minería de Datos . . . . .	94
C.1.	Disco . . . . .	94
C.2.	Conformance Checking . . . . .	94
C.3.	Trace Alignment Analysis . . . . .	105
D.	Encuestas Panel Delphi . . . . .	114
D.1.	Encuesta Primer Round . . . . .	114
D.2.	Encuesta Segundo Round . . . . .	120

## ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Características Expertos Participantes de Delphi . . . . .	27
2.2	Resultado de la encuesta 1 y encuesta 2 del panel Delphi. . . . .	29
3.1	Características Expertos Participantes de Delphi . . . . .	48
3.2	Número de Pasos en Procedimiento Completo y en Etapas de Punción por Grupo . . . . .	52
B.1	Cálculo Distancia de Edición entre Observadores . . . . .	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Modelo BPMN genérico propuesto en primera encuesta a expertos. . . . .	23
2.2	Modelo BPMN final del proceso “Instalación de accesos venosos centrales bajo visión ultrasonográfica”. . . . .	32
3.1	Etapas de Desarrollo de la investigación. . . . .	47
3.2	Modelo del proceso de instalación de acceso venosos central con ultrasonografía obtenido por metodología Delphi . . . . .	50
3.3	Duración de Ejecución del Procedimiento de Instalación de Acceso Venosos Central por Grupo . . . . .	53
3.4	Índice de Ejecución de cada Actividad por Grupo . . . . .	55
3.5	Ajuste a Modelo Ideal por Grupo . . . . .	56
3.6	Resultado Gráfico de Análisis de Alineamiento para cada Grupo . . . . .	58
3.7	Ajuste a Modelo Ideal de Ejecución 38_F. . . . .	62
A.1	Curso de Instalación de Accesos Venosos Centrales con Ultrasonografía . . .	84
A.2	Implementos Usados en Curso de Instalación de Accesos Venosos Centrales con Ultrasonografía . . . . .	85
A.3	Condiciones de Esterilidad en Ejecución Simulada . . . . .	86
A.4	Etapas de Aseptización y Cobertura Zona de Punción . . . . .	86
A.5	Etapas de Preparación de Equipo de Ultrasonografía . . . . .	87
A.6	Etapas de Punción Bajo Visión de Ultrasonografía . . . . .	88
A.7	Etapas de Dilatación del Trayecto de Catéter . . . . .	89

A.8	Etapa de Instalación de Catéter . . . . .	89
B.1	Vista de Administrador de VCodeVdata . . . . .	90
B.2	Vista de Etiquetado de Videos VCodeVData . . . . .	91
B.3	Archivo de texto entregado por VCodeVData . . . . .	92
C.1	Vista de Filtrado Event End para cada Actividad . . . . .	95
C.2	Vista de adición de Actividades de Inicio y Término a cada Ejecución . . . . .	96
C.3	Vista de Definición de Marca Final de Proceso en Red Petri . . . . .	97
C.4	Vista de Replay Log sobre Red Petri . . . . .	98
C.5	Vista de Definición de Patrones de Inicio y Fin para cada Actividad . . . . .	99
C.6	Vista de Definición de Asociaciones de Etiquetas de Log y Etiquetas de Red Petri . . . . .	100
C.7	Vista de Selección de Algoritmo de Análisis de Verificación de Conformidad	101
C.8	Vista de Ponderación de Violaciones al Modelo Ideal . . . . .	102
C.9	Vista de Análisis de Verificación de Conformidad . . . . .	103
C.10	Leyenda de Vista de Análisis de Verificación de Conformidad . . . . .	103
C.11	Ejemplo de Diferentes Actividades en Vista de Análisis de Verificación de Conformidad . . . . .	104
C.12	Selección de Traza Completa . . . . .	106
C.13	Selección de Métrica de Similitud entre Trazas . . . . .	107
C.14	Selección de Algoritmo de Clustering . . . . .	108
C.15	Arbol Guía para Análisis de Alineamiento de Trazas . . . . .	109
C.16	Vista de Configuración de Matriz . . . . .	110

C.17	Vista Configuración de Perfil de Alineamiento . . . . .	111
C.18	Vista Configuración de Mejoras en Alineamiento . . . . .	112
C.19	Resultado Gráfico de Análisis de Alineamiento de Trazas . . . . .	113
D.1	Delphi Primera Encuesta Sección 1 . . . . .	114
D.2	Delphi Primera Encuesta Sección 2 . . . . .	116
D.3	Delphi Primera Encuesta Sección 3 . . . . .	119
D.4	Delphi Segunda Encuesta Sección 1 . . . . .	120
D.5	Delphi Segunda Encuesta Sección 2 . . . . .	121
D.6	Delphi Segunda Encuesta Sección 3 . . . . .	124

## ABSTRACT

The development of procedural skills is critical in order to obtain good clinical results. Traditionally, their teaching is ascribed to the mentor-apprentice model during clinical work, which is challenged from multiple perspectives, implying a deterioration in procedural competences at the end of doctors' specialist training. In this context, preclinical training under simulation conditions has proven to be effective in the achievement of procedural skills, but at a high cost in resources. The execution of a procedure can be represented as a process, that is, an ordered sequence of activities, carried out to achieve an objective. Thus, any procedure can be analyzed with process mining techniques to discover patterns in several executions of the same procedure, to identify deviations from the ideal execution, and to obtain information that allows the implementation of improvements in future executions. This thesis deals with the implementation of the analysis with process mining techniques of executions carried out during the training of procedural skills in a simulation environment, making three main contributions to the application of these techniques. The first is the development of a method in order to obtain an ideal model for the execution of the procedure through the reuse of procedural evaluation instruments and consensus among national experts in such procedure. The second is to obtain, from video records of executions, data that allows their representation as instances of a process, based on the activities defined in the ideal model. Finally, the third is the analysis of the data obtained through process mining techniques in order to define the stages that present the greatest difficulty in the execution and how this is modified with training, execution patterns at different levels of competence, and deviations from an ideal model. This information is useful as feedback for those who are in training and for those who plan educational sessions.

**Keywords:** Process Mining; Surgical Process Model; Medical Technical Skills; Simulation Training; Medical Assessment.

## RESUMEN

El desarrollo de destrezas procedurales es crítico para obtener buenos resultados clínicos. Tradicionalmente su enseñanza se adscribe al modelo mentor–aprendiz durante el trabajo clínico. El cual, se encuentra desafiado desde múltiples perspectivas, implicando un deterioro de las competencias procedurales al finalizar la formación de médicos especialistas. En este contexto, el entrenamiento preclínico en condiciones de simulación ha demostrado ser efectivo para el logro de destrezas procedurales, pero a un costo alto en recursos. La ejecución de un procedimiento puede representarse como un proceso, es decir, una secuencia ordenada de actividades, realizadas para lograr un objetivo. Así, todo procedimiento puede ser analizados con técnicas de minería de procesos; para descubrir patrones en varias ejecuciones del mismo procedimiento, identificar desviaciones respecto a una ejecución ideal y obtener información que permita implementar mejoras en futuras ejecuciones. Esta tesis aborda la implementación del análisis con técnicas de minería de procesos de ejecuciones realizadas durante el entrenamiento de destrezas procedurales en un ambiente de simulación. Realiza tres contribuciones principales. La primera es desarrollar una metodología para obtener un modelo ideal de ejecución del procedimiento a través de la reutilización de instrumentos de evaluación procedural y el consenso entre expertos a nivel nacional en dicho procedimiento. La segunda es obtener a partir de registros de video de ejecuciones, datos que permitan describir dichas ejecuciones como instancias del proceso, en base a las actividades definidas en el modelo ideal. Finalmente, analizar los datos obtenidos con técnicas de minería de procesos para identificar las etapas que presentan mayor dificultad en su ejecución y cómo esto se modifica con entrenamiento; patrones en la ejecución a diferentes niveles de competencia; y desviaciones respecto al modelo ideal. Esta información, es útil como retroalimentación tanto para quién está entrenándose como para quienes planifican sesiones educativas.

**Palabras Claves:** Minería de Procesos; Modelo de Proceso Quirúrgico; Destrezas Técnicas en Medicina; Entrenamiento en Simulación; Evaluación Médica.

## **Capítulo 1**

### Introducción

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Contexto**

El desarrollo de destrezas procedurales es un componente esencial del proceso de formación de médicos de especialidades quirúrgicas y no quirúrgicas. Mejores destrezas técnicas tienen un impacto favorable en los resultados clínicos (Fecso, Szasz, Kerezov, & Grantcharov, 2017). Por otra parte, la presencia de deficiencias técnicas son el factor más importante asociado a los errores del operador en pacientes hospitalizados (Leape et al., 1991). Tradicionalmente, la enseñanza de estas destrezas se ha adscrito al modelo de mentor – aprendiz, bajo un concepto de “veo uno, hago uno, enseño uno” (Grantcharov & Reznick, 2008; Thomas Jr., 1994). Este modelo se encuentra desafiado desde múltiples perspectivas: consideraciones de seguridad del paciente, eficiencia de recursos, y limitación de horas de trabajo de residentes (Walter, 2006). Por otra parte, un porcentaje importante de los residentes se sienten inseguros para enfrentar cirugías en forma autónoma al terminar su formación (Yeo et al., 2009), y los directores de formaciones de sub especialidades quirúrgicas consideran que los cirujanos que ingresan a sus programas, presentan deficiencias en habilidades técnicas básicas al momento de iniciar su formación (McKenna & Mattar, 2014). En este contexto, el uso de entrenamiento en condiciones de simulación, previo al contacto con pacientes, ha demostrado ser una herramienta efectiva para lograr un nivel de destreza que permita mantener a resguardo la seguridad de los pacientes (Cook, Hamstra, et al., 2013;

Barsuk, Cohen, Feinglass, McGaghie, & Wayne, 2009). Aun así, este enfrentamiento presenta dificultades por resolver, como los altos costos que implica su implementación (Zendejas, Wang, Brydges, Hamstra, & Cook, 2013), determinar qué modelo instruccional es efectivo en el logro de las competencias, o cuál es más eficiente (Cook, Brydges, Zendejas, Hamstra, & Hatala, 2013; White, Rodger, & Tang, 2016; Spruit, Band, Hamming, & Ridderinkhof, 2013), y finalmente, cómo determinar el momento en que un médico en entrenamiento se encuentra en condiciones de pasar del ambiente simulado al ambiente clínico (Bould, Crabtree, & Naik, 2009; Boulet & Murray, 2010).

La minería de procesos es una disciplina emergente que se presenta como un puente entre la ciencias de los datos y la modelación y análisis de procesos (W. M. P. van der Aalst, 2016a), ofreciendo una serie de herramientas matemáticas y computacionales para manejar los datos obtenidos a partir de instancias reales de los procesos. El insumo básico que usan estas herramientas es el Event Log, que en su versión más simple puede ser definido como un registro de un conjunto de actividades ordenadas secuencialmente, que han sido ejecutadas en una o más instancias del proceso. Con este, se pueden realizar los tres tipos básicos de minería de procesos: 1.- Descubrimiento: obtener en forma automatizada un modelo del proceso. 2.- Verificación de Conformidad: generar comparaciones con respecto a un patrón, identificando desviaciones 3.- Análisis de Mejora: realizar modificaciones al modelo que aumenten la eficiencia del proceso (W. M. P. van der Aalst, Adriansyah, & van Dongen, 2012).

En salud, la implementación y usos de herramientas de minería de procesos es cada vez mayor (Rojas, Munoz-Gama, Sepúlveda, & Capurro, 2016; D. Neumuth, Loebe, Herre, & Neumuth, 2011a), centrando el interés en sus aplicaciones clínicas para evaluación de instrumentos quirúrgicos, optimización de gestión de salas de operaciones, desarrollo de sistemas expertos, asistencia robótica, entre otros (Lalys & Jannin, 2014). No tenemos conocimiento de aplicación de minería de procesos para analizar las actividades que se realizan durante el entrenamiento en destrezas procedurales en salud.

Aplicar un enfoque de modelación de procesos y posterior análisis con herramientas de minería de procesos, a los procedimientos realizados en las fases de entrenamiento de habilidades procedurales, permitiría:

- Contar con un modelo del proceso en cuestión, permitiendo acceder a una descripción estructurada y con alto nivel de detalle de todo el procedimiento, lo que facilita el aprendizaje de los aspectos cognitivos y de destrezas técnicas involucradas.
- Identificar patrones de ejecución en diferentes niveles de experticia, permitiendo definir características de poblaciones que inician una capacitación, mejoras que éstas obtienen después de ser entrenados, y brechas con ejecutores expertos.
- Comparar ejecuciones con un modelo ideal del procedimiento, pudiendo ser usado con fines de evaluación formativa o sumativa.

Todo lo anterior, puede ser utilizado para obtener información que permita una mejor planificación de sesiones de instrucción, contar con métricas de la performance de ejecución, y/o obtener retroalimentación útil para ayudar al educando en su propio proceso de aprendizaje.

## **1.2. Hipótesis**

El análisis de minería de procesos aplicado a las ejecuciones realizadas en el contexto de un programa de entrenamiento procedural en medicina, es capaz de entregar información útil para entender cómo se realizan los procedimientos en diferentes niveles de competencia y como esta destreza es modificada por el entrenamiento.

## **1.3. Objetivos**

El objetivo de nuestra investigación es realizar un análisis exploratorio de la aplicación de herramientas de minería de procesos en el contexto del entrenamiento en destrezas procedurales en ambientes de simulación, aplicando técnicas de descubrimiento y de verificación de conformidad. Para esto, elegimos como caso de estudio el programa de entrenamiento en ambiente de simulación para instalación de accesos venosos centrales con ultrasonografía, realizado a residentes de diferentes especialidades y sub especialidades médicas en la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

## 1.4. Desarrollo

El centro de simulación de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile, desarrolló un programa de entrenamiento para 42 residentes de primer año de anestesiología, medicina de urgencia, cardiología, medicina intensiva y nefrología, en el contexto de la investigación “Simulation-based training program with deliberate practice for ultrasound-guided jugular central venous catheter placement” (Corvetto, Pedemonte, Varas, Fuentes, & Altermatt, 2017).

Este programa se desarrolla en tres fases:

- (i) Instrucción Online: se disponen a través de una plataforma web, tres clases online pre-grabadas, cada una con lecturas obligatorias y complementarias. Al finalizar esta etapa, se realiza una evaluación escrita y la grabación del primer registro de video de la ejecución del procedimiento por el alumno.
- (ii) Sesión de demostración: para todo el grupo de residentes, un experto realiza una demostración de todo el proceso de instalación de un acceso venoso central en “Blue Phantom CVC Torso” (Blue Phantom, Redmond, WA). Además, se muestran las 4 estaciones de práctica deliberada:
  - Estación de preparación de equipo de ultrasonografía, paciente e implementos de trabajo
  - Estación de instrucción en manejo de equipo de ultrasonografía
  - Estación de punción venosa con guía ultrasonográfica

- Estación de instalación de catéter y fijación

(iii) Práctica Deliberada: los residentes deben cumplir con cuatro sesiones de práctica deliberada acompañados por un instructor, quien supervisa y entrega retroalimentación inmediata, en el desarrollo de las estaciones descritas en la segunda etapa.

Luego de finalizado el curso, cada participante realiza un segundo registro de video del proceso de instalación de catéter venoso central con ultrasonografía, el cual es utilizado para evaluación del programa de entrenamiento.

En forma concomitante, se obtuvo registros de video de ejecución en iguales condiciones de diferentes académicos de la división de anestesiología, con al menos 5 años de experiencia clínica, y experiencia en instalación de accesos venosos centrales con ultrasonografía.

Se obtuvo aprobación de Comité Ético Científico, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile ( CEC MED UC ), con fecha 18 de agosto de 2016; asignándose número identificador 16-194, para el uso de los registros de videos como una forma de análisis secundario de los datos de la investigación antes mencionada.

Las etapas desarrolladas para este análisis secundario fueron:

### **1.4.1. Modelación de Proceso**

Un modelo de un proceso quirúrgico se define como un patrón simplificado de un proceso quirúrgico, que refleja un aspecto de interés predefinido representado de manera formal o semiformal (D. Neumuth, Loebe, Herre, & Neumuth, 2011b). Para la modelación del proceso de instalación de acceso venoso central con ultrasonografía, se usó un nivel de granularidad basado en las actividades constitutivas del proceso. Estas fueron agrupadas en etapas, cada una de las cuales tiene un objetivo específico en el proceso global, objetivo que es obtenido con las actividades que la constituyen. Para la representación se usa Business Process Model and Notation (BPMN) (Object Management Group, n.d.) estándar de facto utilizado para modelar, de comienzo a fin, procesos en diferentes contextos. Posee la ventaja de permitir, con gran versatilidad, un alto nivel de complejidad en la representación del proceso, de una manera comprensible para personas sin capacitación previa (Rolón, Chavira, Orozco, & Soto, 2015); siendo utilizado ampliamente en modelación de procesos quirúrgicos (Lalys & Jannin, 2014). Para asegurar la generación de un modelo del proceso sin sesgos locales o de una especialidad médica específica, se decide utilizar la metodología Delphi para lograr un modelo consensuado entre expertos (Mead & Moseley, 2001; Okoli & Pawlowski, 2004). El desarrollo de esta parte de la investigación, se encuentra descrito en extenso en el capítulo 2, artículo “Lean Decomposition approach for describing Training Procedures”.

### **1.4.2. Adquisición de Event Logs**

El caso de estudio no genera Event logs en forma automatizada de los eventos del proceso. Por esta razón, se decide utilizar una aproximación basada en el observador (observer based approach) (Lalys & Jannin, 2014), en base a los videos antes mencionados. Para esto, se utiliza como software de etiquetado VCode Vdata (Hagedorn, Hailpern, & Karahalios, 2008), usando como etiquetas posibles para cada una de las actividades identificadas en los videos, las actividades constitutivas del modelo genérico obtenido en la etapa de modelación.

El resultado del proceso de etiquetado es un archivo de texto; cada una de sus filas despliega información de: nombre actividad, tiempo de inicio y tiempo de duración en centésimas de segundo, y finalmente, un campo optativo de notas. Utilizando Excel se obtiene para cada archivo una tabla ordenada de actividades, con las siguientes columnas: identificador de ejecución, evento (nombre actividad), hora inicio, hora fin, y observación. Además, para cada ejecución se registra: tipo de ejecutor, momento de ejecución con respecto a la capacitación, éxito o fracaso de ejecución. Los archivos Excel se agrupan en un archivo único que reúne todos los datos de las ejecuciones. Este posteriormente es utilizado como insumo para análisis con DISCO® (Ceravolo, Accorsi, & Cudre-Mauroux, 2015) y a partir de éste, se obtienen archivos en formato XES (Acampora et al., 2017) para uso en PROM6®. Descripción en extenso del proceso de captura de datos en sección 6.2 Capturas de Video y Etiquetado de Actividades.

### 1.4.3. Análisis de Minería de Procesos

Para análisis de minería de procesos se agrupan los Logs de Eventos en tres grupos: Pre: ejecuciones previas a programa de entrenamiento, Post: Ejecuciones posterior a sesiones de entrenamiento, y Exp: ejecuciones de los expertos. Se aborda su análisis desde tres perspectivas:

- (i) Análisis de descubrimiento: para esta etapa se utiliza DISCO®. Este utiliza algoritmo Fuzzy Miner (Günther & van der Aalst, 2007) para definir los trazos más frecuentes a partir del log de eventos, definición de patrones característicos para cada uno de los grupos, y obtener métricas descriptivas de las actividades componentes del proceso.
- (ii) Análisis de Verificación de Conformidad: para este análisis se utiliza PROM6, Package: PNetReplayer, PNetAlignment Analysis (Adriansyah & Buijs, 2012), obteniendo métricas de ajuste al modelo obtenido a través de panel Delphi, representado como una red de Petri; esto permite caracterizar a los grupos en base al grado de semejanza a una ejecución ideal del procedimiento.
- (iii) Análisis de Alineamiento: Para esto se utiliza metodología propuesta por Bose et col. (Bose & van der Aalst, 2012), obteniendo imágenes gráficas de las ejecuciones, como trazos agrupados según bloques de actividades con un mismo orden, donde cada actividad está representada como un punto de color definido.

Para una descripción detallada de la implementación de los análisis de minería de procesos, ver sección 6.3, Uso de Herramientas de Minería de Procesos.

## **1.5. Presentación de Artículos**

Como resultado de esta investigación, se escribieron dos artículos, los cuales son parte integra de este documento de tesis en los capítulos 2 y 3. La siguiente sección resume los alcances de cada uno de estos artículos.

### **1.5.1. Presentación “Lean decomposition approach for describing Training Procedures”**

Para la modelación del proceso de instalación de accesos venosos centrales con ultrasonografía, se requiere descomponer la ejecución en sus actividades constitutivas, de modo de lograr una descripción en un orden secuencial de las actividades necesarias para una correcta realización del procedimiento. Para esto, se utilizan las actividades incluidas en listas de cotejo previamente validadas para evaluar la ejecución de este procedimiento. Este modelo inicial representado en BPMN, fue sometido a una etapa de consenso entre médicos expertos en el procedimiento, de diferentes especialidades, diferentes tipos de instituciones de salud, y varias regiones del país, a través de la metodología Delphi. El proceso de descomposición del procedimiento y el modelo obtenido está desarrollado en

este primer artículo como una contribución metodológica de descomposición y representación de un procedimiento para fines de entrenamiento.

### **1.5.2. Presentación “Entrenamiento en Destrezas Procedurales, una Aproximación desde el Análisis de Minería de Procesos”**

Las herramientas matemáticas disponibles para análisis de minería de procesos permiten extraer conocimiento a partir de la información recogida de las ejecuciones de procedimientos reales. Para nuestro caso de estudio, los logs de eventos generados para cada uno de los grupos descritos anteriormente, fueron analizadas desde tres perspectivas: 1. Retrabajo: para evaluar la cantidad de veces que una actividad es repetida innecesariamente en las ejecuciones; 2. Análisis de Verificación de Conformidad: para definir el grado de ajuste a un modelo ideal; y, 3. Análisis de Alineamiento de Trazas: para evaluar cualitativamente aquellas partes que son similares y aquellas que son diferentes en un conjunto de ejecuciones de un proceso. Este artículo, recoge la etapa de generación de logs de eventos, a partir de los registros de videos; y el análisis con técnicas de minería de procesos, de cada uno de los grupos, realizando comparaciones estadísticas cuando existen métricas disponibles, y comparaciones cualitativas en el caso de representaciones gráficas.

## **1.6. Resultados**

Esta sección resume los principales resultados expuestos en cada uno de los artículos antes mencionados.

### **1.6.1. Resultados “Lean decomposition approach for describing Training Procedures”**

Los resultados de este artículo son fundamentalmente dos:

- Se presenta la metodología para descomposición y representación como modelo de proceso en BPMN de un procedimiento quirúrgico necesario como competencia en médicos de diferentes especialidades, basada en las actividades especificadas como necesarias por instrumentos de evaluación validados y el consenso de expertos en el área a través de un panel Delphi. Dicha metodología, es una alternativa al uso de Análisis Cognitivo de Tareas (ACT) (Clark et al., 2012; K. A. Yates & Feldon, 2011), con ventajas de economía de recurso y disminución de sesgos en la descomposición obtenida. Este enfoque podría permitir generar con más facilidad el número de representaciones de procedimientos que se necesitan para soportar un curriculum procedural.
- Se obtiene un modelo del procedimiento de instalación de accesos venosos centrales con ultrasonografía, estructurado en base a una secuencia de actividades objetivables, con vías alternativas de ejecución y momentos de toma de decisiones con pasos alternativos.

El modelo obtenido se usará como modelo de referencia para los análisis de minería de procesos. Además, este modelo se puede utilizar con fines de entrenamiento y para implementación de protocolos locales, el cual puede ser implementado en centros de salud con diferentes características de recursos y poblaciones.

### **1.6.2. Resultados “Entrenamiento en Destrezas Procedurales, una Aproximación desde el Análisis de Minería de Procesos”**

Este artículo ofrece resultados derivados de la aplicación de herramientas de minería de procesos, al análisis de las ejecuciones realizadas en las sesiones de entrenamiento. Dos son sus principales resultados:

- A través del análisis de descubrimiento, se logró caracterizar las ejecuciones del procedimiento en el grupo previo a su entrenamiento. Se identifican las actividades involucradas en la punción venosa, instalación de guía e instalación de catéter, como las que generan más dificultad, evidenciado en que el retrabajo, métrica que mide el número de repeticiones innecesarias, se concentra en las actividades de estas etapas. Al mismo tiempo, se aprecia como el retrabajo, se modifica favorablemente posterior al entrenamiento, pero sin alcanzar el nivel de las ejecuciones de expertos, quienes nunca repiten una actividad.

- El análisis de Verificación de Conformidad, que cuantifica a través de métrica de trace fitness, la similitud de un conjunto de ejecuciones con un modelo ideal. Se logró encontrar diferencias, estadísticamente significativas, entre las ejecuciones realizadas previo al entrenamiento y las ejecuciones del grupo de expertos. Este hallazgo es promisorio, pues vislumbra las potencialidades de estas herramientas para discriminar entre ciertos niveles de competencia, con las implicancias evaluativas que esto puede tener.

## **Capítulo 2**

Artículo:

"Lean Decomposition Approach for Describing Training Procedures"

## **2. ARTÍCULO: "LEAN DECOMPOSITION APPROACH FOR DESCRIBING TRAINING PROCEDURES"**

### **2.1. Resumen**

**Introducción:** Una adecuado entrenamiento en destrezas procedurales, comienza por la descomposición del procedimiento en sus pasos constitutivos. Las metodologías actualmente disponibles para esto, implican importantes costos en tiempo, recursos humanos, y personal capacitado. Por otra parte, sus resultados pueden tener sesgos de prácticas locales o de la especialidad respectiva. Todo esto, dificulta poder generar el número necesario de descomposiciones capaces de soportar un curriculum procedural.

**Objetivo:** Desarrollar e implementar una metodología para descomponer y representar un procedimiento, usando como caso estudio la instalación de acceso venoso central con ultrasonografía. **Metodología:** Se elaboró una primera descomposición del procedimiento en base a las actividades definidas en listas de cotejo validadas para evaluar la instalación de acceso venoso central con ultrasonografía. Ésta se representó gráficamente en BPMN (Business Process Model and Notation), como una secuencia ordenada de actividades, que describen su correcta ejecución. Usando metodología Delphi, se realizó encuesta online con expertos a nivel nacional en instalación de acceso venoso central con ultrasonografía; se les solicitó puntuar con una escala Likert de 5 puntos, la pertinencia o no, de incluir las actividades propuestas en el modelo; además, se les solicitó proponer nuevas actividades. Se definió como criterio para mantener una actividad en el modelo, un consenso de 75% o más del total de expertos, y

como criterio de fin del panel, una variabilidad promedio en las respuestas entre una encuesta y otra, menor a 15%. **Resultados:** Las encuestas fueron contestadas por 13 expertos nacionales de 3 especialidades médicas y 8 instituciones diferentes (públicas, privadas, universitarias, fuerzas armadas y regionales). Se realizaron 2 iteraciones. El modelo final incluyó 28 actividades propuestas en el modelo inicial, 4 actividades nuevas propuestas por los expertos, y se excluyó 7 actividades. La variabilidad promedio de las respuestas fue 3,68%, con una desviación estándar de 3,81%. **Conclusión:** La metodología propuesta mostró ser efectiva para desarrollar una descomposición del procedimiento, permitiendo obtener una representación gráfica que hace explícito actividades, puntos de decisión y vías alternativas; consensuada entre expertos de diferentes especialidades y centros de salud. La descripción obtenida puede ser utilizada por diferentes especialidades y centros con diferentes recursos, para fines de entrenamiento en este procedimiento o para definir estándares locales.

## 2.2. Introducción

El desarrollo de destrezas procedurales es una componente esencial del proceso de formación de médicos de especialidades quirúrgicas y no quirúrgicas. Mejores destrezas técnicas impactan positivamente en el resultado clínico (Fecso et al., 2017), por otra parte, la presencia de deficiencias técnicas son el factor más importante asociado a los errores del operador en pacientes hospitalizados (Leape et al., 1991).

Tradicionalmente la enseñanza de estas destrezas se ha adscrito al modelo de mentor–aprendiz (Grantcharov & Reznick, 2008; Thomas Jr., 1994); modelo que se encuentra desafiado desde múltiples perspectivas: consideraciones de seguridad de paciente, eficiencia de recursos y limitación de horas de trabajo de residentes (Walter, 2006). Las debilidades curriculares referentes a destrezas técnicas, son aún más patentes en las especialidades quirúrgicas, lo cual se expresa en que un porcentaje importante de los residentes se sienten inseguros para enfrentar cirugías en forma autónoma al terminar su formación (Yeo et al., 2009), y los directores de programas de sub especialidades quirúrgicas consideran que los cirujanos que ingresan a sus programas presentan deficiencias en habilidades técnicas básicas al momento de iniciar su formación (McKenna & Mattar, 2014).

En este contexto, la instrucción procedural prospectiva, previo al contacto con pacientes, ha demostrado ser una herramienta altamente efectiva (Cook, Brydges, et al., 2013; Barsuk et al., 2009). Una primera etapa, previa al entrenamiento de una destreza procedural, es descomponer el procedimiento, en pasos observables y ordenados que permitan una descripción clara y exhaustiva, que incluya aquellos puntos donde se toman decisiones (Grantcharov & Reznick, 2008; Sullivan, Yates, Inaba, Lam, & Clark, 2014). El Análisis Cognitivo de Tareas (ACT) se ha utilizado como una técnica, que permite hacer explícito el conocimiento que los expertos tienen del procedimiento; dado que al enseñar, suelen omitir hasta un 70% de la información necesaria para realizar correctamente el procedimiento (Sullivan et al., 2014; Clark et al., 2012); esto debido a la automatización

característica, de ejecutores con altos niveles de destreza procedural. Obligando a los aprendices a rellenar estos vacíos en forma individual, en una aproximación de ensayo y error; con las dificultades obvias para el proceso de aprendizaje.

Existen múltiples metodologías descritas con el nombre de ACT, con diferentes mecanismos para explicitar el conocimiento, analizarlo y representarlo (Wingfield, Kulendran, Chow, Nehme, & Purkayastha, 2015; K. A. Yates & Feldon, 2011); los inconvenientes de estas técnicas son los altos recursos implicados: horas de entrevista y análisis, la necesidad de personas capacitadas (Sullivan et al., 2014; K. Yates, Sullivan, & Clark, 2012) y que para un mismo procedimiento su descomposición puede diferir de acuerdo a la especialidad de los expertos (Boehler, Roberts, Sanfey, & Mellinger, 2016).

Business Process Model and Notation (BPMN) (Object Management Group, n.d.), es un estándar de facto usado para el diseño y modelación de procesos de negocio, cuyo uso en salud ha demostrado ser una forma versátil de representar en forma eficiente, procesos quirúrgicos de diversa complejidad, como por ejemplo, Vías Clínicas (Lenz et al., 2007; Rolón et al., 2015; Scheuerlein et al., 2012). A través del uso de elementos estandarizados, con una sintaxis clara; logra una representación gráfica altamente expresiva de los aspectos estructurales y funcionales de un proceso de salud (Ruiz, Garcia, Calahorra, & Llorente, 2012), siendo de fácil comprensión por el personal de salud (Rolón et al., 2015; Scheuerlein et

al., 2012), permitiendo, al mismo tiempo, interactuar con personal de Tecnología de la Información (TI) para desarrollo de soporte informático de actividades clínicas.

La demostrada efectividad del uso de la descomposición de los procedimientos como insumo para procesos de aprendizaje procedural dentro o fuera del contexto de simulación (Velmahos et al., 2004; K. Yates et al., 2012; Wingfield et al., 2015), implica una demanda importante de recursos para los centros formadores. Esta limitante, dificulta contar con el suficiente número de descomposiciones de procedimientos como para desarrollar un curriculum procedural al cual puedan acceder instructores y aprendices.

El objetivo de nuestra investigación fue desarrollar una metodología accesible para la deconstrucción en notación BPMN del procedimiento para instalación de accesos venosos centrales bajo visión de ultrasonografía, la cual pueda ser utilizada como insumo en las actividades de entrenamiento de residentes de diferentes especialidades para la adquisición de destrezas procedurales.

### **2.3. Materiales y Métodos**

#### **1. Desarrollo de primera deconstrucción de procedimiento de instalación de acceso venosos centrales bajo visión de ultrasonografía.**

Se elaboró una primera deconstrucción del proceso de instalación de accesos venosos centrales bajo visión con ultrasonografía, utilizando BPMN. Se utilizaron las actividades definidas en listas de cotejo propuesta por Barsuk et col (Barsuk et al., 2009) para evaluar instalación de catéteres de diálisis y Nguyen et col (Nguyen et al., 2013) para accesos centrales con ultrasonografía. Además, se complementó con las actividades definidas en las revisiones de McKinley et col (McKinley et al., 2008) y Ma et col (I. W. Y. Ma et al., 2011) para listas de cotejo y escalas globales en la instalación de accesos venosos centrales, respectivamente. Se definió un listado de actividades ordenadas por conectores de flujo y compuertas que describen la secuencia de ejecución. Algunos elementos contienen atributos cualitativos representados como notas. Este modelo inicial del procedimiento fue revisado con tres anestesiólogos, parte del equipo del Centro de Simulación Clínica PUC, que utilizan pauta de cotejo, escalas globales y medición con Imperial College Surgical Assessment Device (ICSAD), para investigación en destrezas procedurales, obteniendo así un primer modelo gráfico completo del proceso (Figura 2.1).



## **2. Panel Delphi**

Para asegurar obtener un modelo que pueda ser utilizado en diferentes centros a nivel nacional, obviando los sesgos propios de una especialidad o de un centro de salud específico, se decidió usar metodología Delphi. La metodología Delphi ha demostrado su eficacia en muchas disciplinas para obtener consenso entre expertos en torno a una materia determinada (Diamond et al., 2014). Su característica principal es la interacción anónima entre expertos, que en rondas sucesivas y controladas pueden modificar sus respuestas, después de conocer las respuestas del resto de los participantes. El proceso concluye en el momento en que las respuestas logran representar la opinión de la mayoría del grupo (Mead & Moseley, 2001).

Se seleccionó un grupo de 16 expertos nacionales según metodología descrita por Okoli and Pawloski (Okoli & Pawlowski, 2004), a los cuales se les envió invitación a participar en la investigación. Se diseñó una primera encuesta a través de la plataforma online SurveyMonkey® estructurada en cinco partes:

- (i) Modelo Gráfico Propuesto
- (ii) Solicitud de datos personales: especialidad, área de trabajo, datos de contacto
- (iii) Set de preguntas estructuradas, donde se listan secuencialmente todas las actividades del modelo grafico definido previamente. Cada pregunta describe la actividad y solicita a cada experto ponderar la pertinencia de su inclusión en el modelo, en base a una escala

Likert de 5 puntos: 1. Bajo ninguna circunstancia debe incluirse, 2. No debe estar incluida, 3. Puede o no puede estar incluida, 4. Debe estar incluida, 5. Obligatoriamente debe estar incluida.

- (iv) Sugerencia de nuevas actividades, no incluidas en el modelo propuesto, definiendo el lugar que debía ocupar en la secuencia.
- (v) Propuesta de otros expertos en instalación de accesos venosos centrales bajo visión con ultrasonografía, que pudiesen participar en la investigación.

Los resultados de la primera encuesta se consolidaron, estableciendo el porcentaje de respuestas para cada ítem en la escala Likert, para cada una de las actividades propuestas. Además, se analizó las nuevas actividades sugeridas, evaluando si coincidían con alguna actividad ya incluida o se trataba de una actividad no considerada en el modelo inicial. Finalmente, se envió invitación a participar en investigación a expertos mencionados por los encuestados. La segunda encuesta se elaboró, incluyendo el total de actividades de la primera encuesta, más las nuevas actividades propuestas por los expertos y el porcentaje de cada ítem de la escala Likert, obtenido en la primera ronda. Se invitó, nuevamente a los expertos a ponderar cada actividad, en base a la misma escala Likert de 5 puntos.

Se definió como criterio de inclusión en el modelo, aquellas actividades que tuviese un porcentaje mayor o igual a 75%, en la suma de respuestas “Debe estar incluido” y “Obligatoriamente debe estar Incluido”. Para calcular la variación absoluta entre respuestas se asignó valor numérico de 1 a

5 a cada uno de los ítems de la escala Likert, luego para cada una de las preguntas de la encuesta se calculó el “valor promedio del ítem”, calculándose luego el promedio entre las respuestas de una misma pregunta. Finalmente se restó el “valor promedio ítem”, obtenido en la primera encuesta con el valor obtenido por la misma pregunta en la encuesta siguiente, se expresó como porcentaje sobre las posibilidades de respuestas de cada pregunta. Se definió como criterio de término de iteraciones una variación promedio en las respuestas menor a un 15% en iteraciones sucesivas, planificando un máximo de tres iteraciones de no cumplir este criterio.

El panel Delphi se planificó considerando los criterios de calidad metodológica propuestos por Diamond et col (Diamond et al., 2014): criterio de término especificado, número de iteraciones definidas, selección de participantes reproducible y criterio de salida de ítem definido.

## **2.4. Resultados**

### **1. Expertos**

De los 16 expertos nacionales invitados, 12 aceptaron participar, y contestaron efectivamente la encuesta. Ellos propusieron 4 nuevos expertos, de los cuales 3 aceptaron participar, pero sólo 1 contestó la encuesta online. En total, 13 expertos conformaron el panel Delphi, cuyas características están descritas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Características Expertos Participantes de Delphi

<b>Características</b>	<b>Detalle</b>	<b>Número</b>
Expertos por Especialidad	Anestesiología	8
	Anestesiología y Medicina Intensiva	4
	Nefrología	1
Expertos por Unidad de desempeño	Pabellón	7
	Pabellón y UCI	4
	UCI	1
	Unidad de Diálisis	1
Expertos por Tipo de Establecimientos de Desempeño	Clínica Privada	4
	Hospital Público	3
	Hospital Universitario	4
	Hospital de la Fuerzas Armadas	2
Expertos por Localización Geográfica de Desempeño	Región Metropolitana	10
	Otras Regiones	3
<b>Total de Participantes</b>		<b>13</b>

## 2. Modelo

La primera encuesta propuso 34 actividades. De éstas, 21 obtuvieron el criterio de inclusión en el modelo. El 8 de los expertos hizo al menos una propuesta para enriquecer el modelo. En total, fueron 14 propuestas, de las cuales:

- (i) 5 fueron incluidas como una nueva actividad en la segunda encuesta.
- (ii) 5 enriquecieron actividades ya consideradas, ya sea, redefiniendo una actividad o agregando algún atributo cualitativo.

(iii) 4 no fueron incluidas por escapar a los alcances del modelo.

La segunda encuesta propuso 39 actividades, las 34 incluidas en la primera encuesta y 5 nuevas actividades. En esta nueva encuesta, 27 actividades del modelo original y de las 5 nuevas actividades propuestas por los expertos, 4 actividades cumplieron con el criterio de inclusión.

El criterio de fin del panel Delphi (Tabla 2.2) se cumplió en la segunda ronda de encuestas, que mostró una variación promedio en las respuestas con respecto a las respuestas de la primera encuesta de 3,68%, con una desviación estándar de 3,81% y un rango que va de -14,58% a 4,25%.

Tabla 2.2. Resultado de la encuesta 1 y encuesta 2 del panel Delphi.

Actividad Propuesta	Encuesta 1			Encuesta 2			Variación
	no inclusión	neutro	inclusion	no inclusión	neutro	inclusion	%
	%	%	%	%	%	%	
Preparación de implementos	0,0	8,3	91,7	0	0	100	4,25
Realizar aseo quirúrgico de manos	0,0	0,0	100,0	0	0	100	0,00
Vestirse con delantal esteril, gorro y mascarilla	0,0	0,0	100,0	0	0	100	-2,08
Esterilizar con solución zona de punción	0,0	0,0	100,0	0	0	100	2,00
Cubrir zona a puncionar con paños estériles	0,0	0,0	100,0	0	0	100	0,00
Definir ajustes ecógrafo (profundidad y vista vascular)	0,0	16,7	83,3	0	17	83	-2,08
Colocar gel en transductor	8,3	8,3	83,3	8	17	75	-4,08
Cubrir transductor con cubierta estéril	0,0	0,0	100,0	0	0	100	4,17
Colocar gel en transductor cubierto	16,7	33,3	50,0	17	42	42	-2,17
Colocar transductor en zona a puncionar	0,0	8,3	91,7	0	17	83	0,00
Posicionar paciente*				0	17	83	
Forzar posición de cabeza lado contralateral punción	16,7	58,3	25,0	25	58	17	-2,17
Realizar maniobra de valsava	25,0	58,3	16,7	33	67	0	-8,42
Identificar vena por posición anatómica	8,3	33,3	58,3	17	25	58	-2,00
Identificar vena por doppler	0,0	50,0	50,0	0	83	17	-14,58
Identificar vena por compresión	0,0	33,3	66,7	0	33	67	2,17
Anestesiarse localmente zona de punción	0,0	25,0	75,0	0	25	75	-2,00
Punción previa con aguja fina	41,7	33,3	25,0	42	50	8	-8,25
Puncionar vena con trocar bajo visión ecográfica	0,0	8,3	91,7	0	0	100	2,08
Aspiración de sangre	0,0	16,7	83,3	0	17	83	-2,00
Soltar transductor y colocar en zona estéril*				0	17	83	
Remover jeringa desde trocar de punción	0,0	25,0	75,0	0	17	83	-2,17
Pasar guía seldinger por trocar de punción	0,0	8,3	91,7	0	0	100	2,08
Retirar trócar de punción*				0	17	83	
Verificar posición guía dentro vena en eje largo	0,0	16,7	83,3	0	25	75	-10,33
Verificar posición guía dentro vena en eje corto	0,0	33,3	66,7	0	33	67	-4,25
Guía en posición adecuada	0,0	0,0	100,0	0	8	92	-4,08
Cortar piel	25,0	58,3	16,7	33	58	8	-4,25
Dilatar trayecto subcutáneo	0,0	8,3	91,7	0	0	100	-4,08
Avanzar catéter sobre guía sin perder control de esta	0,0	0,0	100,0	0	0	100	2,17
Retirar completamente la guía	0,0	0,0	100,0	0	0	100	-0,08
Verificar flujo y reflujo de lumen(es) catéter	0,0	8,3	91,7	0	17	83	-2,17
Verificar posición de catéter dentro de vena en eje largo	0,0	41,7	58,3	8	50	42	-8,42
Verificar posición de catéter dentro de vena en eje corto	8,3	41,7	50,0	17	50	33	-8,42
Catéter en posición adecuada	0,0	8,3	91,7	0	8	92	-2,17
Fijar catéter con puntos	8,3	0,0	91,7	0	17	83	-0,08
Fijar catéter con otros sistemas*				8	58	33	
Cubrir catéter con parches	0,0	8,3	91,7	0	8	92	-0,08
Verificar posición de catéter con método radiológico*				0	17	83	

En tabla 2.2 se marcan con asterisco (\*) las actividades no incluidas en modelo de primera encuesta. Se define: No inclusión: porcentaje de respuestas “Bajo ninguna circunstancia debe incluirse” más “No debe estar incluida”, Neutro porcentaje de respuestas “Puede o no puede estar incluida”, Inclusión: porcentaje de respuestas “Debe estar incluido” más “Obligatoriamente debe estar Incluido”. Variación absoluta de valor promedio ítem expresado como porcentaje.

El modelo final ( Figura 2.2 ) considera 32 actividades, excluyendo 7 actividades que no cumplen con criterio de inclusión. Del total de actividades de este modelo, 27 se incluyeron por cumplir con criterio de inclusión y 5 casos recibieron un trato especial:

- (i) De las tres alternativas propuestas como actividades de verificación de la posición de la vena con ultrasonografía antes de puncionar, a saber, posición anatómica, compresión o uso de doppler, ninguna alcanzó el umbral de inclusión. Pero al ser analizadas en conjunto, el 92% de los encuestados usa al menos una de las tres alternativas, por lo cual se decidió incluir todas las posibilidades en el modelo gráfico.
- (ii) “Verificación con ultrasonografía de la guía en eje corto” en el interior del lumen de la vena, alcanza un 67% de criterio de inclusión y verificación en eje largo, tiene un 75%, por lo cual se decide incluir ambas, como variantes de la misma actividad.

(iii) La actividad “Colocar gel estéril en transductor cubierto”, no alcanzó criterio de inclusión. Sin embargo, se estimó que la definición de la actividad, utilizada en la encuesta fue incorrecta, dado que el gel estéril es depositado en la zona de punción para generar una interface que evite presencia de aire y no necesariamente en el transductor. Por esto, se decidió modificar su denominación a “Colocar gel estéril” y se incluyó en el modelo final.

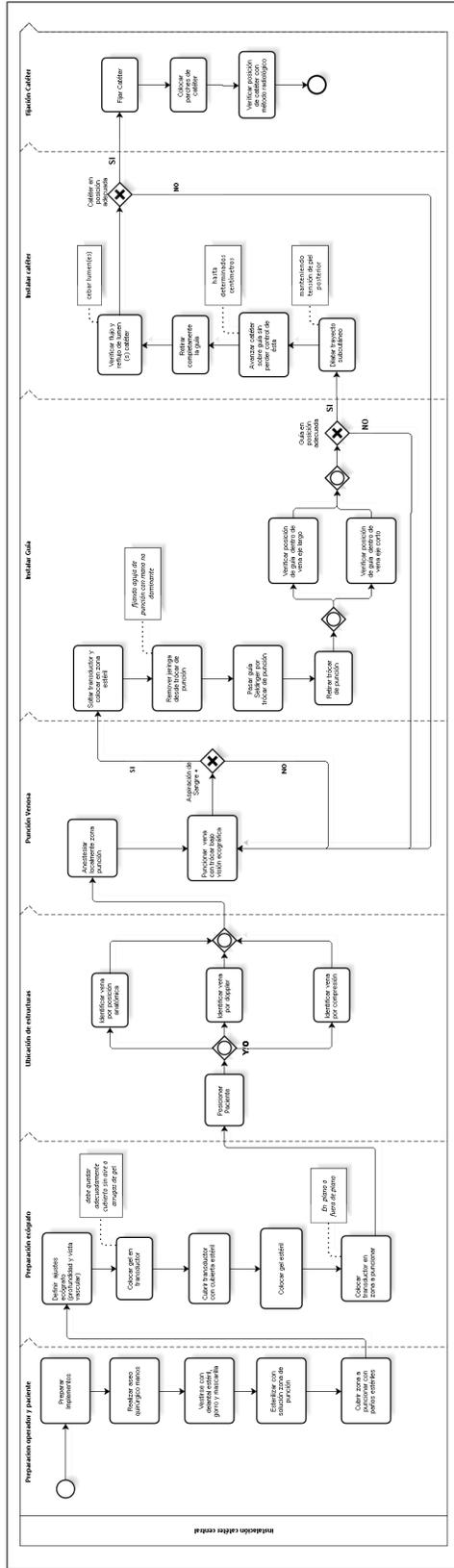


Figura 2.2. Modelo BPMN final del proceso “Instalación de accesos venosos centrales bajo visión ultrasonográfica”.

## 2.5. Discusión

Como resultado de nuestra investigación, se logró desarrollar una deconstrucción del proceso de instalación de acceso venoso central bajo visión con ultrasonografía representado gráficamente en BPMN, generando una descripción del procedimiento válida a nivel nacional.

Nuestra propuesta incluye usar como base para la deconstrucción el uso de listas de cotejo, que consisten en un listado de actividades o conductas observables organizadas de manera consistente, que permiten a un observador registrar la presencia o ausencia de éstas en el contexto de una evaluación (Hales, Terblanche, Fowler, & Sibbald, 2008). Una reciente revisión de Ma et col identificó 25 listas de cotejo, usadas para evaluar instalación de accesos venosos centrales en diferentes contextos (I. W. Ma, Sharma, Brindle, Caird, & McLaughlin, 2014), con una mediana de 17 ítems, rango de 2-63; dado que el contexto de uso de nuestra deconstrucción es el entrenamiento procedural, elegimos la lista de cotejo desarrollada por Barsuk et col (Barsuk et al., 2009), que cumple con representar todos los dominios que aseguren incluir no solo los aspectos procedurales motores, sino además seguridad, control de infecciones, preparación, entre otros. Por otro lado, el uso de esta lista de cotejo en el contexto de entrenamiento ha sido validado para demostrar el logro de la competencia a un nivel suficiente para impactar favorablemente en resultados clínicos (Barsuk et al., 2009; Cohen et al., 2010). Sin embargo, fue necesario extender esta descripción con las actividades incluidas en la lista de cotejo desarrollada por

que Nguyen et col (Nguyen et al., 2013), dado que él hace explícito los pasos necesarios para incluir de forma correcta el uso de ultrasonografía en el procedimiento, estrategia que ha demostrado impactar favorablemente en las tasas de éxito y en disminuir la morbilidad en este procedimiento (Bowdle, 2014; Brass, Hellmich, Kolodziej, Schick, & Smith, 1996; Hind et al., 2003). Dar inicio a la deconstrucción desde una o más listas de cotejo validadas, tiene la ventaja de trabajar sobre instrumentos que han demostrado su utilidad en abstraer aquellas actividades consideradas críticas al momento de evaluar el logro de una competencia. Por otro lado, si bien estas listas pueden considerarse una abstracción del procedimiento, no alcanzan para expresar los puntos críticos de decisiones o eventualmente las posibilidades de caminos alternativos, lo cual se logra utilizando estas actividades para desarrollar un modelo en notación BPMN.

El uso de BPMN, permitió crear un modelo que representó en forma gráfica las etapas y los pasos en forma secuencial, permitiendo además identificar aquellos pasos con decisiones no dicotómicas y ciclos en su interior, para los cuales descripciones de carácter narrativo o como tablas con pasos secuenciales y unidireccionales, pueden resultar insuficientes. El uso de BPMN como notación para el modelo, tiene la ventaja de usar conceptos estandarizados (Object Management Group, n.d.), con una sintaxis clara, fácilmente entendible por el equipo de salud y por gente del área de TI (Scheuerlein et al., 2012). A pesar de esto, existen limitaciones que deben ser consideradas al momento de su aplicación en el área salud, como la ausencia de información explícita sobre el nivel de evidencia clínica de

cada uno de los pasos propuestos, información que no sólo es útil al momento de usar el modelo en situaciones de aprendizaje, sino también para guiar al ejecutor en la toma de decisiones. Recientemente, Braun et al han propuesto una extensión de la notación BPMN que intenta soslayar esta limitación (Braun, Schlieter, Burwitz, & Esswein, 2015; Braun, Schlieter, & Burwitz, 2014).

El paso siguiente, enriquecer y validar la deconstrucción generada a través de un panel Delphi con expertos a nivel nacional pertenecientes a diferentes tipos de instituciones de salud, permite soslayar un problema frecuente, con el cual deben lidiar los intentos de abstraer la forma de realizar un procedimientos, que es la gran variabilidad en su ejecución que puede estar determinada por pacientes, destrezas y experiencia del equipo, y de las tecnologías disponibles (Müller & Rogge-Solti, 2011; D. Neumuth et al., 2011b). Esto resulta crítico cuando el objetivo de la deconstrucción es ser usada para el entrenamiento de residentes que se desarrollarán profesionalmente en diferentes tipos de instituciones. Así, al incluir profesionales de diferentes especialidades e instituciones, permite generar una deconstrucción aplicable a diferentes escenarios sin sesgos locales (Boehler et al., 2016), pudiendo ser considerada de validez nacional por la composición del panel de expertos.

La descripción gráfica obtenida permite su uso no solo para entrenamiento; sino también, su adaptación para generar protocolos locales, su uso como insumo para procesos de informatización del proceso quirúrgico, e incluso

como modelo para comparar con ejecuciones reales o simuladas de este proceso, permitiendo generar archivos con información sobre cómo las actividades son ejecutadas en la realidad, los que pueden ser analizados con herramientas de análisis orientadas a procesos (Rojas, Munoz-Gama, Sepúlveda, & Capurro, 2016; Ruiz et al., 2012; W. M. P. van der Aalst, 2016a). Aún más, contar con una descripción clara del procedimiento, no solo es útil en vista del entrenamiento preclínico; sino que, para usar como referencia comparativa por los médicos en formación, al momento de observar las ejecuciones en pacientes realizadas por los médicos staff de los servicios clínicos, considerando que si bien los pasos se realizan, la calidad de la ejecución puede estar por debajo de un nivel mínimo de proficiencia (Barsuk et al., 2016).

Una posible limitación de nuestro trabajo es el tipo de procedimiento elegido, dado que éste puede no ser el que más se beneficie de usar alternativas al ACT, considerando que una reciente investigación de Yates et al, muestra que el nivel de omisiones que realizan los expertos al momento de descomponer este procedimiento es menor al 30% (K. Yates et al., 2012), Por este motivo, resulta importante poder corroborar el potencial del enfoque propuesto con otros procedimientos de mayor complejidad, o eventualmente de menor frecuencia de realización.

Tal como se señaló anteriormente, contar con la descomposición de un procedimiento en sus tareas constitutivas y en sus puntos decisionales, permite aumentar la eficacia del proceso de entrenamiento (Wingfield et al.,

2015). Aun así, la necesidad de personal especialmente capacitado y las horas necesarias, que implican aplicar las metodologías disponibles actualmente, puede ser una carga excesiva para dotar a un programa de pre o post grado del número total de descomposiciones necesarias para generar un currículum de entrenamiento procedural (Clark et al., 2012; Riggle et al., 2014). Nuestra aproximación recoge el trabajo ya realizado al desarrollar las listas de cotejo de evaluación, evaluando como se ajustan a las necesidades de entrenamiento y su calidad en representar dominios de competencia involucrados (McKinley et al., 2008), generando una representación gráfica altamente versátil que será sometida a un proceso consenso entre expertos nacionales. Permitiendo reutilizar trabajo realizado y generar un resultado en forma colaborativa que satisfaga necesidades transversales a varias especialidades, con una menor utilización de recursos. De esta manera, la metodología propuesta es una herramienta que permitiría abastecer en forma rápida con un listado de procedimientos descompuestos, como una primera etapa en pro de desarrollar un currículum de entrenamiento procedural.

## **2.6. Conclusión**

La metodología propuesta permite generar una deconstrucción de un procedimiento transversal a muchas especialidades quirúrgicas y médicas, en una notación gráfica versátil y altamente expresiva. El uso de listas de cotejo previamente validadas psicométricamente y de demostrado impacto en resultado clínico, más su enriquecimiento a través del consenso

de expertos nacionales con un panel Delphi, permite su uso para fines de entrenamiento, pero también la creación de estándares locales que aseguren la calidad y seguridad en la atención. Esta metodología permitiría desarrollar una base de conocimiento sólida, que incluya una gran variedad de procedimientos, para posibilitar la estandarización de la enseñanza de procedimientos en alumnos de pre y postgrado, a un costo de recursos más accesible.

### **Capítulo 3**

Artículo: "Entrenamiento en Destrezas Procedurales, una Aproximación desde el Análisis de Minería de Procesos"

### 3. ARTÍCULO: "ENTRENAMIENTO EN DESTREZAS PROCEDURALES, UNA APROXIMACIÓN DESDE EL ANÁLISIS DE MINERÍA DE PROCESOS"

#### 3.1. Resumen

**Introducción:** Una adecuada destreza técnica es central para el buen resultado clínico. El entrenamiento de destrezas procedurales requiere importantes recursos materiales y humanos. El enfrentamiento instruccional óptimo no está definido. El análisis de los procedimientos realizados en sesiones de entrenamiento puede entregar información útil para la planificación de intervenciones educativas. Las herramientas de minería de procesos permiten extraer información de cómo se realiza un procedimiento y cuánto se ajusta a un estándar. **Objetivo:** Evaluar la aplicabilidad de las técnicas de minería de procesos como herramienta que permita caracterizar ejecuciones de una misma población y discriminar el ajuste a un patrón ideal, en procedimientos realizados en condiciones de simulación. **Metodología:** Se analizaron videos de instalación de acceso venoso central en condiciones de simulación; 30 videos de residentes obtenidos pre-entrenamiento, 34 post-entrenamiento y 9 de expertos, anesthesiólogos con mínimo 5 años de experiencia. Se generó, para cada ejecución un Event Log: listado ordenado de las actividades realizadas, cada actividad con tiempo de inicio y fin. El conjunto de Event Logs de cada grupo se analizó con Disco® y PROM6, obteniendo número de pasos realizados, retrabajo definido como promedio de repeticiones de cada actividad, ajuste a modelo a ideal medido con trace-fitness, alineamiento de ejecuciones en imágenes gráficas de ejecuciones por grupo. **Resultados:** El

número actividades de expertos 16, es significativamente menor que pre-entrenamiento y post-entrenamiento. El ajuste al modelo ideal, medido como, trace-fitness de pre-entrenamiento es significativamente menor que post-entrenamiento y expertos. Las ejecuciones de expertos no presentan repetición de actividades. A su vez, el promedio de repeticiones de actividades post-entrenamiento es significativamente menor que previo a este, concentrándose en etapas de punción venosa. El análisis gráfico de alineamiento de las ejecuciones muestra incremento progresivo en orden en la realización de las actividades, desde pre-entrenamiento a expertos. **Conclusiones:** La minería de procesos permite reconocer los pasos que ofrecen más dificultad previo al entrenamiento, cómo se modifican después de éste, y cuánto falta para alcanzar proficiencia de un experto. Es una herramienta promisorio para evaluar el nivel alcanzado en destrezas procedurales y entregar información útil para planificar intervenciones educativas.

### **3.2. Introducción**

El desarrollo de destrezas procedurales es un componente esencial del proceso de formación de médicos de especialidades quirúrgica y no quirúrgicas. Una mayor destreza procedural del profesional médico implica mejores resultados clínicos (Fecso et al., 2017). Por otra parte, las deficiencias técnicas son el factor más importante asociado a los errores del operador en pacientes hospitalizados (Leape et al., 1991). Tradicionalmente la enseñanza de estas destrezas se ha adscrito al modelo de mentor – aprendiz, el cual se encuentra desafiado desde múltiples perspectivas: consideraciones

de seguridad de paciente, eficiencia de recursos y limitación de horas de trabajo de residentes (Walter, 2006). Actualmente, la enseñanza de destrezas técnicas suele ser desestructurada (Mandel, 2000), o en el mejor de los casos los enfrentamientos son múltiples en términos de modos educativos, recursos, modalidad instruccional, características de los instructores y sistemas de evaluación (Huang et al., 2016). Aun así, existe consenso que la primera etapa en el desarrollo de destrezas técnicas es realizar un entrenamiento previo al enfrentamiento de pacientes, lo que permite situaciones de instrucción estandarizadas, además de espacios para retroalimentación y evaluación (Fenner, 2006; Grantcharov & Reznick, 2008). Una adecuada instrucción en condiciones de laboratorio, requiere que el conocimiento del proceso de ejecución del procedimiento sea explicitado antes de ser enseñado. Esto se logra realizando la descomposición de toda la ejecución en una serie de pasos ordenados, incluyendo puntos críticos, toma de decisiones, pasos concurrentes, entre otros (Sullivan et al., 2014). La modelación de procesos quirúrgicos (MPQ) se define como el desarrollo de un patrón simplificado de un proceso quirúrgico que refleja un aspecto de interés predefinido representado de manera formal o semi-formal (T. Neumuth, Jannin, Strauss, Meixensberger, & Burgert, 2014). En base a MPQ se puede describir la ejecución de un procedimiento en una secuencia ordenada de eventos (e), cada uno referido a una actividad bien definida en el proceso. Estos eventos pueden tener diferentes propiedades, como tiempos de inicio, duración, tiempo de fin, recurso utilizado, entre otros (Bose & van der Aalst, 2012). De esta manera, una ejecución de un MPQ que tiene

n eventos se expresará como una traza ordenada de estos: e1, e2...en. Un conjunto de trazas que describen diferentes ejecuciones de un mismo proceso, recibe el nombre de Event log. Contar con MPQ permite una mejor descripción y comprensión de las cirugías y procedimientos, lo cual ha motivado un creciente interés en sus aplicaciones clínica para evaluación de instrumentos quirúrgicos, optimización de gestión de salas de operaciones, desarrollo de sistemas expertos, asistencia robótica, así como educación médica, entre otras (Lalys & Jannin, 2014; Rojas, Munoz-Gama, et al., 2016). Por otra parte, los event logs pueden ser analizados con técnicas de Minería de Procesos para: descubrir, monitorizar y mejorar un determinado proceso (Daniel, Barkaoui, & Dustdar, 2012). Un tipo específico de minería de proceso son los algoritmos de verificación de conformidad los cuales permiten identificar desviaciones y cuantificar a través de trace fitness el grado de similitud entre una (o un grupo de ejecuciones de un proceso) y el modelo de dicho proceso (W. van der Aalst, Adriansyah, & van Dongen, 2012; W. M. P. van der Aalst, 2016b).

En nuestro conocimiento, no existen investigaciones que utilicen herramientas de minería de procesos sobre los datos obtenidos de un conjunto de ejecuciones en situaciones de entrenamiento, para orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje de destrezas procedurales.

### **3.3. Objetivo**

En este trabajo se usó técnicas de modelación de procesos y análisis con minería de procesos, para desarrollar un modelo de proceso quirúrgico de la instalación de catéteres venosos centrales y analizar ejecuciones del proceso obtenidas durante el entrenamiento en condiciones de simulación. Esta aproximación se utilizó para evaluar la aplicabilidad de las técnicas de minería de proceso como herramienta de soporte del entrenamiento de destrezas procedurales.

### **3.4. Materiales y Métodos**

#### **Modelación Genérica del Proceso**

Para la elaboración de un modelo genérico del proceso de instalación de acceso venoso central con ultrasonografía en Business Process Model Notation (BPMN) (Object Management Group, n.d.), estándar de facto usado para generar modelos gráficos de procesos de negocio, se generó una secuencia ordenada de pasos en base a las actividades incluidas en listas de cotejo desarrolladas por Barsuk et col (Barsuk et al., 2009) y Nguyen et col (Nguyen et al., 2013), para evaluar la instalación de accesos centrales con y sin ultrasonografía, respectivamente. Además, se incluyeron actividades de las listas de cotejo mencionadas en revisiones de McKinley et col (McKinley et al., 2008) y Ma et col (I. W. Ma et al., 2014).

Este modelo se sometió a un panel Delphi de expertos a nivel nacional, en instalación de accesos centrales, a quienes se les pidió valorar la pertinencia de incluir cada actividad en el modelo con una escala Likert de 5 puntos. Se consideró como criterio de término una variabilidad promedio menor de 15% entre encuestas, un máximo de tres iteraciones, criterio explícito de selección de expertos y criterio de salida de actividad del modelo de menos de 75% de acuerdo de inclusión entre participantes; de esta manera, se cumple con los criterios de calidad metodológica propuestos por Diamond et col (Diamond et al., 2014).

### **Adquisición de datos**

La adquisición de los Event Logs de cada ejecución se realizó en base a aproximación basada en el observador, en forma retrospectiva desde registros de video obtenidos previo y post programa de entrenamiento en laboratorio de simulación para instalación de acceso venoso yugular interno con ultrasonografía para residentes de diversas especialidades y subespecialidades médicas. Además, se utilizan videos de docentes de departamento de anestesiología con más de 5 años de experiencia, quienes realizan este procedimiento frecuentemente. Para esto se usó VcodeVdata (Hagedorn et al., 2008), software desarrollado para realizar anotaciones en registros de video, obteniendo para cada video un listado ordenado de las actividades realizadas durante el procedimiento, cada una con tiempo de inicio, duración y observaciones; los cuales son exportados en un archivo por cada

ejecución. Dos observadores, ciegos a características del ejecutor y momento de la ejecución (pre o post entrenamiento), realizaron el etiquetado de actividades de los videos. Un primer set de 26 videos, elegidos al azar, fueron analizados por ambos observadores. Para evaluar concordancia entre observadores se utilizó Normalized Levenshtein Distance Metric (NLD) (Levenshtein, 1965; Weigel & Fein, 1994; Yujian & Bo, 2007), métrica utilizada para cuantificar similitud entre cadenas de caracteres, en base al número de operaciones de eliminación, inserción, y sustitución, necesarias para que dos cadenas comparadas sean iguales, las cuales se normalizan por la suma del número de caracteres de ambas cadenas, y se expresa la distancia como diferencias de 1, considerando este valor como trazas iguales. Se definió un valor promedio de NLD igual o mayor a 0,85 para proceder a dividir entre ambos observadores el resto de los videos.

### **Análisis de Minería de Procesos**

Se utilizó Disco, herramienta de minería de proceso para descubrimiento de mapas de procesos en base a los event logs de cada uno de los grupos. Además, se obtiene estadísticas descriptivas de frecuencia y duración de las actividades y transiciones entre actividades del proceso. Para analizar la dificultad que alguna actividad pudiese ofrecer al grupo en entrenamiento, se definió Retrabajo para cada actividad como el número de intentos de ejecución de una actividad dividido por el número de casos en los cuales la actividad está presente. Para realizar análisis de verificación de conformidad de cada uno de los grupos y de ejecuciones individuales

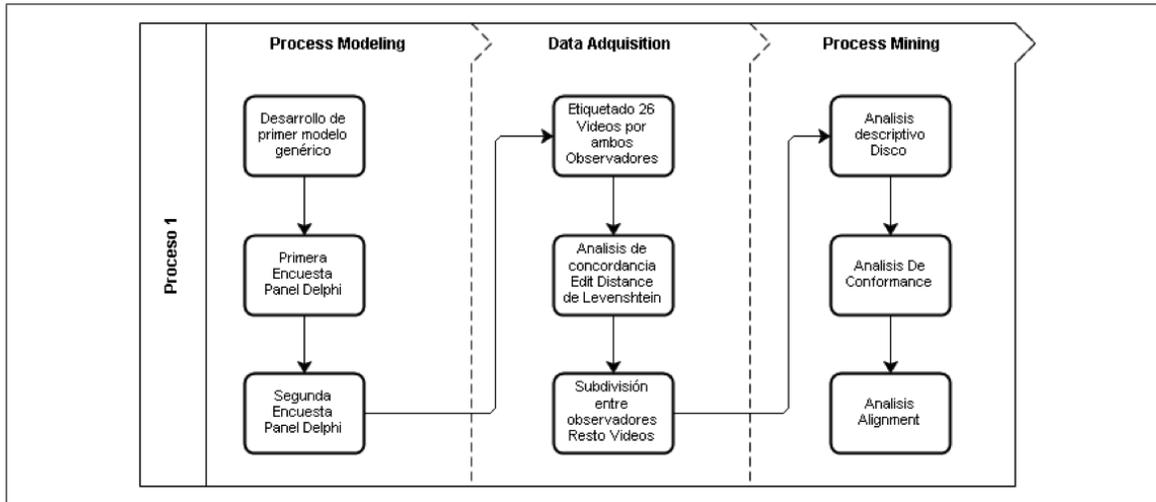


Figura 3.1. Etapas de Desarrollo de la investigación.

con respecto al modelo genérico, se utilizó PROM6, Package: PNetReplayer , PNetAlignment Analysis (Adriansyah & Buijs, 2012). Para comparaciones entre grupos, se utilizó trace fitness y gráfica de alineamiento de trazas (Bose & van der Aalst, 2012). Los valores son presentados como medianas, percentil 25-75, mínimo y máximo. El análisis estadístico se realiza con test de Mann-Whitney para comparaciones entre grupos de entrenamiento y Kruskal-Wallis para múltiples comparaciones cuando éstas incluyen ejecuciones de expertos. Se considera significativo un valor de  $p \leq 0,05$ .

Las etapas de la investigación, están representadas gráficamente en la Figura 3.1.

### 3.5. Resultados

El panel Delphi estuvo compuesto por 13 expertos de 3 especialidades médicas y 8 instituciones diferentes (Tabla 3.1). La variabilidad promedio de las respuestas entre la primera y segunda encuesta fue 3,68%, con una desviación estándar de 3,81%. Por lo cual, se finaliza el panel en la segunda encuesta.

Tabla 3.1. Características Expertos Participantes de Delphi

<b>Características</b>	<b>Detalle</b>	<b>Número</b>
Expertos por Especialidad	Anestesiología	8
	Anestesiología y Medicina Intensiva	4
	Nefrología	1
Expertos por Unidad de desempeño	Pabellón	7
	Pabellón y UCI	4
	UCI	1
	Unidad de Diálisis	1
Expertos por Tipo de Establecimientos de Desempeño	Clínica Privada	4
	Hospital Público	3
	Hospital Universitario	4
	Hospital de la Fuerzas Armadas	2
Expertos por Localización Geográfica de Desempeño	Región Metropolitana	10
	Otras Regiones	3
<b>Total de Participantes</b>		<b>13</b>

El modelo genérico resultante del proceso de instalación de acceso venoso central yugular con ultrasonografía, incluyó 28 actividades y excluyó 7 actividades del modelo genérico inicial propuesto a los expertos. Incluyó además, 4 actividades nuevas propuestas por los integrantes del panel Delphi en la primera encuesta (Figura 3.2).

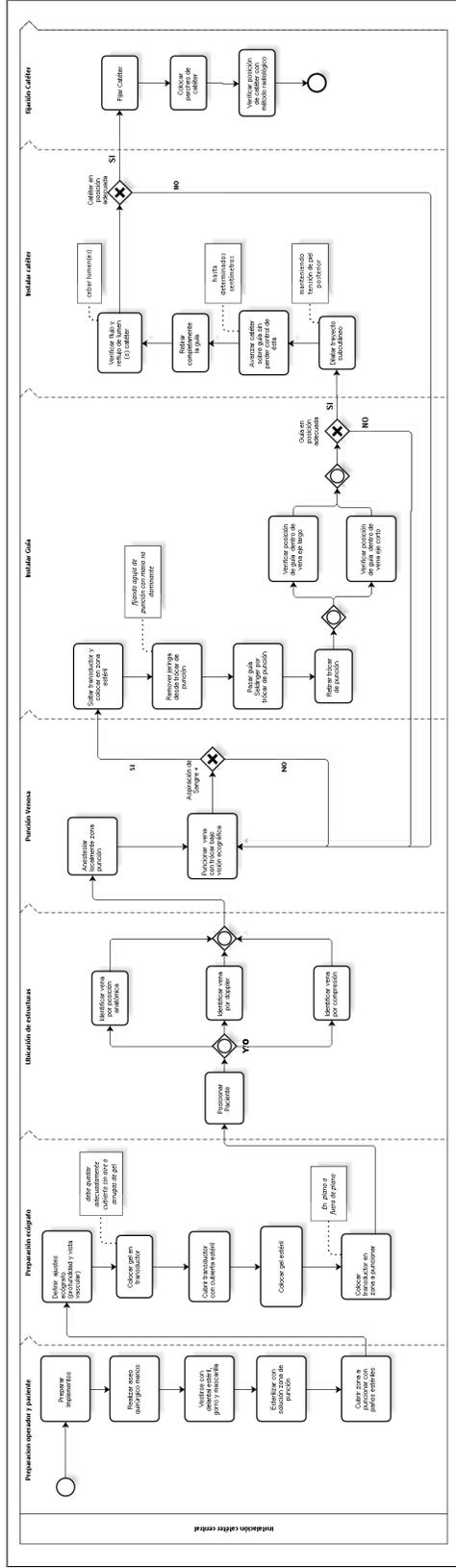


Figura 3.2. Modelo del proceso de instalación de acceso venoso central con ultrasonografía obtenido por metodología Delphi

Se etiquetaron 73 videos de la instalación de acceso venoso yugular con ultrasonografía en maniquí SimMan®. 30 corresponden a ejecuciones previo sesiones de entrenamiento, 34 a ejecuciones post entrenamiento, y 9 de de anesthesiólogos con más de 5 años de experiencia, para los efectos de este protocolos considerados expertos a nivel local. Del total de registros, 10 videos post entrenamiento y todos los de anesthesiólogos, no incluyeron las actividades de preparación de operador y equipo; estas diferencias fueron consideradas al momento de análisis de verificación de conformormidad de los procesos registrados. El cálculo de NLD para los primeros 26 videos obtuvo en promedio 0,90; Desviación Estandar de 0,05, y rango de 0,83 a 1,00; cumpliendo con criterio de concordancia entre observadores, por lo cual el resto de los videos fue dividido en forma randomizada para análisis por separado por los observadores. El análisis de los registros con proceso completo de los pasos promedio ejecutados por los operadores pre curso y post curso no muestran diferencias significativas realizando el proceso completo en un mediana de 26 (25-33) [20-46] y 26 (23-27) [22-55] pasos respectivamente, valores expresados en mediana, (percentil 25-75) y [rango], con un valor de p de 0,5. De las actividades definidas en el modelo ideal, ningún operador realizó pre-configuración del equipo de ultrasonografía previo al entrenamiento, y todas las actividades definidas en el modelo ideal fueron utilizadas al menos en una ejecución. Al analizar los tres grupos en relación a las actividades críticas del procedimiento, o sea, sin incluir las actividades de preparación de implementos y equipo, los

expertos realizan el procedimiento en un número menor de pasos 16 (14-18) [13-18] en relación a ejecuciones pre entrenamiento 18 (17-26) [8-39] y post entrenamiento 19 (17-20) [15-48], con un valor de p de 0.01 y 0.008, respectivamente (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Número de Pasos en Procedimiento Completo y en Etapas de Punción por Grupo

Nº de Pasos	Grupo				
	Pre Proceso Completo	Post Proceso Completo	Pre Etapas de Punción	Post Etapas de Punción	Expertos Etapas de Punción
Mediana	26	26	18	19	16
Percentil 25-75	25-33	23-27	17-26	17-20	14-18
Rango	20-46	22-56	8-39	15-48	13-18
p	0,5			0,008*	0,001*

El análisis de duración de las actividades muestra una diferencia significativa entre los tres grupos, con una disminución del tiempo de ejecución desde previo al entrenamiento hasta las ejecuciones de los expertos (Figura 3.3).

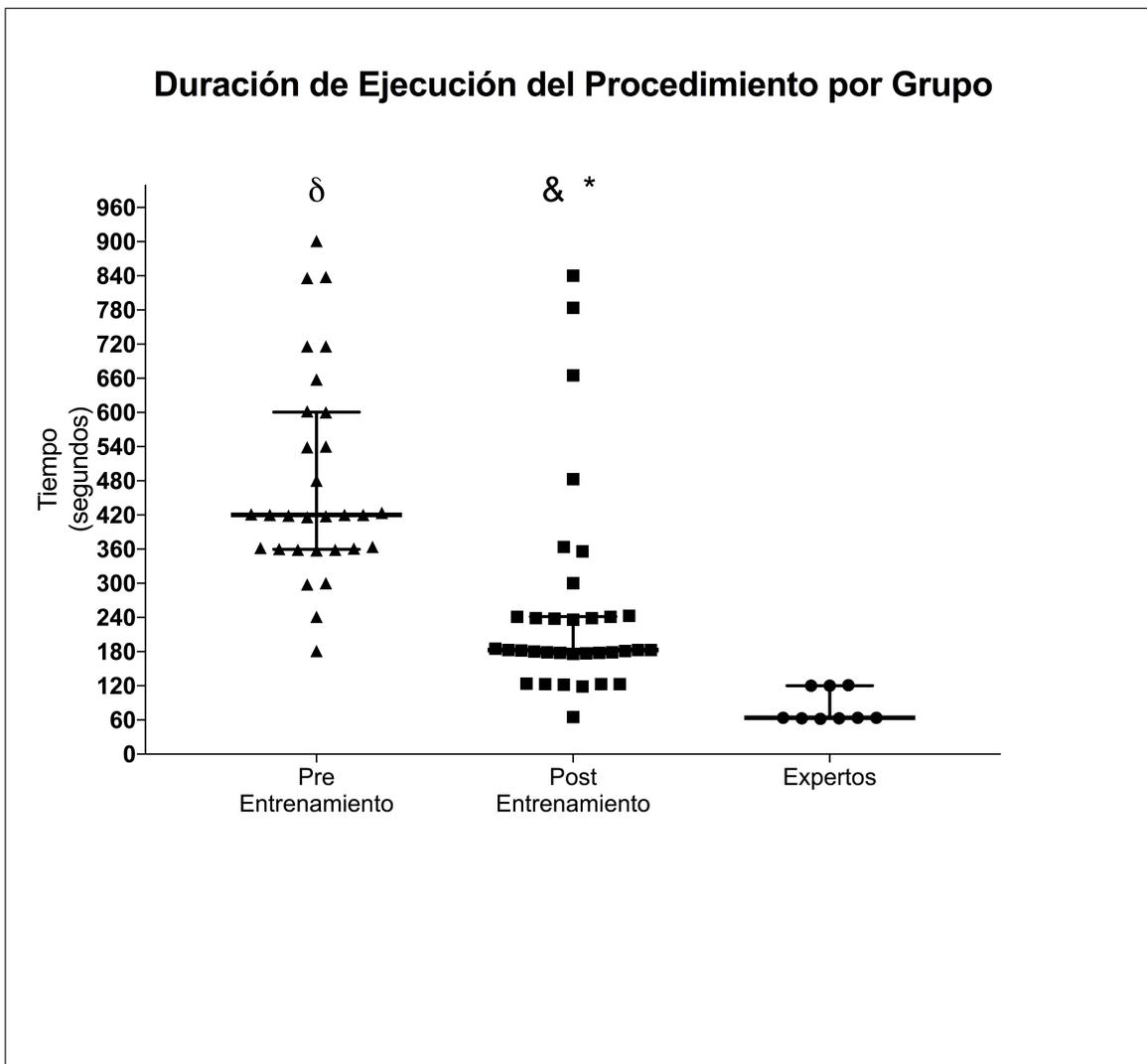


Figura 3.3. Duración de las ejecuciones por grupo, presentados con mediana, percentil 25-75 y rango. Todos los grupos, presentaron diferencias significativas entre si al ser comparados, & y \* significan  $p \leq 0,05$  de grupo Post Entrenamiento con respecto a Pre Entrenamiento y Expertos, respectivamente. &  $p \leq 0,05$  de grupo Pre Entrenamiento con respecto a Expertos.

Las ejecuciones realizadas por anesthesiólogos expertos no presentan actividades repetidas, cada actividad es realizada sólo una vez. Por lo cual, la relación entre el número de veces que se repite una actividad y el número de ejecuciones en que está presente, es igual a 1. En cambio, al comparar las ejecuciones pre entrenamiento con las ejecuciones post entrenamiento, estas tienen una relación significativamente menor. Las actividades que más se repiten se concentran en etapas de punción venosa, instalación de guía, e instalación de catéter (Figura 3.4).

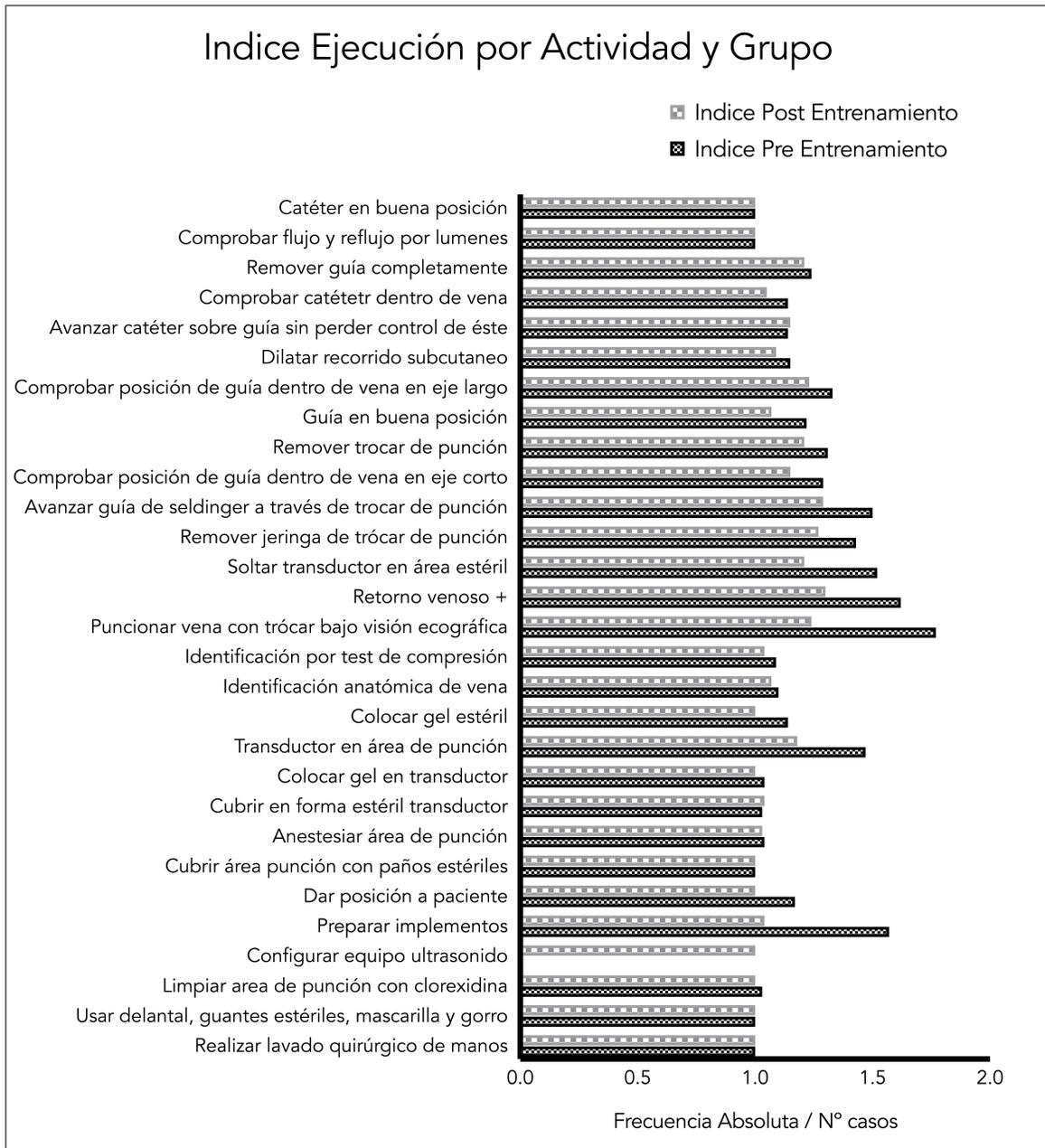


Figura 3.4. Muestra la relación entre número de veces que se realiza una actividad y el número de ejecuciones en que está presente. Valor igual a 1 implica que no se repite.

El análisis de verificación de conformidad muestra que las ejecuciones pre entrenamiento se ajustan menos al modelo ideal, con un valor de trace fitness 0,74 (0,68-0,78) [0,62-0,87] al ser comparadas con las ejecuciones post entrenamiento 0,82 (0,76-0,86) [0,62-0,9] y expertos 0,87 (0,82-0,87) [0,80-0,93] con valores de p de 0,0006 y  $< 0,0001$ , respectivamente. En cambio, las ejecuciones post entrenamiento y experto no mostraron diferencias significativas (Figura 3.5).

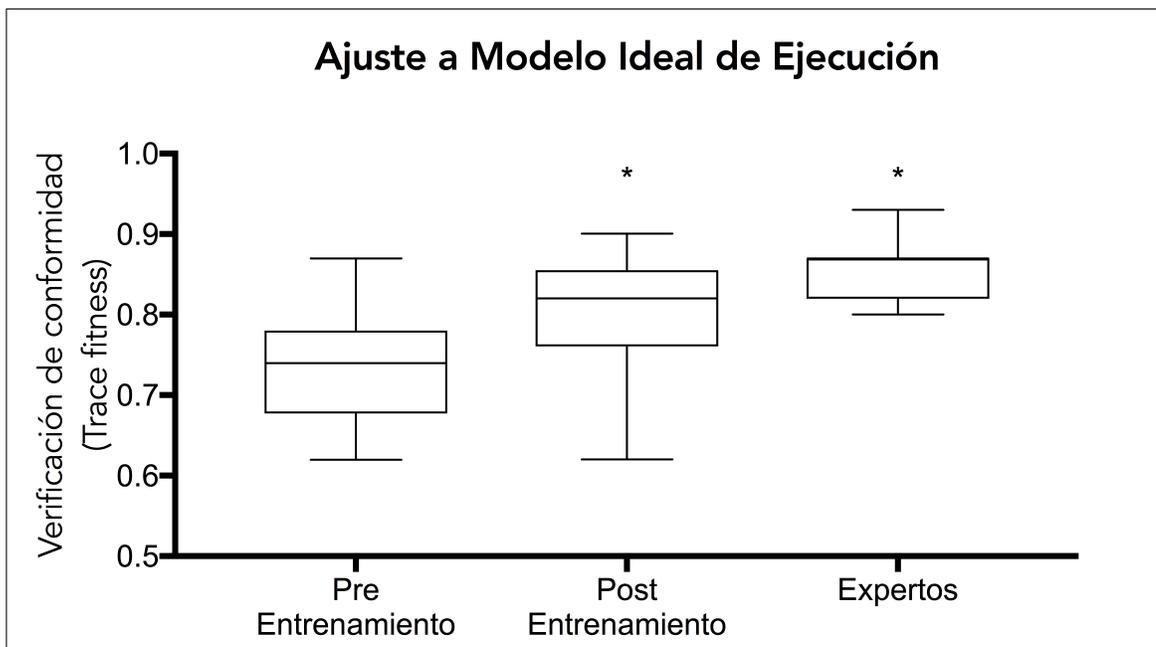


Figura 3.5. Muestra ajuste a modelo ideal de ejecución medido como trace fitness de las ejecuciones de cada grupo, expresados como mediana, percentil 25-75 y rango. \*  $p \leq 0,05$  con respecto ejecuciones pre entrenamiento.

El análisis de alineamiento de trazas (Figura 3.6) muestra en el grupo pre entrenamiento muestra solo un bloque ordenado de actividades secuenciales, desde que se aspira sangre hasta que se avanza seldinger (bloque A). En cambio, las ejecuciones post entrenamiento incrementan las zonas de orden a tres: punción de vena propiamente tal, preparación de implementos y parte final de remoción de guía (bloques B, C, D respectivamente). Finalmente, las ejecuciones de anesthesiólogos expertos muestran un orden mucho mayor expresado en claras zonas en que repiten una secuencia más larga de pasos (bloques E y F).

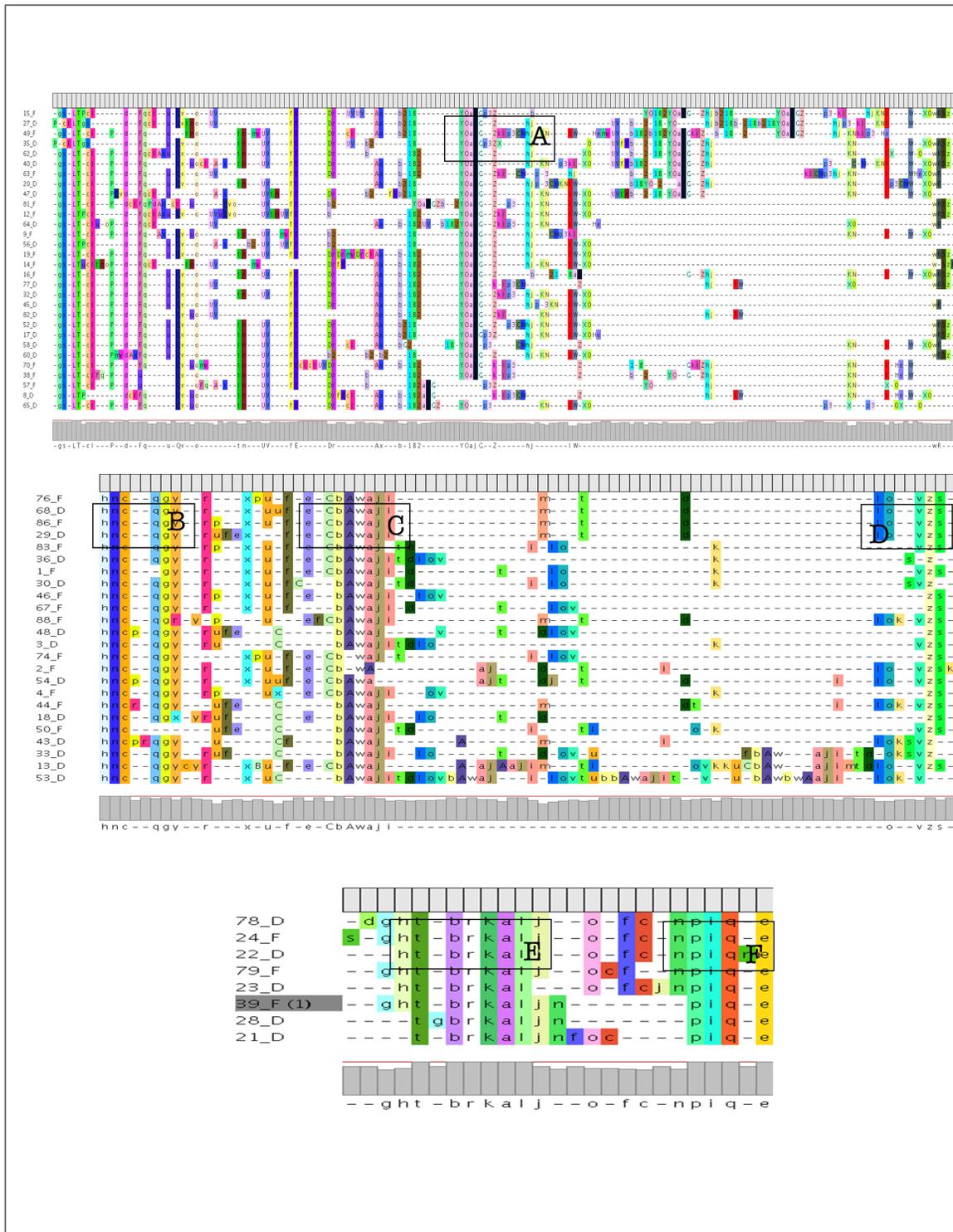


Figura 3.6. Resultado Gráfico de Análisis de Alineamiento para cada Grupo

Figura 3.6. muestra el alineamiento de trazas de ejecuciones pre entrenamiento, post entrenamiento y de expertos, mostrando los bloques ordenados correspondientes a las actividades que se repiten en forma ordenada por los ejecutores.

### **3.6. Discusión**

En el mejor de nuestro conocimiento, esta es la primera investigación que aplica herramientas de minería de procesos para análisis de las ejecuciones realizadas en sesiones de entrenamiento procedurales en educación médica. El análisis de descubrimiento permite realizar una caracterización del grupo que realiza el entrenamiento. Así, al analizar el proceso descompuesto en etapas y actividades, muestra una tendencia a repetir más de una vez las actividades incluidas en las etapas de punción venosa, instalación de catéter e instalación de la guía; siendo la punción venosa, la actividad con más tendencia a ser repetida. Este hallazgo se mantiene después de realizado el curso, aun cuando disminuye el número de repeticiones. Esto es diferente en las ejecuciones realizadas por anestesiólogos expertos, quienes realizan cada una de sus actividades solo una vez. La concentración de pasos fallidos en ciertas etapas es un hallazgo interesante, pues nos permite identificar cuáles son las actividades que generan mayor dificultad, para así poder enfocar el entrenamiento psicomotor en aquellos pasos que efectivamente generan mayores problemas. Conocer esto facilita el desarrollo de modelos de baja fidelidad (Taché et al., 2009) que permitan desarrollar destrezas específicas a un costo significativamente menor que los modelos

de alta fidelidad (Birnbaumer, 2011). Por otra parte, existe consenso en que la práctica distribuida genera mayor beneficio que la práctica masiva en la adquisición de destrezas procedurales (Moulton et al., 2006). Una definición clara de cuales actividades o etapas son las que generan mayor dificultad permitirá hacer una mejor planificación, que evite la sobrecarga cognitiva del médico en entrenamiento, mejorando las posibilidades de un aprendizaje más efectivo y duradero (Spruit et al., 2013). Finalmente, al reconocer que hay actividades que no generan problemas al iniciar el entrenamiento, se evita sobrecargar el programa con sesiones innecesarias. El análisis de verificación de conformidad muestra que el curso es efectivo en lograr que las ejecuciones aumenten su similitud al modelo ideal de instalación de acceso venoso con ultrasonografía, medido como trace fitness. Para esta métrica, los valores de trace fitness evalúan el grado de similitud en base a la inclusión o exclusión de actividades declaradas en el modelo genérico, y el orden de ejecución de éstas. No incluye una ponderación diferenciada para determinadas violaciones del modelo ideal, ni la variable tiempo que parece ser uno de los factores más diferenciadores entre diferentes niveles de competencia. Esto podría explicar por qué los valores de ajuste obtenidos por las ejecuciones posteriores al entrenamiento, no alcanzan una diferencia significativa con respecto a los valores obtenidos por los expertos.

El despliegue visual de un análisis de verificación de conformidad ofrece una oportunidad de retroalimentación para quien realiza un procedimiento.

En la Figura 3.7 podemos visualizar la ejecución 38\_F, en ella la frecuencia de realización de una actividad es proporcional a la intensidad del azul; así, la actividad "Identificate vein with color doppler" (Nº3) nos se realizó nunca en la ejecución, las actividades Vein Puncture with Trocar under ultrasound vision" (Nº4) y "Venous Blood return +" (Nº5) fueron realizadas dos veces y el resto una vez. Al mismo tiempo el color de la barra horizontal de la base, de cada actividad, informa si esta actividad se hizo en sincronía con lo propuesto por el modelo ideal o no; usando color fucsia para las ejecutadas en un lugar fuera del esperado por ejemplo "To give position to the patient" (Nº2) y sin color, cuando es en la posición esperada, por ejemplo "Probe position in puncture zone" (Nº1). En el caso de "Venous Blood return +" (Nº5) se ejecutó una vez en el orden esperado y una vez en un orden no esperado (barra fucsia y verde, en igual proporción). Esta información, resulta ser útil para quien está en entrenamiento, pues ayuda a focalizar atención y esfuerzo, para evitar cometer mismos errores en futuras sesiones de práctica.

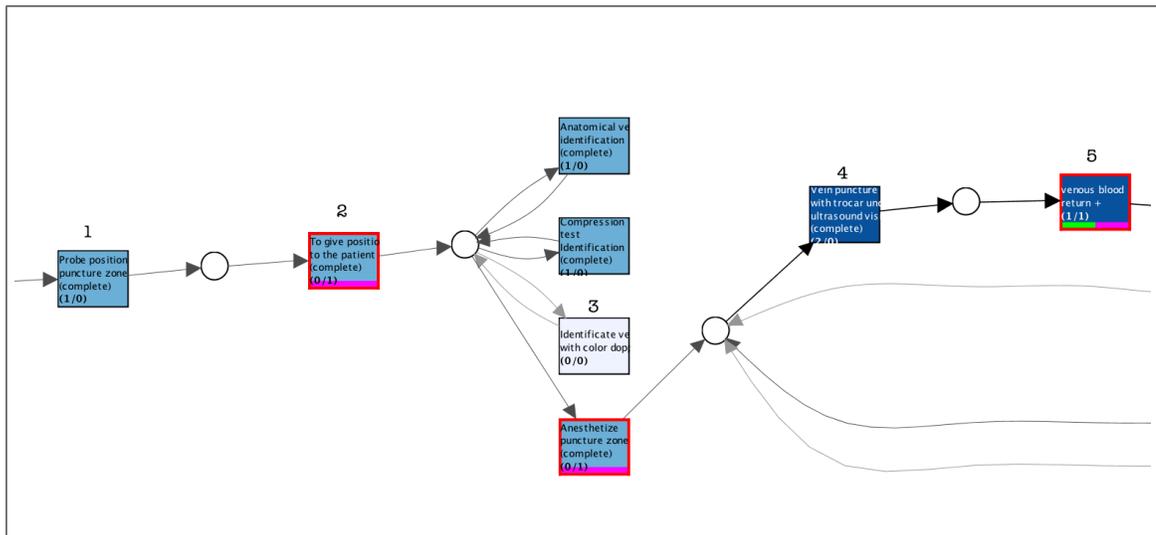


Figura 3.7. Ajuste a Modelo Ideal de Ejecución 38\_F.

La retroalimentación, entendida como información de cualquier fuente sobre la performance de un aprendiz con respecto a la meta de una tarea (Wulf & Lewthwaite, 2016), juega un rol esencial en el entrenamiento de destrezas procedurales. Un reciente meta-análisis orientado a su uso en condiciones de simulación, demuestra un moderado efecto de su uso para entrenamiento de estas destrezas (Hatala, Cook, Zendejas, Hamstra, & Brydges, 2014). Al mismo tiempo, plantea que existen muchas interrogantes sobre qué, quién o quiénes, cómo y cuándo debe ser entregado, para maximizar su impacto positivo en el aprendizaje. En este contexto, la información que se obtiene del análisis de minería de procesos puede ser una fuente de información estandarizada y de alto valor para quien está en situación de aprendizaje. Así el aprendiz puede percibir aquellas actividades adecuadamente ejecutadas, aquellas que repite, aquellas que no realiza, o incluso

identificar etapas de mayor dificultad al visualizar gráficamente más de una ejecución. Esto, podría ser considerado una retroalimentación orientada a procesos (Sedrakyan, De Weerd, & Snoeck, 2016). Toda la metodología propuesta, desde la posibilidad de un auto-etiquetado de actividades por los aprendices hasta el análisis de los reportes derivados del uso de técnicas de minería de proceso; puede ser vista como una oportunidad donde se implementan algunas de las estrategias educativas de demostrada efectividad en entrenamiento procedural: asociación de práctica con observación de ejecución (Wulf, Shea, & Lewthwaite, 2010), aumentar el componente cognitivo disminuyendo la carga asociada a la tarea, retroalimentación una vez terminada la actividad (Hatala et al., 2014; Walsh, Ling, Wang, & Carnahan, 2009), auto-regulación en la planificación del futuro entrenamiento a partir de la información obtenida (Wulf & Lewthwaite, 2016). De todas maneras, la posibilidad de usar como fuente de retroalimentación esta información debe ser planificada considerando que no solo en el contenido se juega la efectividad de ésta, sino también la forma de realización y cómo ésta impacta en la motivación de quien se está entrenado (Wulf & Lewthwaite, 2016).

En otro aspecto, nuestros resultados son concordantes con la opinión generalizada de la amplia variabilidad de los procesos quirúrgicos (D. Neumuth et al., 2011b; Ruiz et al., 2012; Rojas, Munoz-Gama, et al., 2016). En nuestro caso, en la variabilidad de ejecución a ejecución, el componente operador es el único factor involucrado debido a que otros factores como características de pacientes o recursos disponibles se mantienen fijos, por

tratarse de un ambiente de simulación. Es así como, solo en el grupo de los expertos, dos realizaron los mismos pasos en el mismo orden. Por otro lado, ninguna ejecución obtuvo un trace fitness de 1, lo cual implica que ningún operador se ajustó 100% al modelo considerado ideal por el panel de expertos.

### **3.7. Conclusión**

El análisis de minería de procesos, permite lograr una caracterización de la ejecución de un procedimiento de una población determinada, permitiendo identificar aquellas partes del procedimiento que presentan deficiencias y que debieran ser mejoradas con el entrenamiento en simulación, así como hacer visibles las mejoras alcanzadas luego de terminar dicho entrenamiento. Esto hace posible una mejor planificación de las sesiones de entrenamiento, pues focaliza los esfuerzos a estas etapas y permite organizar las sesiones y elegir los recursos más adecuadamente. Por otra parte, tener métricas del grado de similitud de una ejecución con respecto a un patrón ideal, resulta promisorio como herramienta de evaluación que permita determinar el nivel de proficiencia alcanzado en la ejecución de un procedimiento.

## **Capítulo 4**

### **Conclusiones y Trabajo Futuro**

## **4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

En este capítulo abordaremos las principales conclusiones derivadas de nuestra investigación. Además, se describirán las líneas de desarrollo posibles derivadas de las potenciales aplicaciones de nuestras conclusiones y nuevas interrogantes que surgen de nuestros hallazgos.

### **4.1. Conclusiones**

Nuestra investigación se establece en la intersección de dos disciplinas, la minería de procesos y la educación médica, por lo cual creemos importante especificar una conclusión general y los aportes o hallazgos encontrados para cada una de las disciplinas involucradas.

#### **4.1.1. Conclusión General**

El análisis de minería de procesos demuestra ser una forma efectiva de obtener información útil a partir de ejecuciones realizadas en un programa de entrenamiento, haciendo explícito cuales son las etapas que generan más dificultades a un aprendiz y como éstas se modifican después de terminado el entrenamiento. Por otra parte, identifica patrones que son propios de anesestesiólogos con experiencia, como actividades que se ejecutan siempre en el mismo orden y eficiencia en la ejecución expresado como la ausencia de repetición de pasos.

#### **4.1.2. Aportes al Área de Educación en Salud**

La educación médica ha migrado en los últimos años hacia un enfoque basado en competencias, lo que implica poner el foco en el logro de objetivos de aprendizaje. Esto desafía desde múltiples perspectivas el enfoque tradicional basado en el tiempo de formación. Uno de estos desafíos es definir explícitamente, la forma en que evaluamos el logro de estas competencias; tanto en su logro final, lo que conocemos como evaluación sumativa; como en los logros parciales, que se desarrollan durante el proceso de aprendizaje, evaluaciones formativas. Nuestra investigación da luces de la posibilidad de agregar una nueva herramienta que permita contar con una métrica que permita comparar la ejecución de un procedimiento contra un patrón consensuado por expertos provenientes de diferentes áreas de atención en salud. La aplicación de algoritmos de verificación de conformidad, además de evaluar la realización o no de una determinada actividad del procedimiento, permite establecer una ponderación al orden en que éstas son realizadas, lo cual hasta el momento solo se captura en forma cualitativa en algunas dimensiones de las escalas globales. Por otro lado, contar con una herramienta que permita caracterizar las ejecuciones e identificar algunos patrones diferenciadores de diferentes niveles de experticia como repetición de actividades, etapas más dificultosas, o secuencias de actividades constantes, entrega información útil para la planificación de sesiones de entrenamiento y para la retroalimentación individual de personas en proceso de entrenamiento.

### **4.1.3. Aportes al Área de Minería de Procesos**

La modelación de procesos es una actividad que se realiza habitualmente junto con aquellos que participan en ese proceso de negocio en una empresa o que se puede obtener de los logs automatizados que entrega un proceso de negocio soportado por un sistema informático. En un contexto de procesos quirúrgicos, la variabilidad determinada por factores del paciente, el equipo de salud y los recursos disponibles, hace difícil la modelación y un eventual análisis de los datos obtenidos a través de minería de procesos. En este aspecto, nuestra investigación ofrece una nueva herramienta para desarrollar modelos con metodología Delphi, a través del consenso entre ejecutores de diferentes realidades asistenciales, lo cual contribuiría a hacer más robusto el modelo desarrollado, lo que podría al mismo tiempo servir como insumo para entrenamiento. Finalmente, la aplicación de herramientas de minería de procesos como enfoque al aprendizaje de destrezas procedurales, abre un campo nuevo para esta disciplina dado que hasta donde es de nuestro conocimiento, ésta no había sido aplicada a esta área con anterioridad.

## **4.2. Trabajo Futuro**

En esta sección desarrollamos dos posibles aplicaciones de la información derivada del análisis de minería de procesos en el entrenamiento de destrezas procedurales. Cada una de ellas, puede constituir una línea de investigación independiente.

#### **4.2.1. Desarrollo de Herramienta de Evaluación de Destrezas Procedurales**

Con nuestra investigación hemos mostrado el potencial de las técnicas y software de minería de procesos actuales para evaluar la similitud, o dicho de otra manera, verificar la conformidad entre la ejecución de un procedimiento quirúrgico por un alumno con respecto al procedimiento quirúrgico ideal (marco de referencia). Este análisis permite, al igual que una lista de cotejo, verificar la realización o no realización de pasos, agregando además la verificación del orden en que son realizados. Por otra parte, permite hacer una ponderación diferenciada de diferentes violaciones al modelo ideal, incluyendo así una mayor ponderación para los fallos en actividades que son críticas para el buen resultado del procedimiento, y aquellas que puedan poner en riesgo la seguridad del paciente. En este contexto, una vía lógica de continuación de esta línea de investigación es utilizar el modelo de referencia obtenido a través de la metodología descrita en el paper “Lean Decomposition approach for describing Training Procedures” y definir, a través de la metodología descrita por Yudkowsky et al (Yudkowsky, Tumurlu, Casey, Herlich, & Ledonne, 2014), ponderaciones diferenciadas de violaciones del modelo ideal, de manera de mejorar la capacidad discriminadora del nivel de competencia de esta metodología. Una vez desarrollado el instrumento, éste debe ser sometido a una validación de sus propiedades

psicométricas, entendido esto como la acumulación de evidencia que permite el uso del instrumento con fines de evaluación del nivel de proficiencia técnica en el procedimiento en estudio (Cook, Brydges, Ginsburg, & Hatala, 2015).

#### **4.2.2. Autorregulación de aprendizaje en base a retroalimentación orientada a procesos**

La auto-regulación es un concepto importante en la teoría de aprendizaje, se basa en la capacidad cognitiva de monitorear el proceso de aprendizaje propio y reflexionar sobre qué y cómo uno aprende, a través de realizar pausas para evaluar el progreso usando el resultado de dicha evaluación para dirigir el comportamiento de aprendizaje (auto-mejora) (Sedrakyan et al., 2016). Por ende, a futuro se espera explorar cómo los propios alumnos pueden aprender en base al análisis de la retroalimentación obtenida de su propio trabajo, entendida ésta como información de cualquier fuente sobre la performance de un aprendiz con respecto a la meta de una tarea (Wulf & Lewthwaite, 2016).

Un reciente meta-análisis, orientado al uso de retroalimentación en condiciones de simulación, demuestra un moderado efecto al ser utilizado para entrenamiento de estas destrezas (Hatala et al., 2014), al mismo tiempo que plantea que existen muchas interrogantes sobre qué, quién o quiénes, cómo y cuándo debe ser entregada la retroalimentación, para maximizar su impacto positivo en el aprendizaje.

En este contexto, la información que se obtiene del análisis de minería de procesos puede ser una fuente de información estandarizada y de alto valor para quien está en situación de aprendizaje. La hipótesis que se espera explorar es, si el aprendiz puede percibir aquellas actividades adecuadamente ejecutadas, aquellas que repite, aquellas que no realiza; o incluso identificar etapas de mayor dificultad al visualizar gráficamente más de una ejecución; todo lo cual puede ser considerado como una retroalimentación orientada a proceso (Sedrakyan et al., 2016). La información que cada alumno obtiene permitiría facilitar la autorregulación del aprendizaje (Serral, De Weerd, Sedrakyan, & Snoeck, 2016), lo cual, a su vez, puede impactar positivamente en el entrenamiento, reduciendo el tiempo necesario para alcanzar la competencia técnica deseada, y consecuentemente los costos asociados a la capacitación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acampora, G., Vitiello, A., Di Stefano, B. N., van der Aalst, W. M. P., Günther, C. W., & Verbeek, E. (2017). IEEE 1849: The XES Standard: The Second IEEE Standard Sponsored by IEEE Computational Intelligence Society [Society Briefs]. *IEEE Comp. Int. Mag.*, 12(2), 4–8.
- Adriansyah, A., & Buijs, J. (2012). Mining Process Performance from Event Logs: The BPI Challenge 2012. *Case Study BPM Center Report BPM-12-15*.
- Adriansyah, A., & Van Dongen, B. F. (2011, 09). Robust performance analysis on YAWL process models with advanced constructs. *JITTA : Journal of Information Technology Theory and Application*, 12(3), 5-25.
- American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access, Rupp, S. M., Apfelbaum, J. L., Blitt, C., Caplan, R. A., Connis, R. T., . . . Tung, A. (2012, March). *Practice guidelines for central venous access: a report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access*.
- Barsuk, J. H., Cohen, E. R., Feinglass, J., McGaghie, W. C., & Wayne, D. B. (2009, August). Use of Simulation-Based Education to Reduce Catheter-Related Bloodstream Infections. *Archives of Internal Medicine*, 169(15), 1420–1423.
- Barsuk, J. H., Cohen, E. R., Nguyen, D., Mitra, D., O'Hara, K., Okuda, Y., . . . Wayne, D. B. (2016, October). Attending Physician Adherence to a 29-Component Central Venous Catheter Bundle Checklist During Simulated Procedures\*. *Critical Care Medicine*, 44(10), 1871–1881.
- Birnbaumer, D. M. (2011, November). Teaching procedures: improving "see one, do one, teach one". *CJEM*, 13(6), 390–394.
- Boehler, M. L., Roberts, N., Sanfey, H., & Mellinger, J. (2016, January). Do Surgeons and Gastroenterologists Describe Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography Differently? A Qualitative Study. *Journal of surgical education*, 73(1), 66–72.
- Bose, R. P. J. C., & van der Aalst, W. M. P. (2012, April). Process diagnostics using

- trace alignment: opportunities, issues, and challenges. *Information Systems*, 37(2), 117–141.
- Bould, M. D., Crabtree, N. A., & Naik, V. N. (2009, October). Assessment of procedural skills in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, 103(4), 472–483.
- Boulet, J. R., & Murray, D. J. (2010, April). Simulation-based assessment in anesthesiology: requirements for practical implementation. *Anesthesiology*, 112(4), 1041–1052.
- Bowdle, A. (2014, April). Vascular Complications of Central Venous Catheter Placement: Evidence-Based Methods for Prevention and Treatment. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 28(2), 358–368.
- Brass, P., Hellmich, M., Kolodziej, L., Schick, G., & Smith, A. F. (1996). *Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization* (Vol. 13; P. Brass, Ed.). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Braun, R., Schlieter, H., & Burwitz, M. (2014). bpmn4cp: Design and implementation of a bpmn extension for clinical pathways. *IEEE Int. Conf. Bioinforma. Biomed.*, 9–16.
- Braun, R., Schlieter, H., Burwitz, M., & Esswein, W. (2015). Extending a Business Process Modeling Language for Domain-Specific Adaptation in Healthcare. *Wirtschaftsinformatik*, 468–481.
- Ceravolo, P., Accorsi, R., & Cudre-Mauroux, P. (Eds.). (2015). *Data-Driven Process Discovery and Analysis* (Vol. 203). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Cerda, J., & DEL, L. V. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista chilena de pediatría*.
- Clark, R. E., Pugh, C. M., Yates, K. A., Inaba, K., Green, D. J., & Sullivan, M. E. (2012, March). The Use of Cognitive Task Analysis to Improve Instructional Descriptions of Procedures. *Journal of Surgical Research*, 173(1), e37–e42.
- Cohen, E. R., Feinglass, J., Barsuk, J. H., Barnard, C., O'Donnell, A., McGaghie, W. C.,

- & Wayne, D. B. (2010, April). Cost savings from reduced catheter-related bloodstream infection after simulation-based education for residents in a medical intensive care unit. *Simulation in Healthcare The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 5(2), 98–102.
- Commission, J. (2012). *Preventing Central Line-Associated Bloodstream Infections: A Global Challenge, A Global Perspective*. Oakbrook Terrace, IL: The Joint Commission. Retrieved from [https://www.jointcommission.org/assets/1/18/CLABSI\\_Monograph.pdf](https://www.jointcommission.org/assets/1/18/CLABSI_Monograph.pdf)
- Cook, D. A., Brydges, R., Ginsburg, S., & Hatala, R. (2015, June). A contemporary approach to validity arguments: a practical guide to Kane’s framework. *Medical Education*, 49(6), 560–575.
- Cook, D. A., Brydges, R., Zendejas, B., Hamstra, S. J., & Hatala, R. (2013, August). Mastery Learning for Health Professionals Using Technology-enhanced Simulation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Academic Medicine*, 88(8), 1178–1186.
- Cook, D. A., Hamstra, S. J., Brydges, R., Zendejas, B., Szostek, J. H., Wang, A. T., ... Hatala, R. (2013, January). Comparative effectiveness of instructional design features in simulation-based education: systematic review and meta-analysis. *Medical Teacher*, 35(1), e867–e898.
- Corvetto, M. A., Pedemonte, J. C., Varas, D., Fuentes, C., & Altermatt, F. R. (2017, October). Simulation-based training program with deliberate practice for ultrasound-guided jugular central venous catheter placement. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 61(9), 1184–1191.
- Daniel, F., Barkaoui, K., & Dustdar, S. (2012). *Business Process Management Workshops*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Diamond, I. R., Grant, R. C., Feldman, B. M., Pencharz, P. B., Ling, S. C., Moore, A. M., & Wales, P. W. (2014, April). Defining consensus: a systematic review recommends methodologic criteria for reporting of Delphi studies. *Journal of clinical epidemiology*, 67(4), 401–409.
- Fecso, A. B., Szasz, P., Kerezov, G., & Grantcharov, T. P. (2017, March). The Effect of

- Technical Performance on Patient Outcomes in Surgery. *Annals of Surgery*, 265(3), 492–501.
- Fenner, D. E. (2006, June). Avoiding Pitfalls: Lessons in Surgical Teaching. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, 33(2), 333–342.
- Grantcharov, T. P., & Reznick, R. K. (2008). Teaching rounds - Teaching procedural skills. *British Medical Journal*, 336(7653), 1129–1131.
- Günther, C. W., & van der Aalst, W. M. P. (2007). *Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-perspective Metrics*.
- Hagedorn, J., Hailpern, J. M., & Karahalios, K. (2008). VCode and VData - illustrating a new framework for supporting the video annotation workflow. *AVI*, 317–321.
- Hales, B., Terblanche, M., Fowler, R., & Sibbald, W. (2008, February). Development of medical checklists for improved quality of patient care. *International journal for quality in health care : journal of the International Society for Quality in Health Care*, 20(1), 22–30.
- Hatala, R., Cook, D. A., Zendejas, B., Hamstra, S. J., & Brydges, R. (2014, May). Feedback for simulation-based procedural skills training: a meta-analysis and critical narrative synthesis. *Advances in health sciences education : theory and practice*, 19(2), 251–272.
- Hind, D., Calvert, N., McWilliams, R., Davidson, A., Paisley, S., Beverley, C., & Thomas, S. (2003, August). Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: Meta-analysis. *BMJ*, 327(7411), 361–364.
- Huang, G. C., McSparron, J. I., Balk, E. M., Richards, J. B., Smith, C. C., Whelan, J. S., ... Smetana, G. W. (2016, March). Procedural instruction in invasive bedside procedures: a systematic review and meta-analysis of effective teaching approaches. *BMJ Quality & Safety*, 25(4), 281–294.
- Lalys, F., & Jannin, P. (2014, May). Surgical process modelling: a review. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 9(3), 495–511.
- Leape, L. L., Brennan, T. A., Laird, N., Lawthers, A. G., Localio, A. R., Barnes, B. A., ... Hiatt, H. (1991, February). The nature of adverse events in hospitalized patients.

- Results of the Harvard Medical Practice Study II. *The New England journal of medicine*, 324(6), 377–384.
- Lenz, R., Blaser, R., Beyer, M., Heger, O., Biber, C., Bäumlein, M., & Schnabel, M. (2007, December). IT support for clinical pathways—lessons learned. *International Journal of Medical Informatics*, 76 Suppl 3, S397–402.
- Levenshtein, V. I. (1965). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Soviet Physics Doklady*, 10, 707–710.
- Ma, I. W., Sharma, N., Brindle, M. E., Caird, J., & McLaughlin, K. (2014). Measuring competence in central venous catheterization: a systematic-review. *SpringerPlus*, 3(1), 33–12.
- Ma, I. W. Y., Zalunardo, N., Pachev, G., Beran, T., Brown, M., Hatala, R., & McLaughlin, K. (2011, August). Comparing the use of global rating scale with checklists for the assessment of central venous catheterization skills using simulation. *Advances in Health Sciences Education*, 17(4), 457–470.
- Madenci, A. L., Solis, C. V., & de Moya, M. A. (2014, February). Central venous access by trainees: a systematic review and meta-analysis of the use of simulation to improve success rate on patients. *Simulation in Healthcare The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 9(1), 7–14.
- Mandel, L. (2000, May). Teaching and evaluating surgical skills. *Obstetrics & Gynecology*, 95(5), 783–785.
- McKenna, D. T., & Mattar, S. G. (2014). What is wrong with the training of general surgery? *Advances in surgery*, 48(1), 201–210.
- McKinley, R. K., Strand, J., Ward, L., Gray, T., Alun-Jones, T., & Miller, H. (2008, April). Checklists for assessment and certification of clinical procedural skills omit essential competencies: a systematic review. *Medical Education*, 42(4), 338–349.
- Mead, D., & Moseley, L. (2001, July). The use of the Delphi as a research approach. *Nurse researcher*, 8(4), 4–23.
- Moulton, C.-A. E., Dubrowski, A., MacRae, H., Graham, B., Grober, E., & Reznick, R. (2006, September). Teaching surgical skills: what kind of practice makes perfect?:

- a randomized, controlled trial. *Annals of Surgery*, 244(3), 400–409.
- Müller, R., & Rogge-Solti, A. (2011, February). BPMN for healthcare processes. *Proceedings of the 3rd Central-European Workshop on Services and their Composition (ZEUS 2011)*.
- National Institute for Clinical Excellence. . . . (2002). *Guidance on the use of ultrasound locating devices for placing central venous catheters. Technology Appraisal Guidance No. 49, September 2002*.
- Neumuth, D., Loebe, F., Herre, H., & Neumuth, T. (2011a). Modeling surgical processes: A four-level translational approach. *Artificial Intelligence in Medicine*, 51(3), 147–161. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2010.12.003> doi: 10.1016/j.artmed.2010.12.003
- Neumuth, D., Loebe, F., Herre, H., & Neumuth, T. (2011b, March). Modeling surgical processes: a four-level translational approach. *Artificial intelligence in medicine*, 51(3), 147–161.
- Neumuth, T., Jannin, P., Strauss, G., Meixensberger, J., & Burgert, O. (2014, October). Validation of Knowledge Acquisition for Surgical Process Models. *AMIA*, 16(1), 72–80.
- Nguyen, B.-V., Prat, G., Vincent, J.-L., Nowak, E., Bizien, N., Tonnelier, J.-M., . . . L’Her, E. (2013, August). Determination of the learning curve for ultrasound-guided jugular central venous catheter placement. *Intensive Care Medicine*, 40(1), 66–73.
- Object Management Group. (n.d.). *Business Process Model and Notation™ (Bpmn™) Version 2.0*. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>.
- Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004, December). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15–29.
- Polderman, K., & Girbes, A. (2001, November). Central venous catheter use. *Intensive Care Medicine*, 28(1), 18–28.
- Polderman, K. H., & Girbes, A. R. (2001, December). Central venous catheter use. *Intensive Care Medicine*, 28(1), 1–17.

- Riggle, J. D., Wadman, M. C., McCrory, B., Lowndes, B. R., Heald, E. A., Carstens, P. K., & Hallbeck, M. S. (2014, June). Task analysis method for procedural training curriculum development. *Perspectives on Medical Education*, 3(3), 204–218.
- Rojas, E., Munoz-Gama, J., Sepúlveda, M., & Capurro, D. (2016). Process mining in healthcare: A literature review. *Journal of Biomedical Informatics*, 61, 224–236. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.04.007> doi: 10.1016/j.jbi.2016.04.007
- Rojas, E., Munoz-Gama, J., Sepúlveda, M., & Capurro, D. (2016). Process mining in healthcare - A literature review. *Journal of Biomedical Informatics*, 61, 224–236.
- Rolón, E., Chavira, G., Orozco, J., & Soto, J. P. (2015). Towards a Framework for Evaluating Usability of Business Process Models with BPMN in Health Sector. *Procedia Manufacturing*, 3, 5603–5610.
- Ruiz, F., Garcia, F., Calahorra, L., & Llorente, C. (2012). Business process modeling in healthcare. *Studies in Health Technology and Informatics*, 179: *Perspectives on Digital Pathology*, 75–87.
- Scheuerlein, H., Rauchfuss, F., Dittmar, Y., Molle, R., Lehmann, T., Pienkos, N., & Settmacher, U. (2012, June). New methods for clinical pathways-Business Process Modeling Notation (BPMN) and Tangible Business Process Modeling (t.BPM). *Langenbeck's Archives of Surgery*, 397(5), 755–761.
- Sedrakyan, G., De Weerdt, J., & Snoeck, M. (2016). Process-mining enabled feedback - "Tell me what I did wrong" vs. "tell me how to do it right". *Computers in Human Behavior*.
- Serral, E., De Weerdt, J., Sedrakyan, G., & Snoeck, M. (2016). Automating immediate and personalized feedback taking conceptual modelling education to a next level. *RCIS*.
- Spruit, E. N., Band, G. P. H., Hamming, J. F., & Ridderinkhof, K. R. (2013, November). Optimal training design for procedural motor skills: a review and application to laparoscopic surgery. *Psychological Research*, 78(6), 878–891.
- Sullivan, M. E., Yates, K. A., Inaba, K., Lam, L., & Clark, R. E. (2014, May). The Use

- of Cognitive Task Analysis to Reveal the Instructional Limitations of Experts in the Teaching of Procedural Skills. *Academic Medicine*, 89(5), 811–816.
- Taché, S., Mbembati, N., Marshall, N., Tendick, F., Mkony, C., & O’Sullivan, P. (2009, July). Addressing gaps in surgical skills training by means of low-cost simulation at Muhimbili University in Tanzania. *Human resources for health*, 7(1), 64.
- Thomas Jr., H. (1994, August). Teaching Procedural Skills: Beyond “See One-Do One”. *Academic Emergency Medicine*, 1(4), 398–401.
- Valencia, C., Hammami, N., Agodi, A., Lepape, A., Herrejon, E. P., Blot, S., . . . Lambert, M.-L. (2016). Poor adherence to guidelines for preventing central line-associated bloodstream infections (CLABSI): results of a worldwide survey. *Antimicrobial resistance and infection control*, 5(1), 49.
- van der Aalst, W., Adriansyah, A., & van Dongen, B. (2012, January). Replaying history on process models for conformance checking and performance analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(2), 182–192.
- van der Aalst, W. M. P. (2016a). *Process mining - data science in action*. Springer.
- van der Aalst, W. M. P. (2016b). *Process Mining. Data Science in Action*. Springer.
- van der Aalst, W. M. P., Adriansyah, A., & van Dongen, B. F. (2012). Replaying history on process models for conformance checking and performance analysis. *Wiley Interdisc. Rew.: Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(2), 182–192. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/widm.1045> doi: 10.1002/widm.1045
- Velmahos, G. C., Toutouzas, K. G., Sillin, L. F., Chan, L., Clark, R. E., Theodorou, D., & Maupin, F. (2004, January). Cognitive task analysis for teaching technical skills in an inanimate surgical skills laboratory. *The American Journal of Surgery*, 187(1), 114–119.
- Walsh, C. M., Ling, S. C., Wang, C. S., & Carnahan, H. (2009, January). Concurrent versus terminal feedback: It may be better to wait. *Academic Medicine*, 84(SUPPL. 10), S54–7.
- Walter, A. J. (2006, June). Surgical Education for the Twenty-first Century: Beyond the Apprentice Model. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, 33(2),

233–236.

- Weigel, A., & Fein, F. (1994). Normalizing the weighted edit distance. In *Proceedings of the 12th iapr international conference on pattern recognition, vol. 3 - conference c: Signal processing (cat. no.94ch3440-5* (pp. 399–402 vol.2). IEEE.
- White, C., Rodger, M. W., & Tang, T. (2016, January). Current understanding of learning psychomotor skills and the impact on teaching laparoscopic surgical skills. *The Obstetrician & Gynaecologist*, *18*(1), 53–63.
- Wingfield, L. R., Kulendran, M., Chow, A., Nehme, J., & Purkayastha, S. (2015, August). Cognitive Task Analysis: Bringing Olympic Athlete Style Training to Surgical Education. *Surgical Innovation*, *22*(4), 406–417.
- Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2016). Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, *23*(5), 1382–1414.
- Wulf, G., Shea, C., & Lewthwaite, R. (2010, January). Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Medical Education*, *44*(1), 75–84.
- Yates, K., Sullivan, M., & Clark, R. (2012, January). Integrated studies on the use of cognitive task analysis to capture surgical expertise for central venous catheter placement and open cricothyrotomy. *American Journal of Surgery*, *203*(1), 76–80.
- Yates, K. A., & Feldon, D. F. (2011, November). Advancing the practice of cognitive task analysis: A call for taxonomic research. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *12*(6), 472–495.
- Yeo, H., Viola, K., Berg, D., Lin, Z., Nunez-Smith, M., Cammann, C., ... Curry, L. A. (2009, September). Attitudes, Training Experiences, and Professional Expectations of US General Surgery Residents: A National Survey. *JAMA*, *302*(12), 1301–1308.
- Yudkowsky, R., Tumuluru, S., Casey, P., Herlich, N., & Ledonne, C. (2014, October). A patient safety approach to setting pass/fail standards for basic procedural skills checklists. *Simulation in Healthcare The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, *9*(5), 277–282.
- Yujian, L., & Bo, L. (2007, June). A normalized Levenshtein distance metric. *IEEE*

*transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 29(6), 1091–1095.

Zendejas, B., Wang, A. T., Brydges, R., Hamstra, S. J., & Cook, D. A. (2013, February). Cost: the missing outcome in simulation-based medical education research: a systematic review. *Surgery*, 153(2), 160–176.

## **ANEXO**

## **A. ENTRENAMIENTO EN SIMULACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN DE ACCESOS VENOSOS CENTRALES**

La instalación de accesos venosos centrales es un procedimiento frecuente (Commission, 2012) y transversal a muchas especialidades médicas; utilizado para infusión de drogas, monitorización y nutrición parenteral. El proceso de instalación tiene una tasa estimada de 3.9 (K. Polderman & Girbes, 2001; K. H. Polderman & Girbes, 2001) de complicaciones mecánicas, algunas de las cuales pueden ser mortales. El uso del equipo de ultrasonografía para visualizar estructuras y guiar la punción venosa, es un estándar de calidad de atención de pacientes (National Institute for Clinical Excellence. . . , 2002; American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access et al., 2012), con demostrado impacto en disminuir la morbilidad asociada a este procedimiento y mejorar la tasa de éxito (Hind et al., 2003; Bowdle, 2014). Sin embargo, la ultrasonografía está subutilizada (Valencia et al., 2016) y médicos entrenados no cumplen con los estándares necesarios para su correcta instalación (Barsuk et al., 2016). El entrenamiento en condiciones de simulación es efectivo en lograr las destrezas necesarias para una adecuada ejecución de este procedimiento (Barsuk et al., 2009; I. W. Y. Ma et al., 2011; Madenci, Solis, & de Moya, 2014). El centro de simulación clínica de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile, desarrolló un programa de entrenamiento para la correcta ejecución de este procedimiento, cuyo impacto en el aprendizaje fue validado y recientemente publicado (Corvetto et al., 2017). Los registros de instalación previo y posterior fueron utilizados para obtener el log de eventos de para los análisis de minería de procesos, metodología presentada en extenso en capítulo 3.

La estructura básica del curso se recoge en la Figura A.1

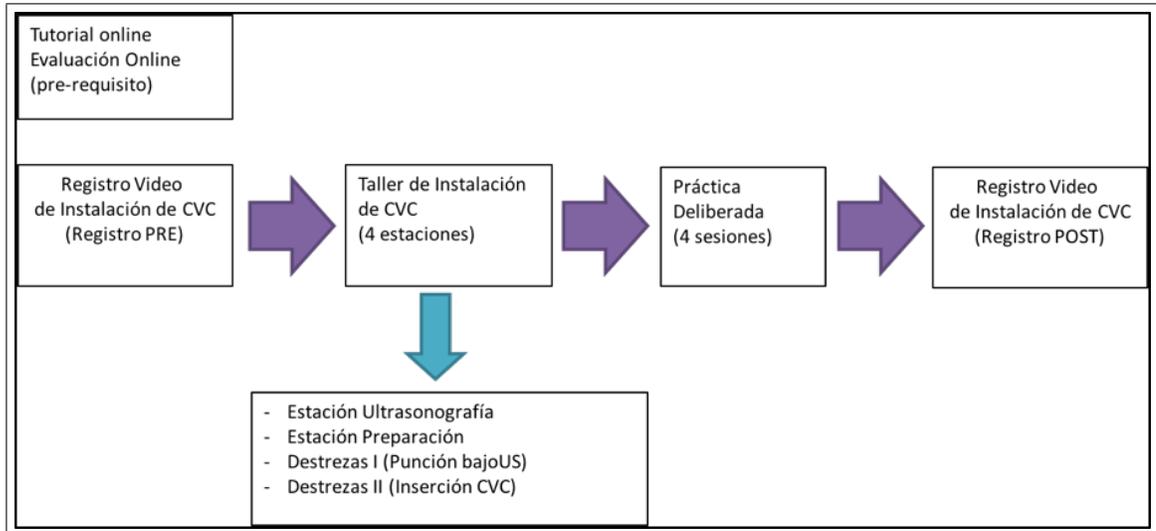


Figura A.1. Curso de Instalación de Accesos Venosos Centrales con Ultrasonografía

Para la ejecución del procedimiento registrado en video se dispuso de un fantoma de torso Blue Phantom con una zona eco lúcida, que en su interior tiene dos conductos que emulan una vena y arteria, un equipo de ultrasonografía modelo Sonosite Turbo, y los implementos para la adecuada esterilización y punción, Figura A.2.



Figura A.2. Implementos Usados en Curso de Instalación de Accesos Venosos Centrales con Ultrasonografía

La ejecución del procedimiento se realiza simulando con el máximo de fidelidad las condiciones de un paciente real, por lo cual cada ejecutor debe estar con las medidas de esterilidad mínimas, guante y delantal (Figura A.3).



Figura A.3. Condiciones de Esterilidad en Ejecución Simulada

El procedimiento se inicia con la aseptización de la zona de punción con solución de clorhexidina y cobertura con paños estériles, medidas necesarias para evitar infecciones en el caso de una instalación real (Figura A.4).



Figura A.4. Etapa de Aseptización y Cobertura Zona de Punción

Posterior a eso se prepara el equipo de ultrasonido cubriendo el transductor con una manga estéril, procurando que la interfaz de gel no quede con burbujas ( Figura A.5).

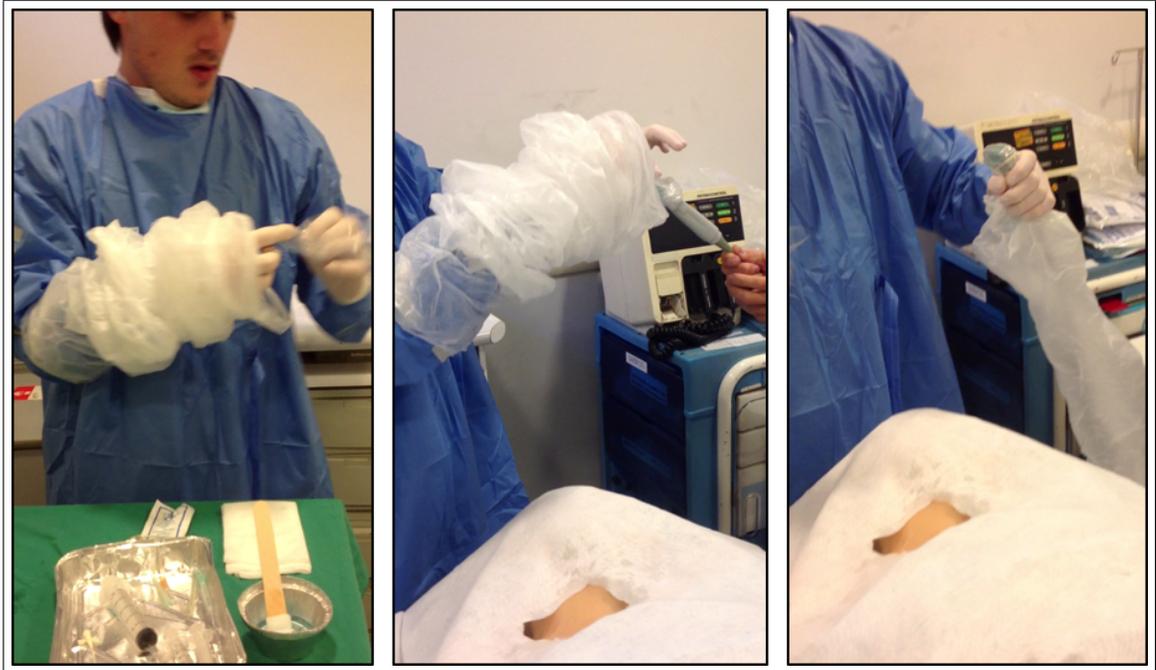


Figura A.5. Etapa de Preparación de Equipo de Ultrasonografía

Con todo el equipo listo, se procede a la punción de la vena bajo guía ultrasonográfica, para lo cual se visualiza la vena en eje transversal procediendo a puncionar en el punto medio del transductor ( Figura A.6).

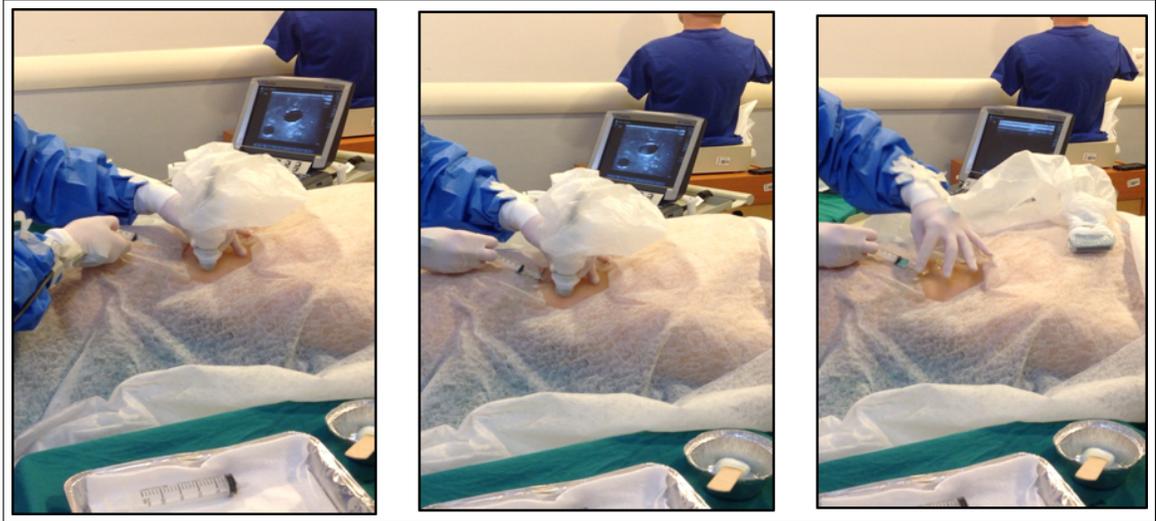


Figura A.6. Etapa de Punción Bajo Visión de Ultrasonografía

Una vez lograda la punción de la vena, reflejada en la aspiración de líquido azul, se saca la jeringa desde el trocar de punción, se pasa una guía de seldinger, y se corta con bisturí y se amplía trayecto con un dilatador (Figura A.7).



Figura A.7. Etapa de Dilatación del Trayecto de Catéter

Terminada la dilatación del trayecto se instala el catéter usando el seldinger como guía, la cual se retira una vez instalado el catéter y se verifica con la extracción de líquido azul que se encuentra dentro de la vena (Figura A.8 ).

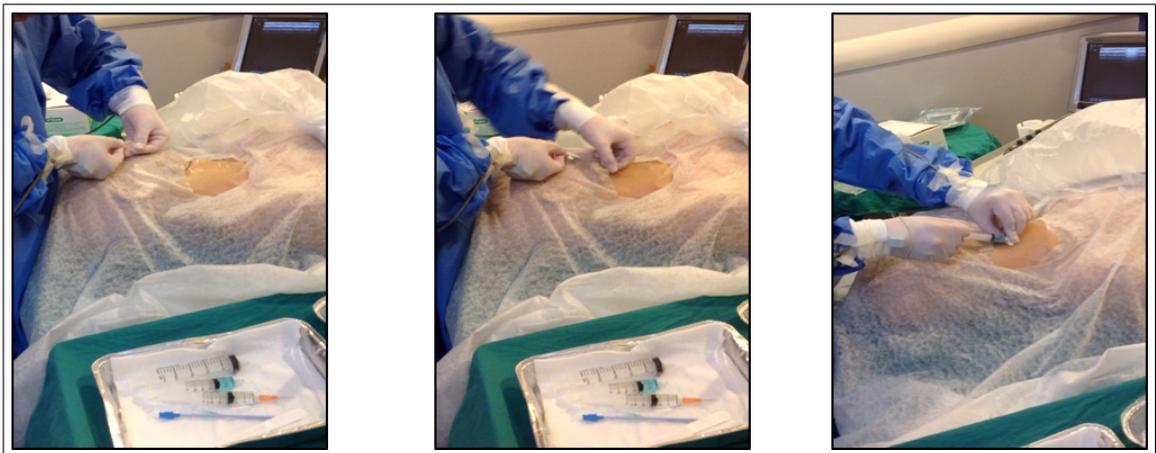


Figura A.8. Etapa de Instalación de Catéter

## B. ETIQUETADO DE VIDEOS Y CAPTURA DE DATOS

Para el etiquetado se usó el software VcodeVdata (Hagedorn et al., 2008), y usando como etiquetas las actividades definidas en el modelo de proceso obtenido con metodología Delphi. Se definieron dos tipos de actividades:

- Actividades puntuales: aquellas actividades sin criterio de duración temporal; éstas se etiquetan con color rojo.
- Actividades temporales: aquellas con duración temporal (Range), que incluyen tiempo de inicio y duración, etiquetadas con color celeste.

Todas estas actividades fueron incluidas en la ventana “Admin Window” del software, con nombres abreviados para una mejor visualización en pantalla Figura B.1.



Figura B.1. Vista de Administrador de VCodeVdata

Con esto, se genera un archivo genérico “Template\_final”, el cual se usa como base para ir cargando cada video. Una vez incluido el video, se guarda con número identificador de la grabación a

etiquetar más inicial del etiquetador en archivo tipo .cod; ejemplo, “650\_D.cod”. Una vez guardado el archivo, se comienza a etiquetar con las actividades definidas en el modelo. En algunas actividades se incluyen notas las cuales por ser texto libre se estandarizan para los dos etiquetadores (Figura B.2).

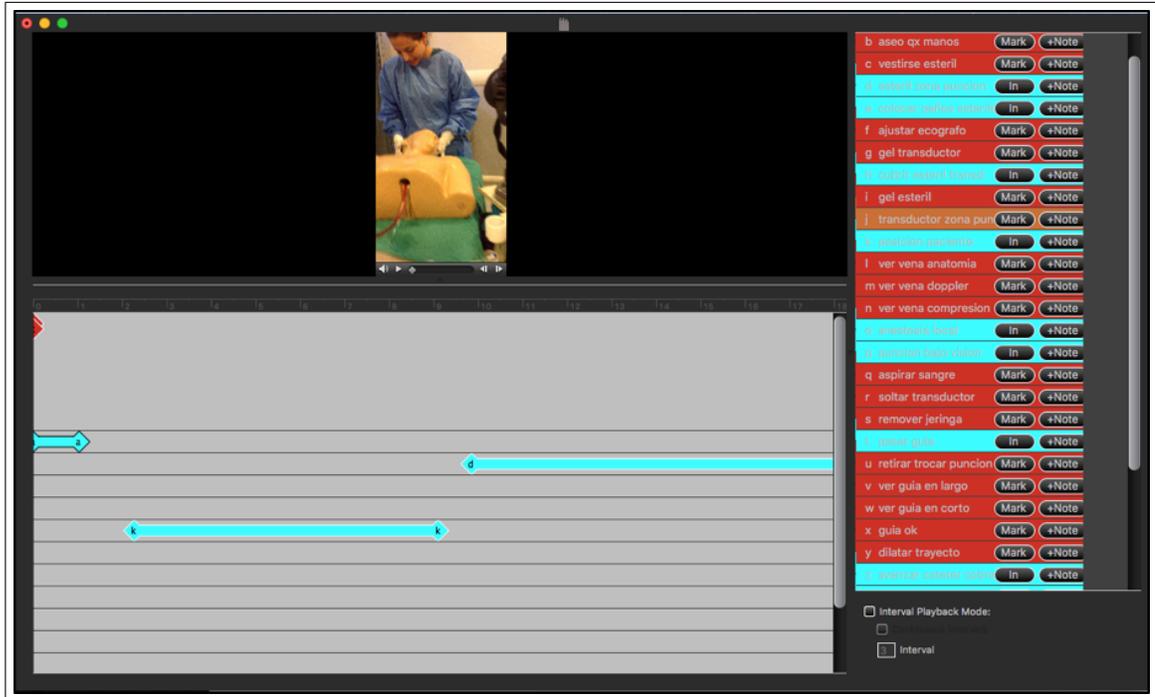


Figura B.2. Vista de Etiquetado de Videos VCodeVData

Una vez terminado proceso de etiquetado se guardan dos archivos: Archivo con interfaz de etiquetado y archivo de texto con la información del etiquetado de cada video ,650\_D.cod y 650\_-D-evts.txt. La estructura de este último se visualiza en Figura B.3.

```

Offset: 0, Movie: MoviePathHere, DataFile: (null)
Tracks: preparar implementos, aseo qx manos, vestirse esteril, esteril zona puncion,
colocar paños esteriles, ajustar ecografo, gel transductor, cubrir esteril transd,
gel esteril, transductor zona puncion, posicion paciente, ver vena anatomia, ver vena
doppler, ver vena compresion, anestesia local, puncion bajo vision, aspirar sangre,
soltar transductor, remover jeringa, pasar guia, retirar trocar puncion, ver guia en
largo, ver guia en corto, guia ok, dilatar trayecto, avanzar cateter sobre guia,
retirara guia, flujo y reflujo catetere, cateter posicion OK, fijar cateter, cubrir
con parche, Otro Marca, Otro RAnGo
Time,Duration,TrackName,comment

0,0,aseo qx manos,(null)
0,0,vestirse esteril,(null)
0,1036,preparar implementos,preparado previamente
151728,0,gel transductor,(null)
202708,0,Otro Marca,fin video 1
2273,6830,posicion paciente,(null)
37918,48526,colocar paños esteriles,(null)
98466,96167,cubrir esteril transd,verifica quede adecuadamente cubierto sin aire o
arrugas
9856,24957,esteril zona puncion,(null)

```

Figura B.3. Archivo de texto entregado por VCodeVData

La información en columnas separadas por comas es trasladada a un archivo Excel, donde cada línea representa una actividad realizada, con las siguientes columnas: identificador de proceso (número video\_etiquetador), tiempo inicio de actividad en milésimas de segundo, tiempo de duración, nombre de actividad, y nota según corresponda.

Este Excel fue transformado en un archivo de logs de eventos con líneas que representan actividades, informándose para cada instancia: tiempo inicio (segundos), tiempo de finalización (segundos), nombre de actividad, comentario.

Los 26 primeros videos fueron etiquetados por dos observadores para evaluar la concordancia entre ellos. Se utilizó Distancia de Edición de Levenshtein Normalizada (Levenshtein, 1965), para evaluar la discrepancia entre los dos observadores. Para ello, se asignó un carácter a cada actividad y se calculó distancia de edición entre el trazo de caracteres obtenidos por cada observador para un mismo video. Esta distancia se normaliza por el máximo de transformaciones posibles ( suma

total de caracteres de ambas trazas) y se calcula la diferencia con respecto a que ambas trazas de caracteres fueran iguales; eso implica una distancia igual a 1 (Tabla B.1).

En base a las convenciones de uso de valores de coeficiente kappa (Cerde & DEL, 2008) para análisis de concordancia; se estima concordancia alta una distancia de edición normalizada mayor a 0,85, para continuar la revisión asignada aleatoriamente solo por un observador.

Tabla B.1. Cálculo Distancia de Edición entre Observadores

String D	String R	Levenshtein Distance	suma de caracteres	Distancia Normalizada	Distancia ajustada a 1
bcadehgijlnopqrstuzAFBC	bcadehgkjinopqrstuzAFBC	2	50	0,04	0,96
bcadeahogijlp	bcadeohgijpl	6	54	0,11	0,89
bcadeh	bcadeh	4	48	0,08	0,92
bcadehgjloprstqv	bcadehgjlpqrstv	2	46	0,04	0,96
bcdaehgijnlaopqstvwxyzFA	bcaeghikjlnopqstvwxyzFA	3	25	0,12	0,88
bcadeahogijlpqrstuvwxyABC	bcadeohgijklpqrstuvwxyAF	0	12	0,00	1,00
bcakdea	bcade	5	33	0,15	0,85
bcadehgijnmopq	bcadehgijnnopq	5	52	0,10	0,90
dbcaeahogijhijnlpqrstuwxyzABC	bcdcaeahogijhijlpqrstuwxyzABC	6	51	0,12	0,88
habcgdeaijlnopqrstuyzABC	bchaideaijlnopqrstuyzABC	2	12	0,17	0,83
bcdeahgijlnopqrstvApqrqrstAupqrstvwxyzABC	bcdaeahgijlnjopqrstvprqrstupqrstvwxyzABC	1	28	0,04	0,96
bcadehgijlnopqrstpqstuyzABC	bcadehgijlnopqrstpqstuyzABC	5	55	0,09	0,91
bcadehgijlnopqrstFuyzAFBC	bcadehgikjlnokjlnopqrstuyzABC	7	49	0,14	0,86
bcadeihgijlnopqrstuyzvABC	bcadeihgkijlnopqrstuyzvABC	7	81	0,09	0,91
abcdehgijlnaopqrstuzABC	bcadehgijlnknaopqrstuzABC	1	55	0,02	0,98
bcadehgijlopqrstuvxyzpqrstuyzvABC	bcadehgijlnopqrstuvxyzpqrstuyzvABC	7	54	0,13	0,87
opqrstuyvwxyzABC	jolpqrstuyvwxyzABC	5	50	0,10	0,90
lopqrstuvwxyzABF	kjlopqrstuvwxyzAFBC	6	50	0,12	0,88
loqtrsvwxuyzAB	jlopqrstvwxyzABC	4	68	0,06	0,94
lopqrstuvwxyzAB	kjlopqrstuvwxyzABC	4	32	0,13	0,88
oplqrstvxyzAB	ojlpqrstvwxyzABC	6	35	0,17	0,83
lopqrstuyzAB	kjlnopqrstuyzABC	4	32	0,13	0,88
lopqrstuvwxyzAB	kjlopqrstuvwxyzABC	3	33	0,09	0,91
oplqrstvxyzAB	ojlpqrstvwxyzABC	4	31	0,13	0,87
lopqrstuyzAB	kjlnopqrstuyzABC	4	28	0,14	0,86

Promedio	<b>0,90</b>
Mínimo	<b>0,83</b>
Maximo	<b>1,00</b>
Desviación Estandar	<b>0,05</b>

## **C. USO DE HERRAMIENTAS DE MINERÍA DE DATOS**

En esta sección anexa se detalla paso a paso los análisis de minería de procesos que se realizaron con los logs de eventos.

### **C.1. Disco**

Disco se usa para obtener mapa de procesos en diferentes grupos: pre entrenamiento, post-entrenamiento y expertos. Además, se obtiene estadística descriptiva de cada instancia de los grupos: tiempo de ejecución del proceso, número de repeticiones de cada actividad.

Las representaciones gráficas de los mapas del proceso se obtienen filtrando 50% de las vías posibles de ejecución con de 100% de actividades consideradas en el modelo ideal. Esto permite una mejor comparación entre los grupos debido a que la gran variabilidad dificulta un análisis con el total de las ejecuciones de cada grupo.

### **C.2. Conformance Checking**

Para este análisis se utiliza software PROM6, Package: PNetReplayer, PNetAlignment Analysis (Adriansyah & Van Dongen, 2011), el cual requiere preprocesamiento del log, detalle que se describirá a continuación.

### C.2.1. Pre Procesamiento

El log de eventos de cada grupo se transforma a archivo XES (Acampora et al., 2017) con software Disco. Posterior a eso se carga en software PROM6 con utilidad Prom Log Files (Naive), el archivo resultante es filtrado con Simple Heuristic Package, para obtener los eventos clase Start de cada actividad (Figura C.1), manteniendo el 100% de eventos de inicio, de termino, y de ejecución de cada instancia del proceso.

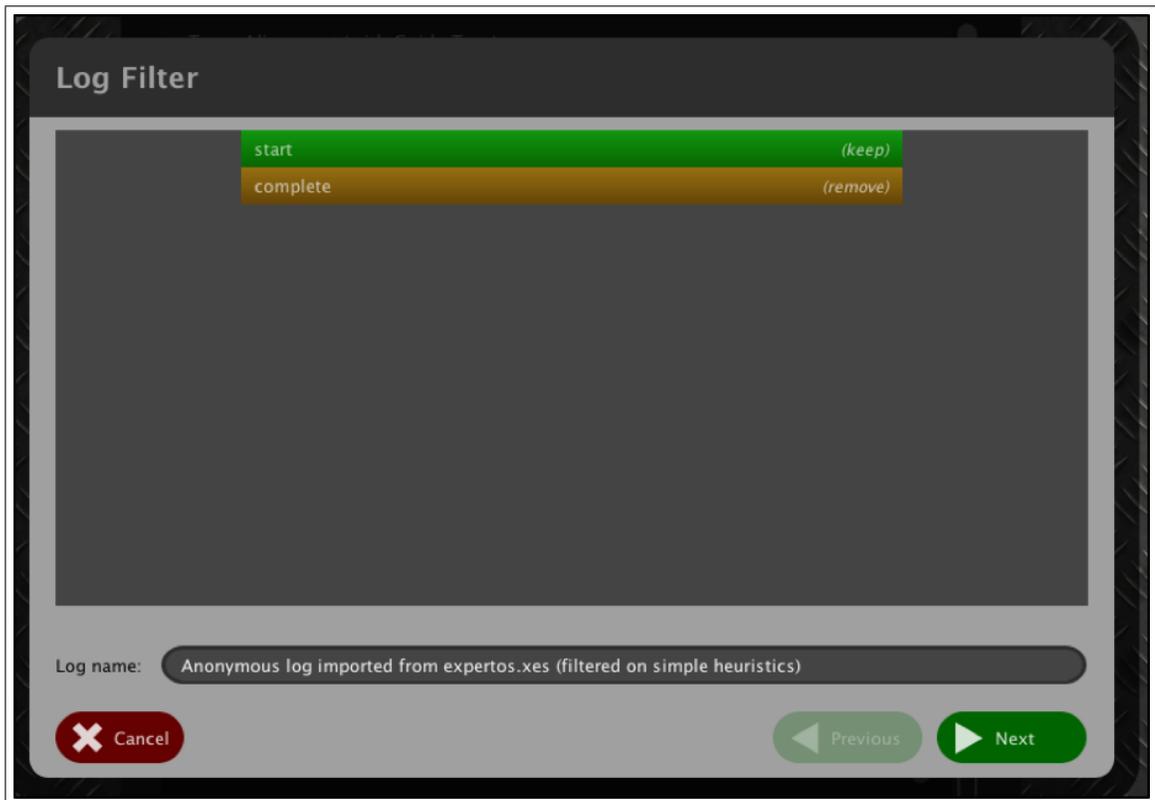


Figura C.1. Vista de Filtrado Event End para cada Actividad

Posterior al filtrado se realiza adición de eventos comunes de inicio y fin de proceso para cada instancia, a través de uso de Add Artificial Events Package (Figura C.2).

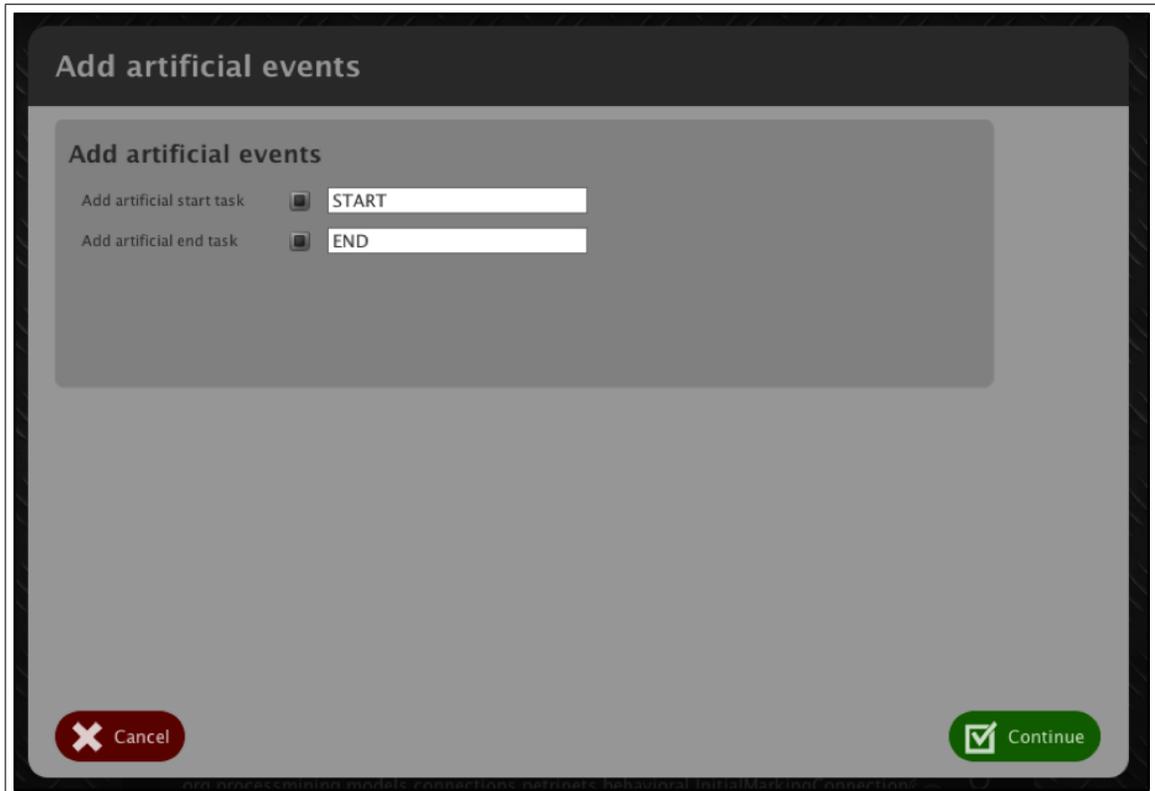


Figura C.2. Vista de adición de Actividades de Inicio y Término a cada Ejecución

Los archivos resultantes se etiquetan con la descripción del preprocesamiento y el nombre del grupo al que pertenecen, por ejemplo, “Log pre\_curso.xes (filtered on simple heuristic) ADD”; siendo utilizados como insumo para análisis de conformance checking.

### C.2.2. Análisis de Conformance Checking

Para el análisis de Conformance Checking, se utiliza como insumo archivo xes resultante de preprocesamiento y una red de Petri del modelo ideal como referencia para comparación de ajuste. Para este último, archivo del tipo .tpn se define un paso final con funcionalidad de “final marking”, en nuestro caso place 5 (Figura C.3).

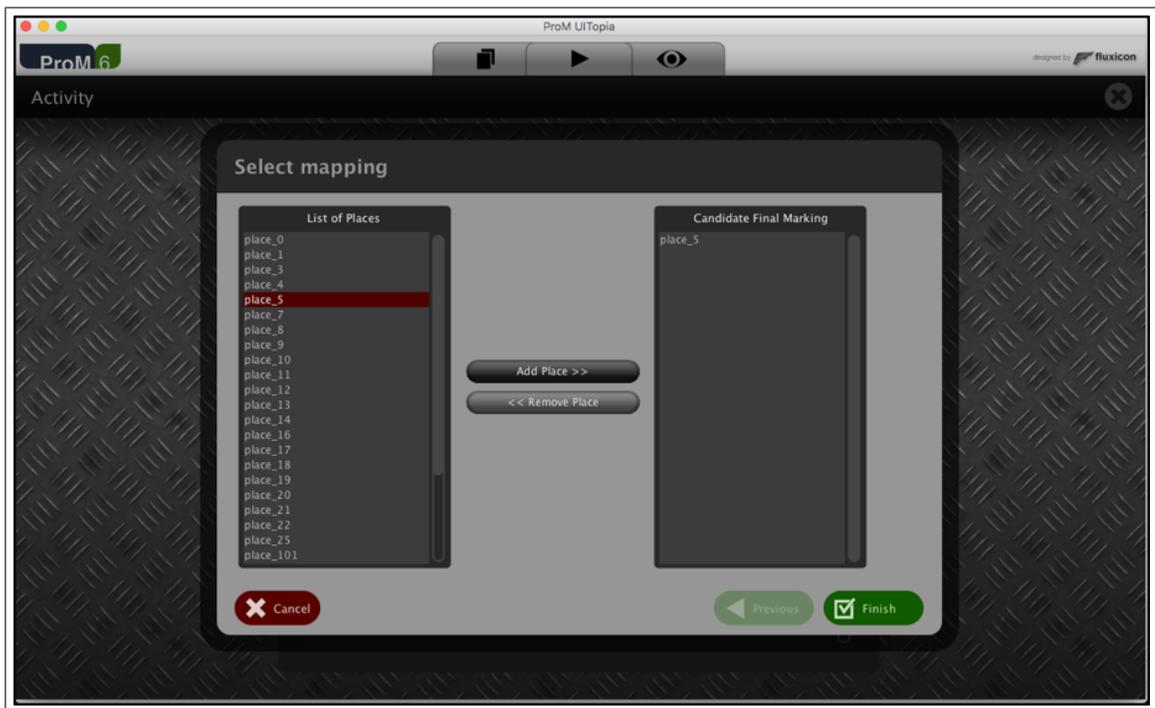


Figura C.3. Vista de Definición de Marca Final de Proceso en Red Petri

Una vez realizado esto, se ejecuta “Replay a Log on Petri Net for Performance/Conformance Analysis” (Figura C C.4).



Figura C.4. Vista de Replay Log sobre Red Petri

Para la configuración del package se define:

- (i) **Create Event Class Pattern:** No se definen patrones específicos para cada actividad, debido a que solo se utilizan eventos de clase start para cada actividad. Aceptando el Committed Pattern desplegado por defecto por el sistema, parte inferior de Figura C.5.

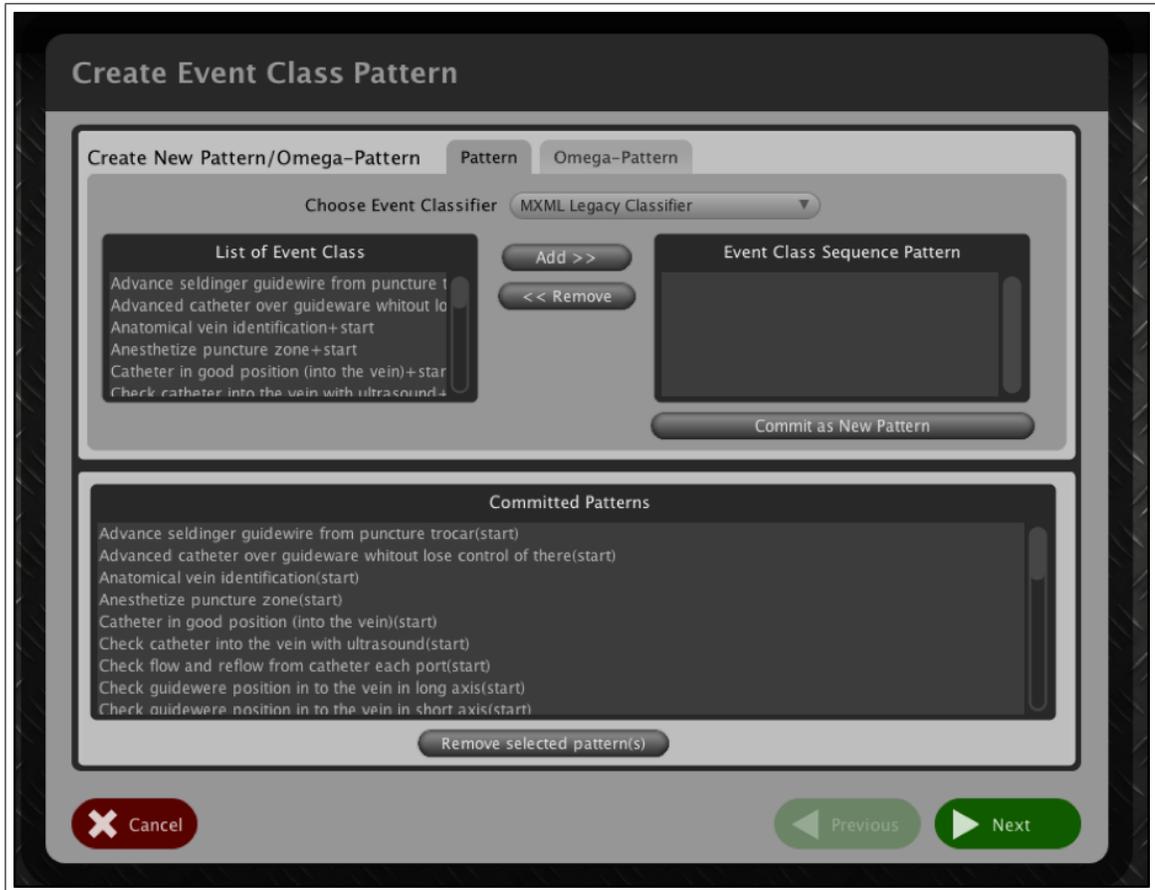


Figura C.5. Vista de Definición de Patrones de Inicio y Fin para cada Actividad

- (ii) **Map Transition Classes to Patterns:** En esta etapa de la configuración se define asociación entre eventos de Petri Net y del log analizado, en base a el nombre de cada evento. Dos actividades recibieron trato especial debido a que no fueron ejecutadas en alguno de los grupos: Identificate vein with colour Doppler y Ultrasound Setup (Deep and vascular mode), identificándose en el mapeo de transiciones como “NONE” (Figura C.6)

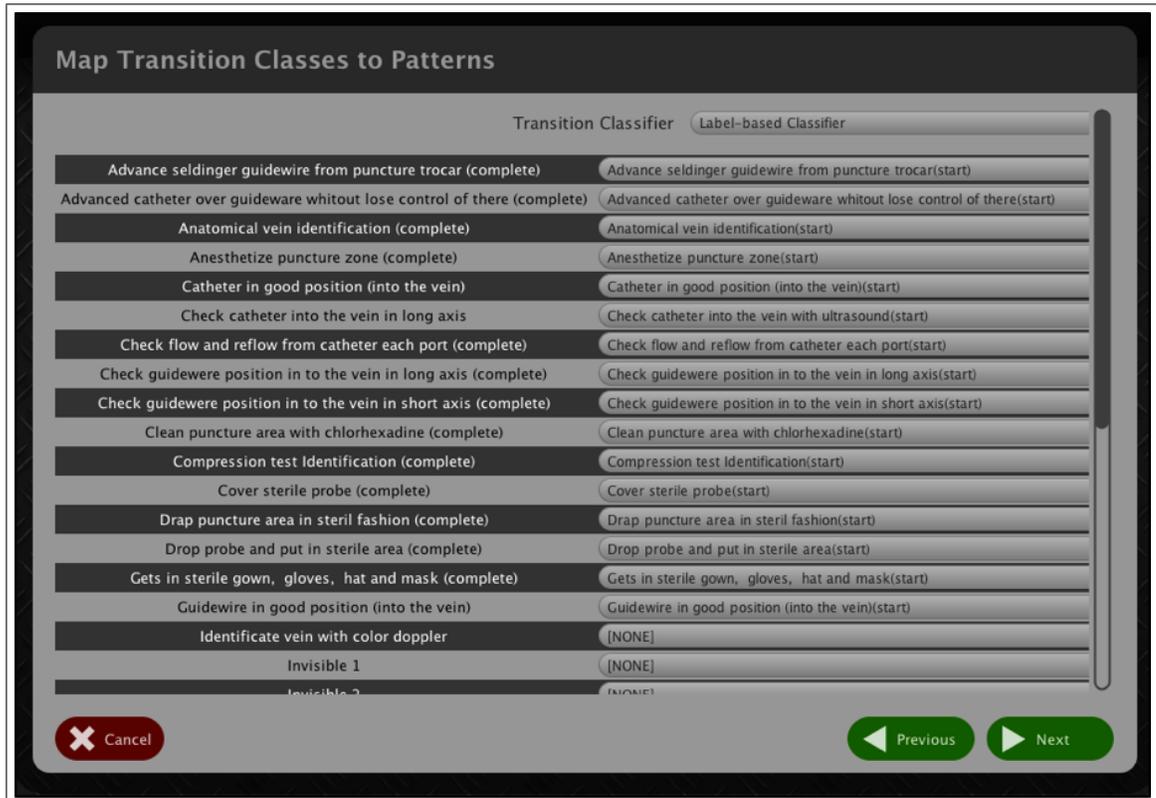


Figura C.6. Vista de Definición de Asociaciones de Etiquetas de Log y Etiquetas de Red Petri

(iii) **Choose Algorithm:**

El package ofrece la opción única definida para este análisis A\*-ILP-based manifest replay (Figura C.7)

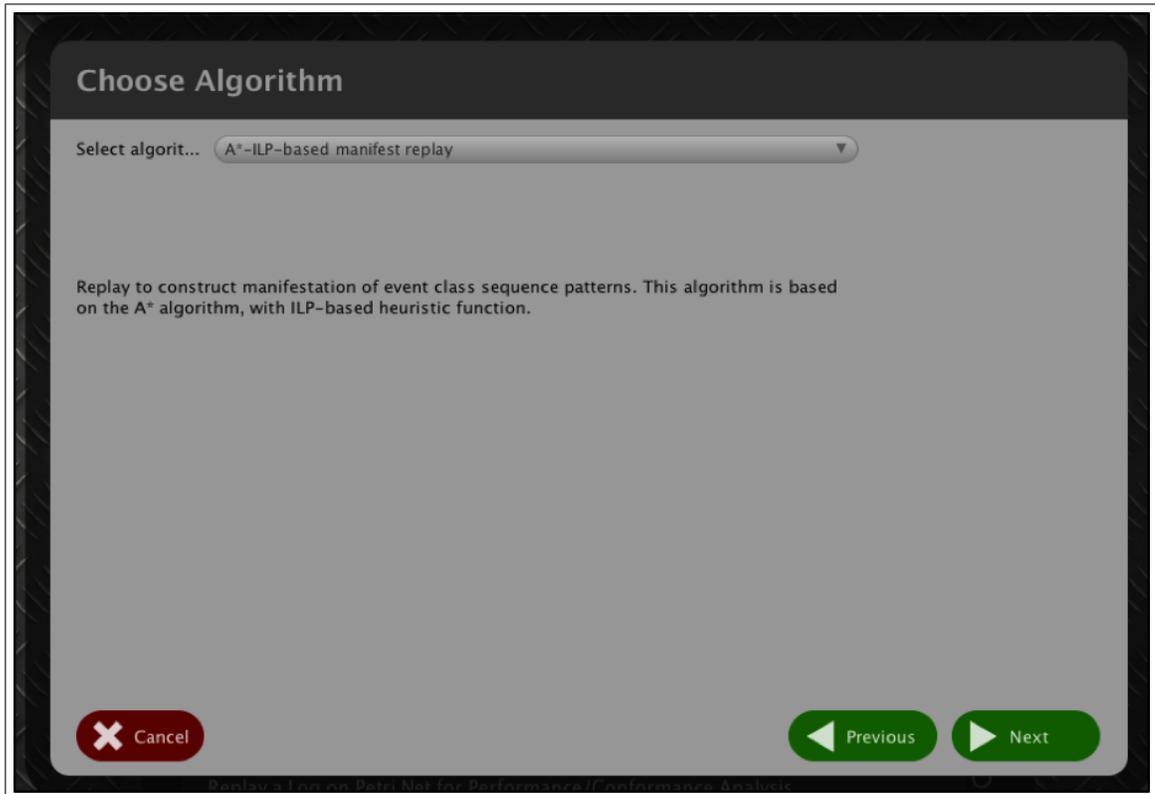


Figura C.7. Vista de Selección de Algoritmo de Análisis de Verificación de Conformidad

(iv) **Set Cost for Movements:**

Se definen costo igual para todas las violaciones en el modelo y en el log, además no se penaliza los movimientos sincrónicos, ajustándose el máximo de estados explorados en 2000, por recomendación de creador del algoritmo (Adriansyah, 2012) Figura C.8.

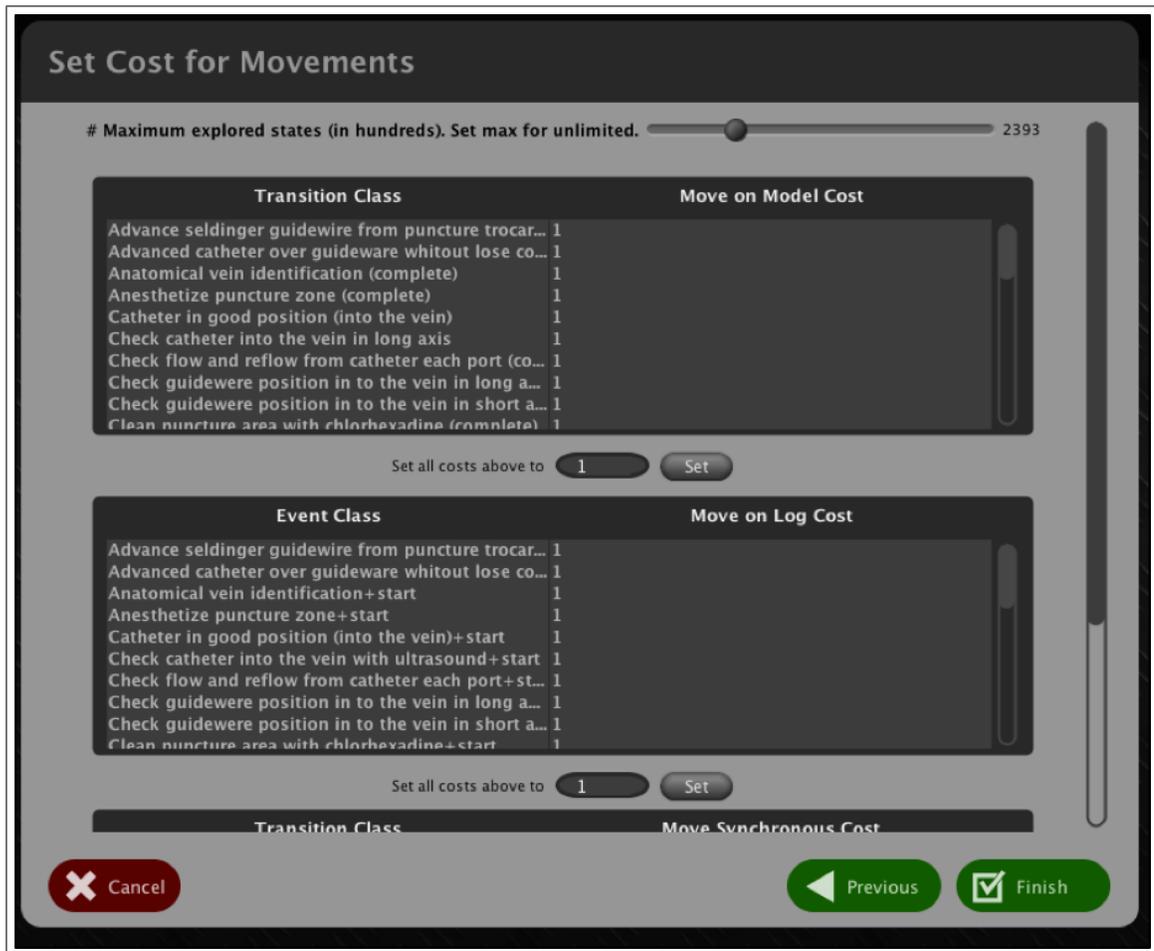


Figura C.8. Vista de Ponderación de Violaciones al Modelo Ideal

### C.2.3. Resultados Conformance Checking

Los resultados del análisis de Conformance Checking se presentan en dos formatos. Para análisis comparativo entre los grupos se despliega archivo con los valores de trace fitness para cada ejecución, y además se muestra representación gráfica del ajuste al modelo ideal.

La vista del análisis de verificación de conformidad, presenta una representación gráfica del ajuste del log analizado al modelo ideal (Figura C.9), definiendo en escala de intensidad de azul cuando la actividad es de alta frecuencia en el log, y en una barra en la base de cada actividad que describe la proporción entre movimientos sincrónicos en el modelo y movimientos presentes, pero no sincrónicos Figura C 10.

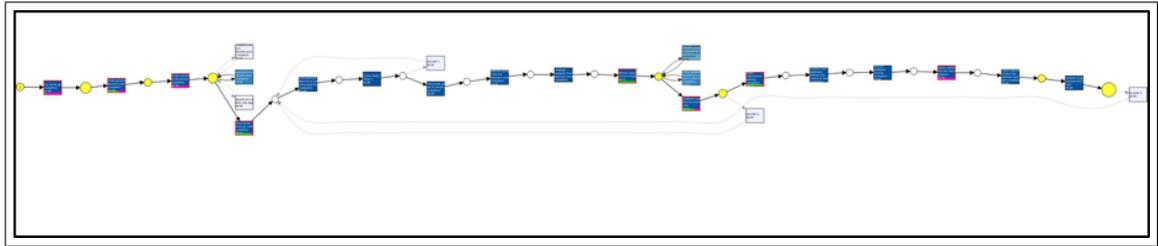


Figura C.9. Vista de Análisis de Verificación de Conformidad

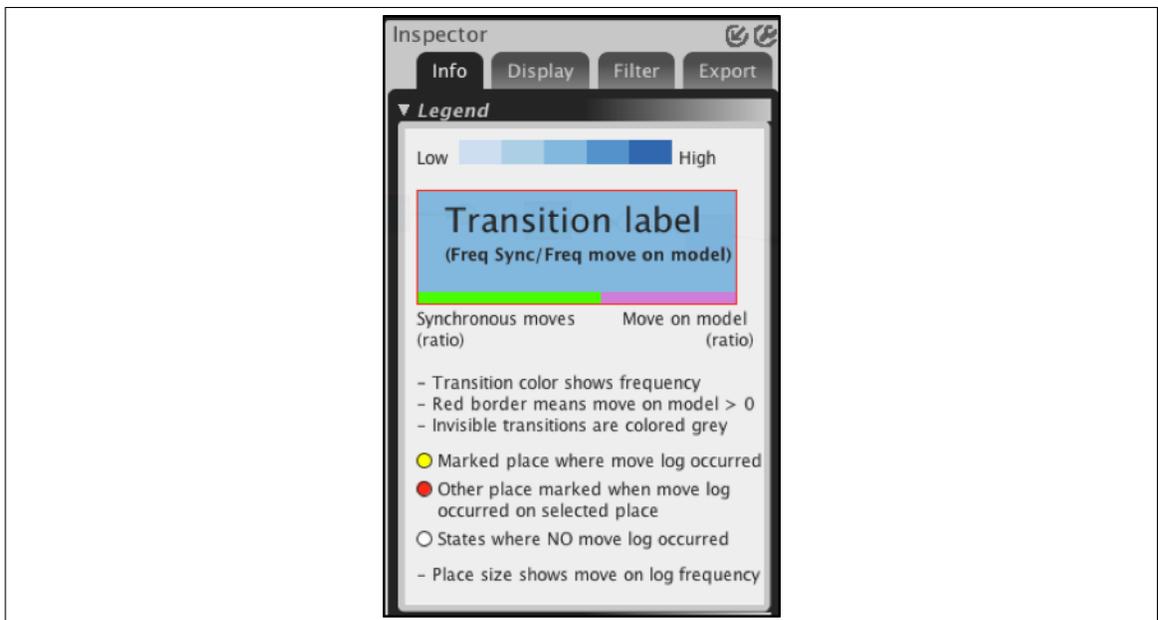


Figura C.10. Leyenda de Vista de Análisis de Verificación de Conformidad

Para ejemplos ver FiguraC.11:

- (i) La actividad "Probe Position puncture zone" (N°1) esta presente en al 100% de las ejecuciones de ahí la fuerte intensidad de azul. La barra inferior muestra en verde el número de casos donde se ejecutó en el orden esperado en el modelo ideal (sincrónico) y en fucsia casos en que se ejecutó, pero en un orden diferente al especificado en el modelo.
- (ii) La actividad "Anatomical Venous Identification" (N°2) está presente en 7 de las nueve ejecuciones de ahí la menor intensidad de azul, pero todas las veces que se ejecutó fueron en el orden definido por el modelo ideal de ahí la ausencia de barra inferior.

(iii) La actividad "Identificare vein with a colour Doppler (Nº3)" no está presente en las ejecuciones de este grupo lo que define el color azul muy pálido.

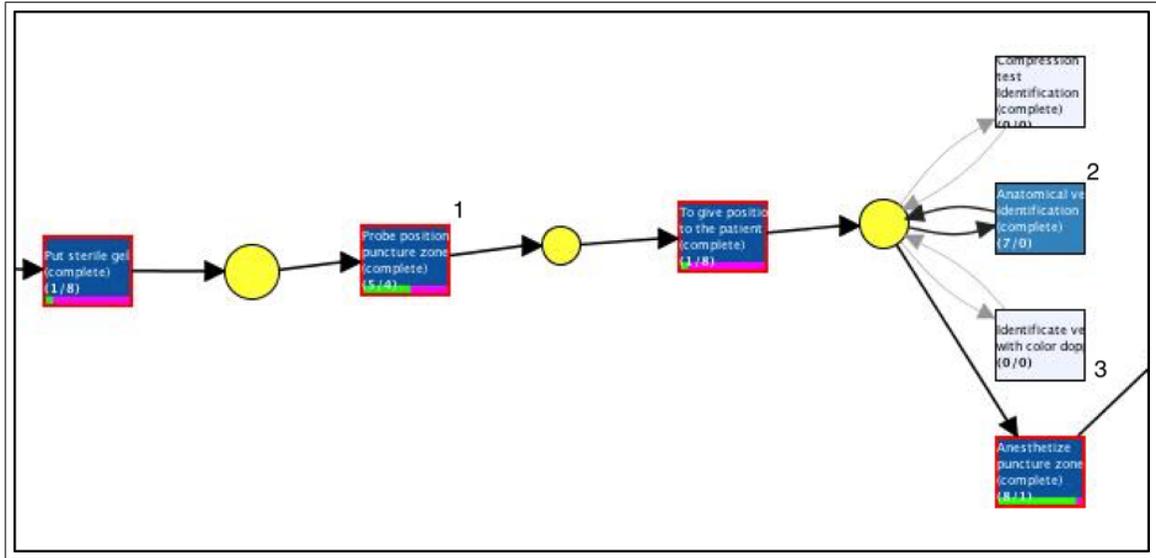


Figura C.11. Ejemplo de Diferentes Actividades en Vista de Análisis de Verificación de Conformidad

### C.3. Trace Alignment Analysis

#### C.3.1. Pre-procesamiento de Logs

El log de eventos de cada grupo se transforma a archivo xes con software Disco, posterior a eso se carga en software PROM6 con utilidad Prom Log Files (Naive), el archivo resultante es filtrado con Simple Heuristic Package para obtener los eventos clase Start de cada actividad (Figura C.1). Manteniendo el 100% de eventos de inicio, de termino y de desarrollo de cada instancia del proceso.

- **Uso Guide Tree Miner** Para poder implementar el análisis se requiere de un guide tree el cual se realiza a través del plugin “Guide Tree Miner” disponible en PROM6 este usa el archivo .xes filtrado del paso anterior y genera una clusterización en forma de árbol para soportar el análisis de alineamiento. Para el uso de este plugin se deben configurar algunos pasos:
  - (i) Feature Configuration Step (select Feature Type): Se selecciona uso de cada secuencia de actividades en forma completa: “entire trace”. Figura C.12

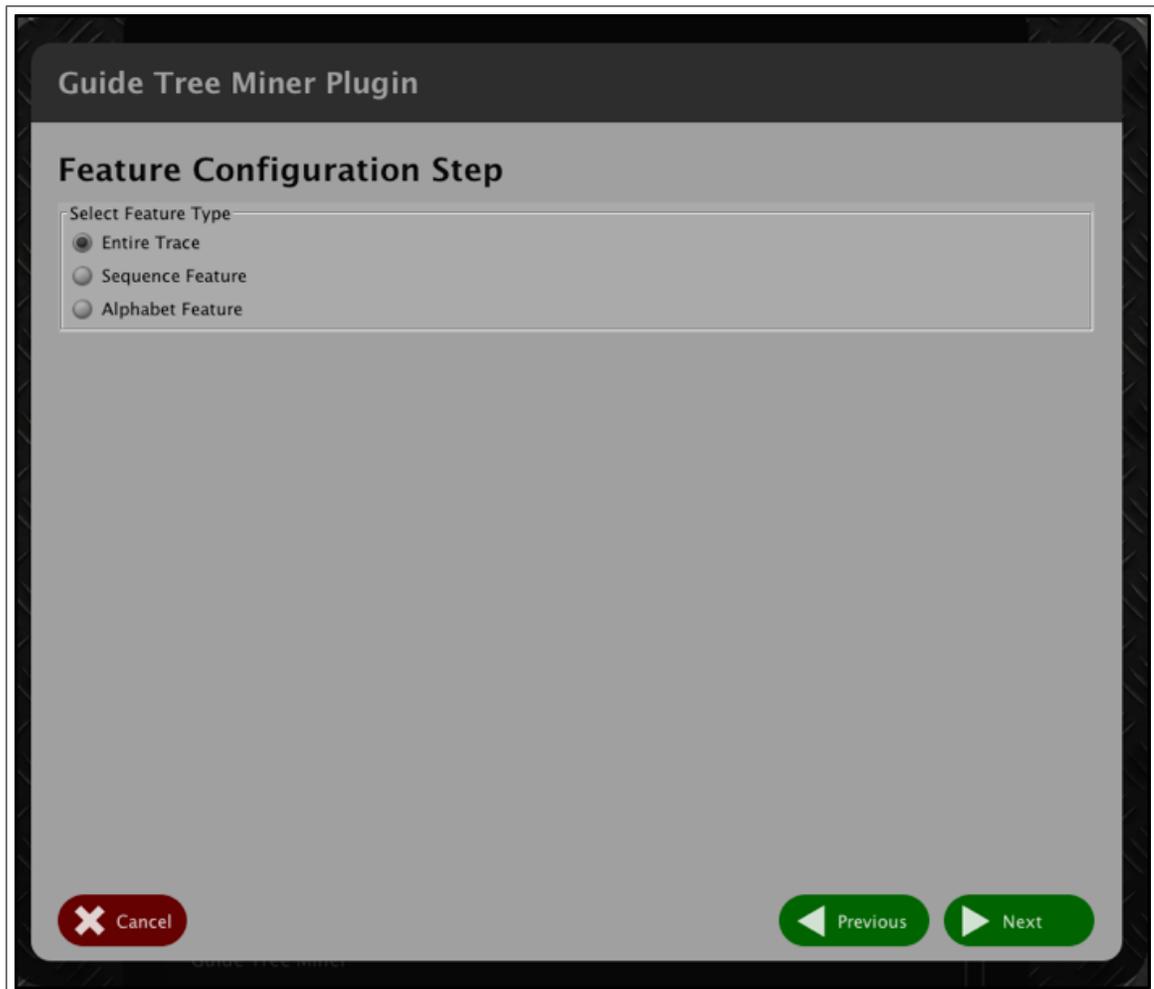


Figura C.12. Selección de Traza Completa

- (ii) Similarity/Distance Metric Configuration Step: Se define como métrica para generación de cluster en base a distancia de trazos con Levenshtein Distance (Levenshtein, 1965) Figura C.13.

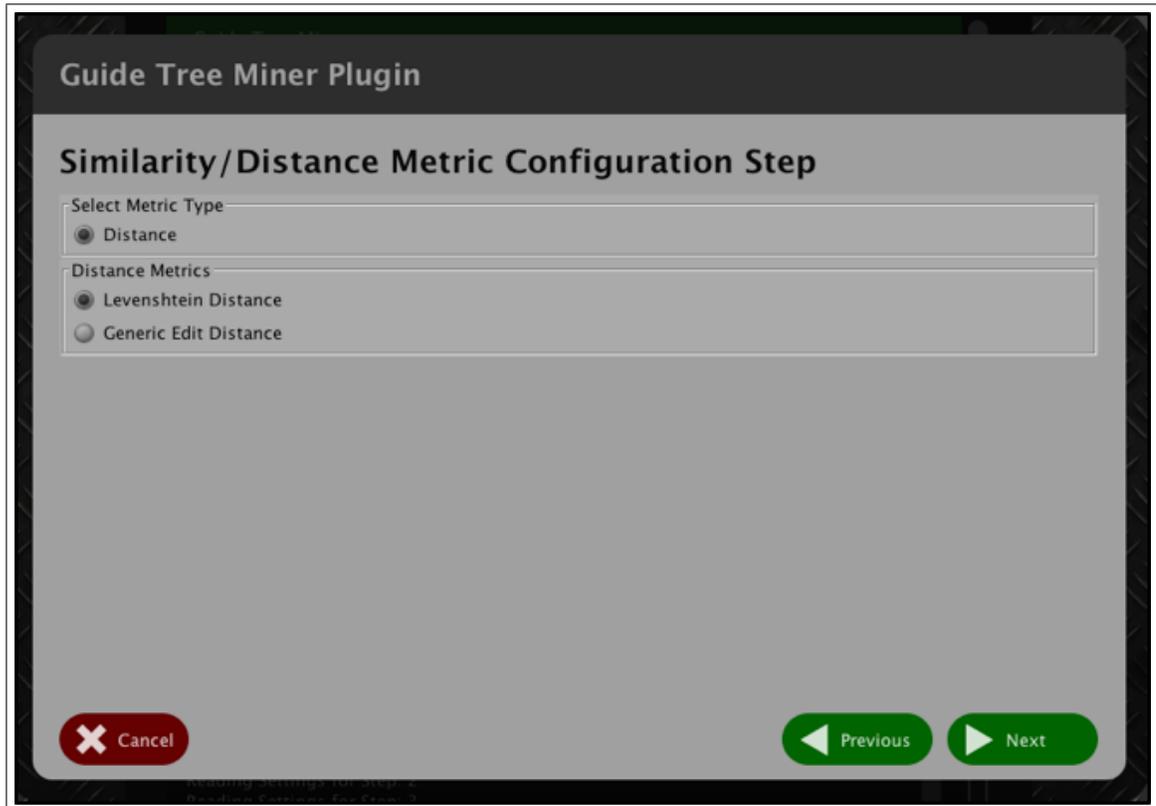


Figura C.13. Selección de Métrica de Similaridad entre Trazas

- (iii) Guide Tree Building Algorithm Configuration Step En este paso se selecciona el algoritmo de clustering: agglomerative Hierarchical Clustering, además del tipo de unión: Min Variance sin una predefinición del número de cluster de salida: Select Cluster Outputs Options: none. Figura C.14

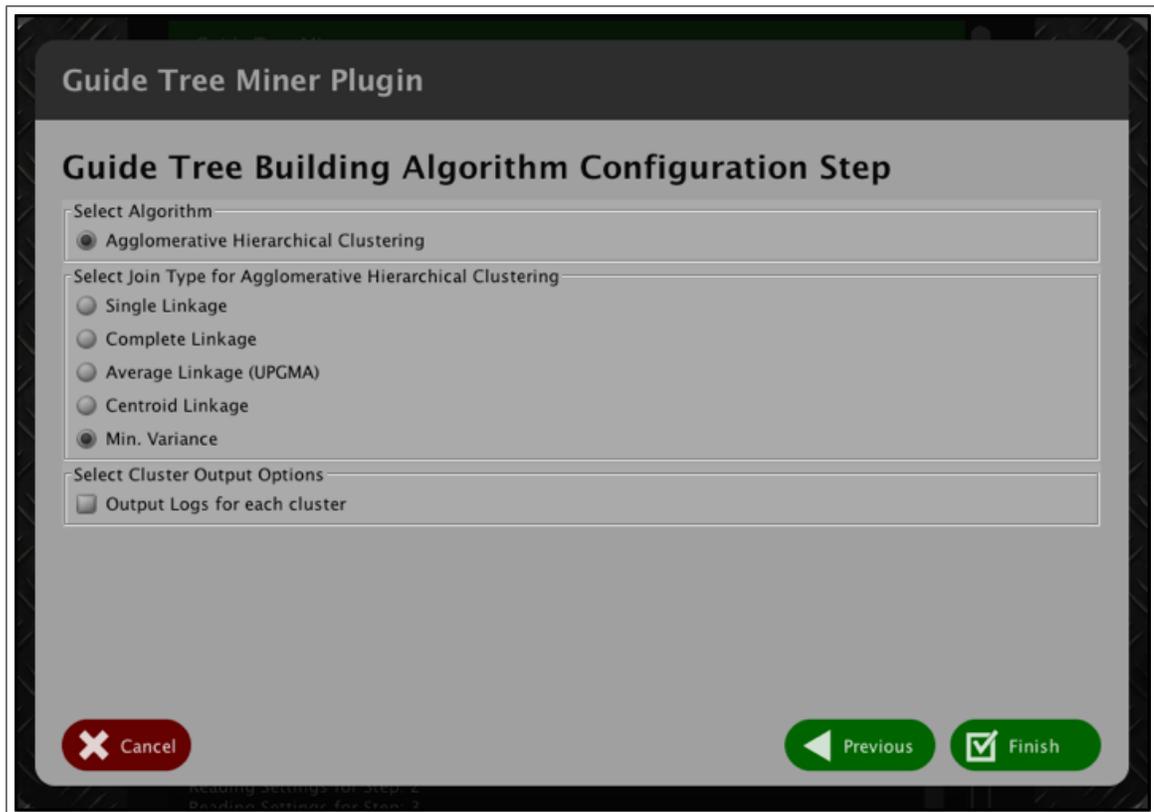


Figura C.14. Selección de Algoritmo de Clustering

este paso genera como resultado un árbol (Figura C.15) a partir del log de eventos usado como insumo, el cual será analizado con el plugin de Alignment (With Guide Tree)

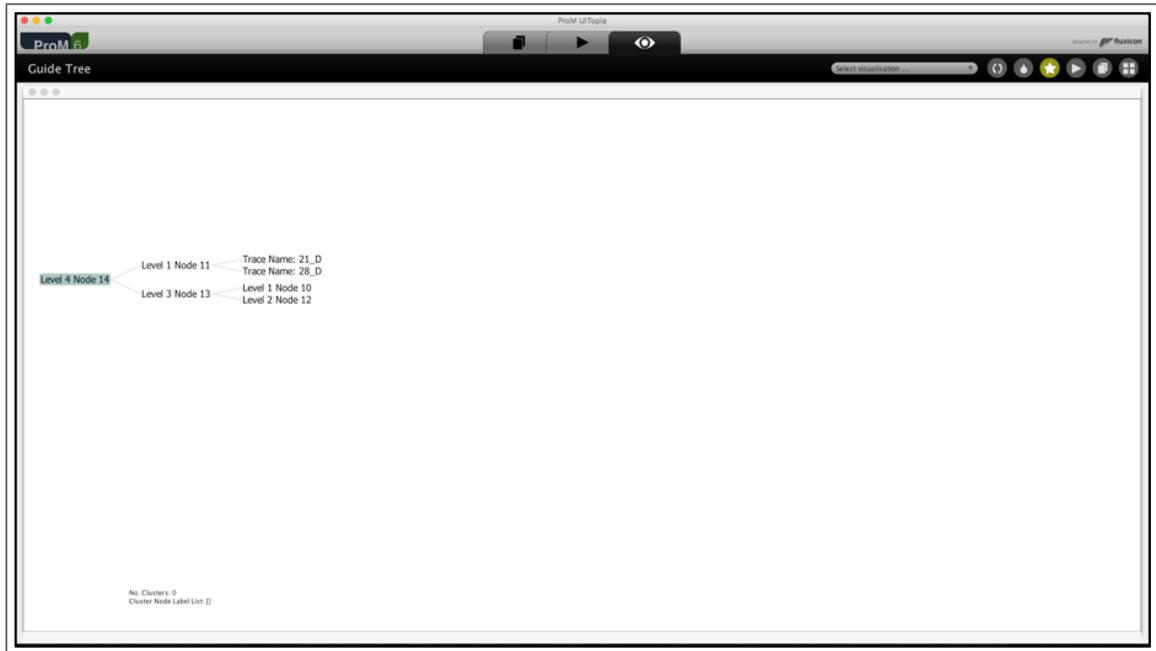


Figura C.15. Arbol Guía para Análisis de Alineamiento de Trazas

### C.3.2. Trace Alignment (With Guide Tree) Plugin

El análisis de Trace Alignment propiamente tal, debe ser configurado en algunos pasos:

- (i) Scoring Matrices Configurations Step: Se configura una matriz de costo único, sin otros ajustes. Figura C.16.

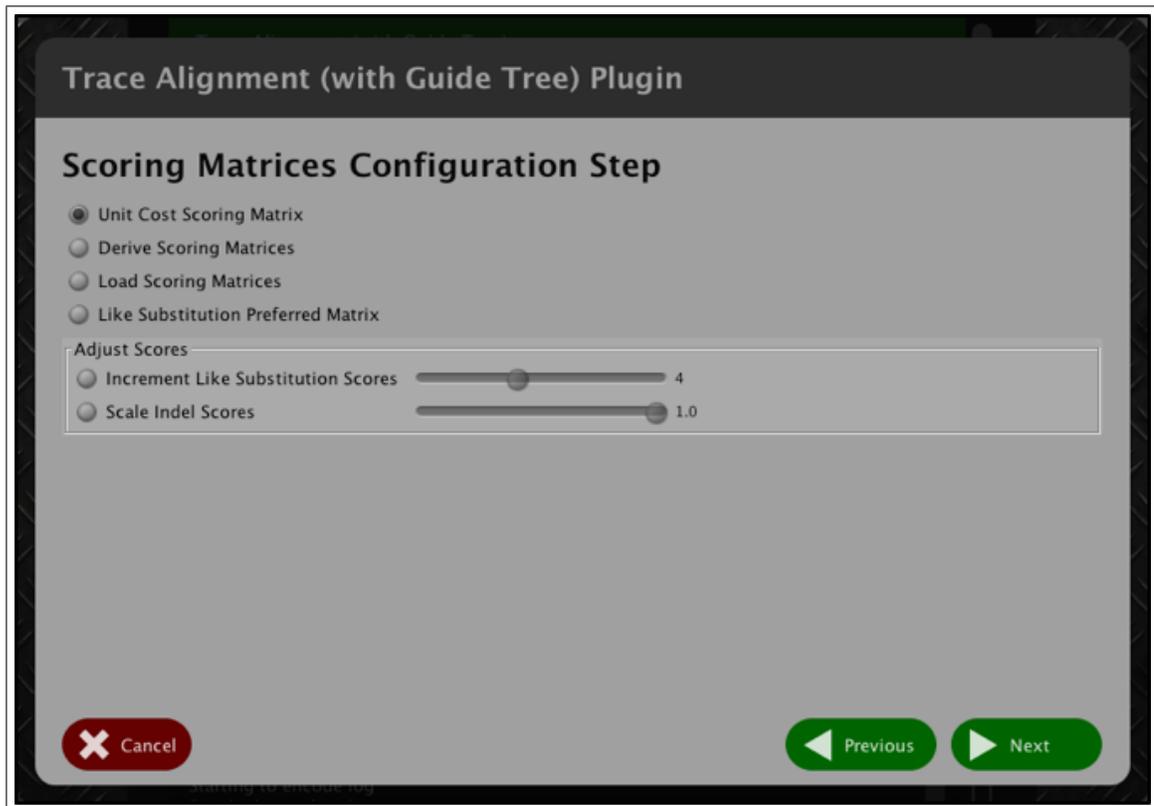


Figura C.16. Vista de Configuración de Matriz

(ii) Alignment Algorithm Configuration Step: Se selecciona la opción Profile Alignment  
Figura C.17

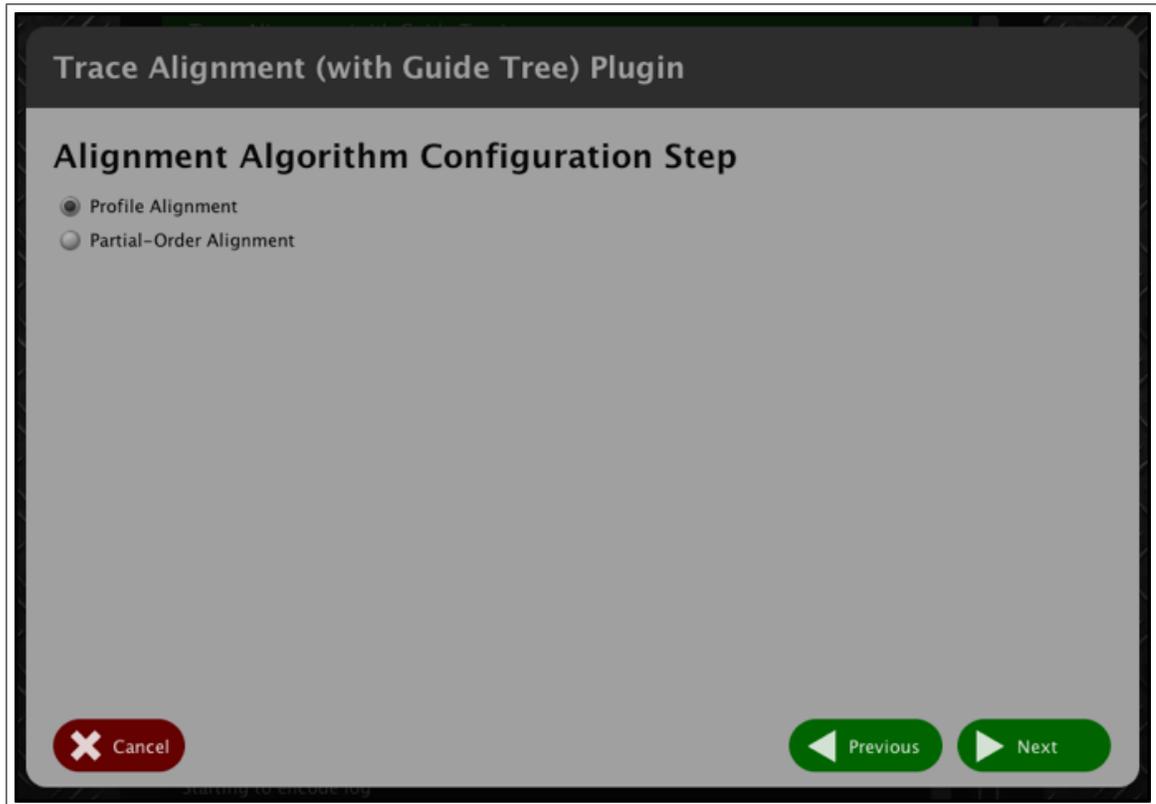


Figura C.17. Vista Configuración de Perfil de Alineamiento

- (iii) Refine Alignments Configuration Step-Improving Alignment quality: Se realiza un re-alineamiento en base a cambios de bloques de eventos.Figura C.18



Figura C.18. Vista Configuración de Mejoras en Alineamiento

### C.3.3. Resultados

El análisis de realineamiento genera una imagen gráfica de todas las secuencias de ejecución del procedimiento, agrupadas en función de la similitud de la presencia de bloques de actividades que se ejecutan en forma conjunta Figura C.19 Se identifica con N° 1 columna con el código alfanumérico de cada fila, las que representan una ejecución del procedimiento, donde se define un carácter y un color para cada actividad. En la base de la figura, zona identificada con n° 2 se encuentran consignadas aquellas actividades de mayor presentación en el log de eventos.

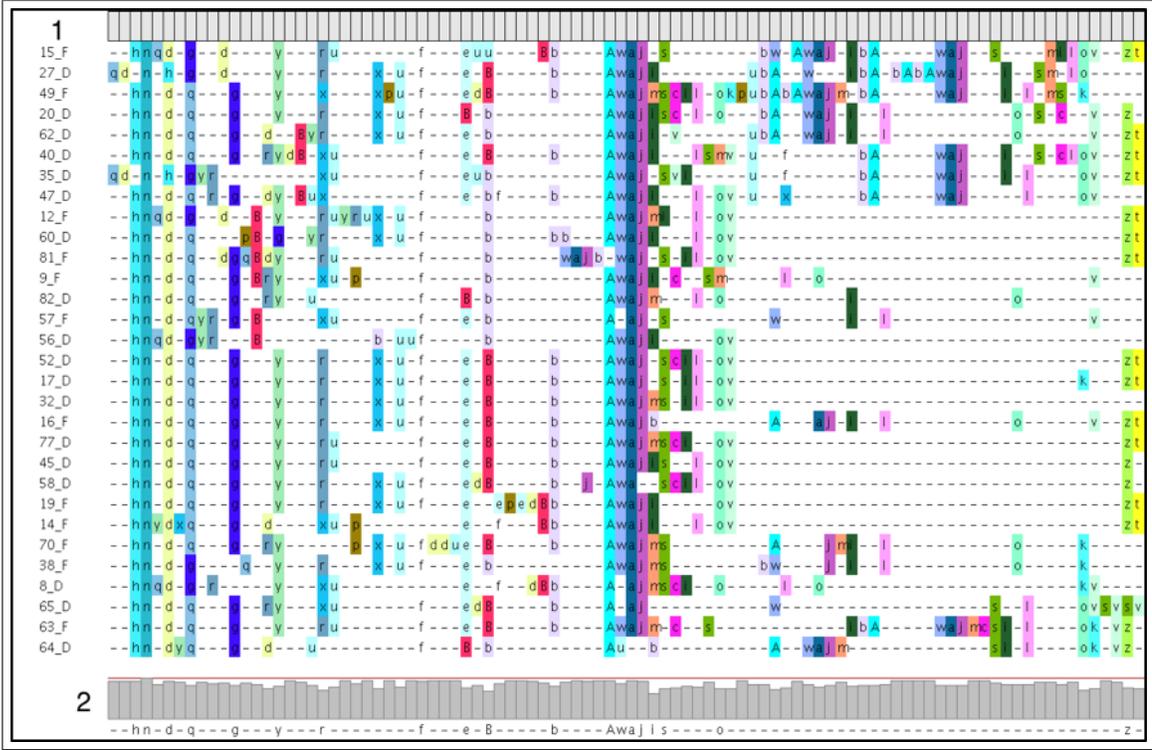


Figura C.19. Resultado Gráfico de Análisis de Alineamiento de Trazas

## D. ENCUESTAS PANEL DELPHI

### D.1. Encuesta Primer Round

#### D.1.1. Primera Sección

**Delphi Instalación de Catéteres Centrales**

El siguiente es un diagrama del proceso de instalación de un catéter venoso central, en base a este se realizan las preguntas de la siguiente hoja

En el siguiente link puedes encontrar acceso directo a la imagen del modelo propuesto, este puede ser impreso si le resulta más útil :

**Modelo Proceso Instalación Catéter Central**

A continuación solicitaremos algunos datos básicos que nos permitirán caracterizar el grupo de expertos que conforman nuestro panel Delphi.

\* 1. Nombre

2. Especialidad Médica

3. Unidad de desempeño laboral (pabellón , UCI, intermedio, nefrología, etc)

4. e-mails de contacto

---

2

Figura D.1. Delphi Primera Encuesta Sección 1

## D.1.2. Segunda Sección

### Delphi Instalación de Catéteres Centrales

A continuación, se presenta el modelo visto antes en representación gráfica, como una serie de ítems secuenciales; los que son actividades sugeridas como pasos posibles en dicho proceso. Cada una tiene un número identificador que corresponde al lugar propuesto en el modelo, y un nombre que describe la acción involucrada y sobre qué o con qué se hace.

\* 5. Para cada ítem responda según la escala asociada con que seguridad usted cree que debe estar incluida como actividad en un modelo genérico del proceso

	Bajo ninguna circunstancia debe incluirse	No debe estar incluida	Puede o no puede estar incluida	Debe estar incluida	Obligatoriamente debe estar incluida
1.-Preparación de implementos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.-Realizar aseo quirúrgico de manos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.-Vestirse con delantal esteril, gorro y mascarilla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.-Esterilizar con solución zona de punción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.-Cubrir zona a puncionar con paños estériles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.-Definir ajustes ecógrafo (profundidad y vista vascular)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7.-Colocar gel en transductor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8.-Cubrir transductor con cubierta estéril	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9.-Colocar gel en transductor cubierto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10.-Colocar transductor en zona a puncionar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11.-Forzar posición de cabeza lado contralateral punción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12.-Realizar maniobra de valsalva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13.-Identificar vena por posición anatómica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Bajo ninguna circunstancia debe incluirse	No debe estar incluida	Puede o no puede estar incluida	Debe estar incluida	Obligatoriamente debe estar incluida
14.-Identificar vena por doppler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15.-Identificar vena por compresión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16.-Anestesiarse localmente zona de punción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17.-Punción previa con aguja fina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18.-Puncionar vena con trocar bajo visión ecográfica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19.-Aspiración de sangre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20.-Remover jeringa desde trocar de punción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21.-Pasar guía seldinger por trocar de punción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22.-Verificar posición guía dentro vena en eje largo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23.-Verificar posición guía dentro vena en eje corto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24.-Guía en posición adecuada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25.-Cortar piel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
26.-Dilatar trayecto subcutáneo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
27.-Avanzar catéter sobre guía sin perder control de esta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
28.-Retirar completamente la guía	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
29.-Verificar flujo y reflujo de lumen(es) catéter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
30.-Verificar posición de catéter dentro de vena en eje largo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Bajo ninguna circunstancia debe incluirse	No debe estar incluida	Puede o no puede estar incluida	Debe estar incluida	Obligatoriamente debe estar incluida
<b>31.-Verificar posición de catéter dentro de vena en eje corto</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>32.-Catéter en posición adecuada</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>33.-Fijar catéter con puntos</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>34.-Cubrir catéter con parches</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5

Figura D.2. Delphi Primera Encuesta Sección 2

### D.1.3. Tercera Sección

**Delphi Instalación de Catéteres Centrales**

6. Agregaría alguna actividad más y entre cuales de los ítems se ubicaría: (ej *Revisión de punta de guía seldinger entre actividad 6 y 7*)

1.-  
Actividad:

2.-  
Actividad:

3.-  
Actividad:

4.-  
Actividad:

5.-  
Actividad:

6.-  
Actividad:

7.-  
Actividad:

8.-  
Actividad:

7. Propondría algún colega que tenga experiencia en instalaciones de catéteres con ultrasonografía que pudiese aportar en esta investigación contestando esta encuesta, por favor dar nombre y email o teléfono para contactarlo.

Nombre

Dirección de correo electrónico

N.º de teléfono

Muchas gracias por participar en nuestra investigación, al terminar la recolección de respuesta del resto de los colegas consolidaremos la información y volveremos a compartir con ustedes una segunda versión del modelo.

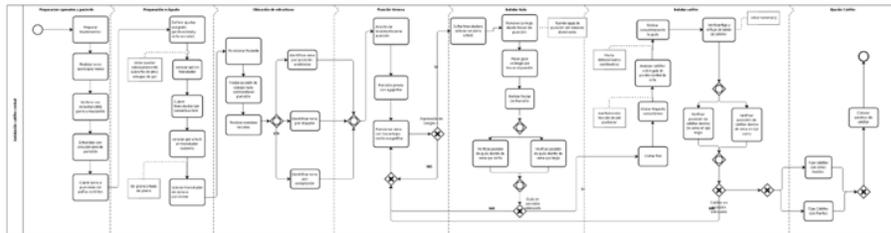
6

Figura D.3. Delphi Primera Encuesta Sección 3

## D.2. Encuesta Segundo Round

### D.2.1. Primera Sección

El siguiente es un nuevo diagrama del proceso de instalación de un catéter venoso central, en base a este se realizan las preguntas de la siguiente hoja



En el siguiente link puedes encontrar acceso directo a la imagen del nuevo modelo propuesto, este puede ser impreso si le resulta más útil :

[Modelo Versión 2 "Proceso Instalación Catéter Central"](#)

A continuación solicitaremos solo nombre para identificar respuestas

\* 1. Nombre

Sig.

## D.2.2. Segunda Sección

A continuación, se presenta el nuevo modelo como una serie de ítems secuenciales; los que son actividades sugeridas como pasos posibles en dicho proceso.

### Resultados de primera encuesta:

Entre paréntesis estarán los porcentajes de respuestas para los ítems de la escala likert que dieron en la ronda previa del panel delphi, según siguiente especificación:

**Color rojo:** porcentaje de respuestas "No debe estar incluida" + "Bajo ninguna circunstancia debe incluirse"

**Color negro:** porcentaje de respuestas "Puede o no puede estar incluida"

**Color verde:** porcentaje de respuestas "Debe estar incluida" + "Obligatoriamente debe estar incluida"

ejemplo: Actividad xxxxxxxx  
( rojo - negro - verde )

### Actividades sugeridas en primera encuesta:

Las actividades que fueron sugeridas por ustedes en primera ronda han sido agregadas en el listado sin número identificador y sin porcentajes de respuesta, en otras ocasiones las sugerencias han enriquecido una actividad ya definida; se agrega lo nuevo en **itálica** en la actividad.

### Como responder en esta oportunidad:

Nuevamente para cada ítem responda, según la escala asociada, con que seguridad usted cree que debe estar incluida como actividad en un modelo genérico del proceso.

### \* 2. Encuesta:

	Bajo ninguna circunstancia debe incluirse	No debe estar incluida	Puede o no puede estar incluida	Debe estar incluida	Obligatoriamente debe estar incluida
1.-Preparación de implementos ( 0 - 8 - 92 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.-Realizar aseo quirúrgico de manos ( 0 - 0 - 100 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.-Vestirse con delantal estéril, gorro y mascarilla ( 0 - 0 - 100 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.-Esterilizar con solución zona de punción ( 0 - 0 - 100 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.-Cubrir zona a puncionar con paños estériles ( 0 - 0 - 100 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Bajo ninguna circunstancia debe incluirse	No debe estar incluida	Puede o no puede estar incluida	Debe estar incluida	Obligatoriamente debe estar incluida
6.-Definir ajustes ecógrafo (profundidad y vista vascular) ( 0 - 17 - 83 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7.-Colocar gel en transductor ( 8 - 8 - 84 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8.-Cubrir transductor con cubierta estéril ( 0 - 0 - 100 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9.-Colocar gel <b>estéril</b> en transductor cubierto ( 17 - 33 - 50 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10.-Colocar transductor en zona a puncionar ( 0 - 8 - 92 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Posicionar paciente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11.-Forzar posición de cabeza lado contralateral punción ( 17 - 58 - 25 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12.-Realizar maniobra de valsalva ( 25 - 58 - 17 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13.-Identificar vena por posición anatómica ( 8 - 33 - 58 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14.-Identificar vena por doppler ( 0 - 50 - 50 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15.-Identificar vena por compresión ( 0 - 33 - 67 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16.-Anestesiar localmente zona de punción ( 0 - 25 - 75 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17.-Punción previa con aguja fina ( 42 - 33 - 25 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18.-Puncionar vena con trocar bajo visión ecográfica ( 0 - 8 - 92 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19.-Aspiración de sangre ( 0 - 16 - 84 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Soltar transductor y colocar en zona estéril	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20.-Remover jeringa desde trocar de punción ( 0 - 25 - 75 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21.-Pasar guía seldinger por trocar de punción ( 0 - 8 - 92 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Bajo ninguna circunstancia debe incluirse	No debe estar incluida	Puede o no puede estar incluida	Debe estar incluida	Obligatoriamente debe estar incluida
22.-Verificar posición guía dentro vena en eje largo ( 0 - 17 - 83 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23.-Verificar posición guía dentro vena en eje corto ( 0 - 33 - 67 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24.-Guía en posición adecuada ( 0 - 0 - 100 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25.-Cortar piel ( 25 - 58 - 17 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
26.-Dilatar trayecto subcutaneo ( 0 - 8 - 92 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
27.-Avanzar catéter sobre guía sin perder control de esta ( 0 - 0 - 100 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
28.-Retirar completamente la guía ( 0 - 0 - 100 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
29.-Verificar flujo y reflujo de lumen(es) catéter , <b>sebado con suero de lumen(es)</b> ( 0 - 8 - 92 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
30.-Verificar posición de catéter dentro de vena en eje largo ( 0 - 42 - 58 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
31.-Verificar posición de catéter dentro de vena en eje corto ( 8 - 42 - 50 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
32.-Catéter en posición adecuada ( 0 - 8 - 92 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
33.-Fijar catéter con puntos ( 8 - 0 - 92 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fijar catéter con otros sistemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
34.-Cubrir catéter con parches ( 0 - 8 - 92 )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verificar posición de catéter con método radiológico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura D.5. Delphi Segunda Encuesta Sección 2

### D.2.3. Tercera Sección

3. Agregaría alguna actividad más y entre cuales de los ítems se ubicaría: (ej. *Revisión de punta de guía seldinger entre actividad 6 y 7*)

1.-

Actividad:

2.-

Actividad:

3.-

Actividad:

Muchas gracias por participar en nuestra investigación.

Ant.

Listo

Desarrollado por



Ve lo fácil que es [crear una encuesta](#).

Figura D.6. Delphi Segunda Encuesta Sección 3