



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

# **La Minería de Procesos: Aplicado al Sistema Sanitario y Hospitalario Post Covid-19**

Autor: 201605894

**La Minería de Procesos: Aplicado al Sistema Sanitario y Hospitalario Post  
COVID-19**

## Resumen

La Minería de Procesos es una técnica cuyo objetivo es mejorar, descubrir o comparar procesos productivos o de gestión a través de analizar unos registros de eventos que se quedan almacenados en los sistemas informáticos de la empresa o la organización.

Este trabajo nos hace una pequeña introducción a esta técnica y se exponen algunas de sus aplicaciones y de donde nos podemos beneficiar de su actividad. Además, se habla de sus limitaciones y desafíos a los que se enfrenta debido a su reciente descubrimiento y reducida investigación. A partir de la explicación anterior, se enfoca de manera mas específica al sector sanitario y hospitalario en un ámbito posterior al virus del Covid-19.

La Minería de Procesos se ve en crecimiento por la mayor digitalización e informatización de los eventos que suceden en el día a día y es muy conveniente su uso al igual que muchas técnicas de análisis debido a la tendencia de una mejor calidad de los servicios prestados y de una búsqueda de una reducción de costes.

El sistema sanitario consume grandes cantidades de dinero y es continuo su desarrollo, al verlo colapsado con esta pandemia, es absolutamente necesario seguir mirando maneras en las que se permita a este sector una evolución en la dirección deseada.

## Palabras clave

Minería de Procesos, Sistema sanitario y Sistema Hospitalario, Usos y Aplicaciones de la Minería de Procesos, Limitaciones y Desafíos.

## Abstract

Process Mining is a technique whose objectives is to improve, discover or compare productive or management processes through the analysis of event logs that are stored in computer systems of the company or organizations.

This work gives us a small introduction to this technique and explains some of its applications and where we can benefit from its activity. In addition, it discusses the limitations and challenges it faces due to its recent discovery and reduced research. Based on the previous explanation, it focuses more specifically on the healthcare and hospital sector in a post-Covid-19 virus environment.

The Process Mining is growing due to the greater digitalization and computerization of the events that happen on a day to day basis and its use is very convenient as well as many analysis techniques due to the tendency of a better-quality services of the provided and a search for reduction of costs.

The health system consumes large amounts of money and its development is continuous. As it is collapsing with this pandemic, it is absolutely necessary to continue looking at ways to allow this sector to evolve in the desired direction.

## Key Words

Process Mining, Healthcare System and Hospital System, Uses and Applications of Process Mining, Limitations and Challenges.

## Índice de contenido

1. Introducción.....	6
2. Objetivos.....	8
3. Metodología.....	9
4. Marco Teórico.....	11
4.1 Definiciones.....	11
4.2 Business Process Management.....	15
4.3 Tres Tipos de Minería de Procesos.....	16
5. Aplicaciones de la Minería de Procesos.....	19
6. Situación Hospitalaria con el Covid-19.....	22
7. Minería de Procesos Aplicado al Sistema Sanitario y Hospitalario.....	25
7.1 Usos en el Sector Sanitario.....	28
7.2 Usos específicos frente a situaciones similares al Covid-19.....	29
8. Limitaciones y Desafíos de la Minería de Procesos.....	32
9. Discusión y Conclusiones.....	35
9.1 Resultados.....	38
9.2 Conclusiones.....	39
9.3 Valoración Personal.....	41
9.4 Aportaciones para el Mundo Académico.....	42
9.5 Aportaciones para el Mundo Empresarial y Sociedad.....	43
9.6 Limitaciones del Trabajo.....	43
10. Bibliografía.....	45
Anexo I.....	48

## Índice de tablas

Figura 1: Esquema del funcionamiento de la Minería de Procesos.....	14
Figura 2: BPM Life-Cycle.....	15
Figura 3: Esquema de la Minería de Procesos y sus tres tipos.....	18
Figura 4: Las cuatro dimensiones de la calidad.....	35
Figura 5: Flower model.....	48

## 1. INTRODUCCIÓN

La era digital en la que vivimos nos permite realizar muchos cambios significativos en un periodo de tiempo muy reducido y nos permite agrandar la visión de todo lo que hacemos con ello, poder mejorar y ser más eficientes en los procesos productivos y en las actividades que realizamos diariamente. Con esta nueva tecnología, hemos desarrollado numerosas técnicas que nos ayudan a ver y detectar muchas de las ineficiencias y problemas que sin ella, no seríamos capaces de ver como, por ejemplo, la inteligencia artificial, el machine learning, el coding para las maquinas que nos reducen el esfuerzo, coste y tiempo en muchos de los procesos productivos en el ámbito de la producción en serie y, en la que nos vamos a centrar, la Minería de Procesos o Process Mining.

La digitalización de la información ha creado mas datos, el desarrollo de la nube digital y ordenadores más potentes hacen posible que esos datos sean accesibles y útiles.

Tan solo en la historia reciente, este crecimiento ha sido exponencial. En los años 50, 600 Megabytes era la mayor cantidad de datos almacenados que estaban accesibles, solo en los 70s, esa cifra cambió a 80 Gigabytes almacenados por FedEx y de nuevo en los 90s la cadena de supermercados Wal-Mart agrandó la cifra a 180 Terabytes. Ya con la llegada del nuevo siglo y el gran crecimiento de las empresas tecnológicas llegó Google que decía tener 25 Petabytes y por último, se dice que, en 2014, Facebook tenía más de 100 Petabytes de datos almacenados. (Bottles. K, Begoli. E, Worley.B, 2014).

El presidente de Google, Eric Schmidt, dice que cada dos días generamos la misma cantidad de información que la que generamos desde el inicio de la civilización hasta 2003.

Después de haber hecho lectura de numerosos artículos y textos académicos puedo decir que el Process Mining es una técnica de administración de procesos con la que se nos permite analizar los procesos de negocios a través del registro y análisis de eventos que suceden a lo largo de la producción. Con esta técnica lo que se busca es extraer la información o tener el conocimiento desde esos registros de eventos de aquellos procesos almacenados por los sistemas informáticos. El Process Mining tiene como objetivo principal el control de los

procesos productivos, aunque también tiene diversos usos de mucha utilidad como, por ejemplo, el descubrimiento de procesos, informaciones, control y estructuras organizacionales, todo sacado de los registros de eventos.

Esta técnica se usa principalmente cuando no disponemos de una descripción formal de los procesos con la que podamos trabajar para analizarla y estudiarla o también, cuando sí que disponemos de ella, pero es de mala calidad y tenemos el mismo problema de no poder usarla. Un buen ejemplo de Process Mining donde enfocaremos gran parte de este trabajo es en el análisis del registro de atención a pacientes en un hospital. Mediante el análisis, a través de esta técnica, podemos encontrar modelos que describan el movimiento o el flujo de los pacientes. También se puede usar para compararlo con otros modelos y así poder tener un contraste y utilizar las partes buenas y útiles de los dos modelos. Primero, se empieza por el descubrimiento de modelos del proceso y después, con el Process Mining lo que se intenta es lograr una mejora en esos procesos estudiados mediante la localización de ineficiencias como puede ser un cuello de botella, mejores rutas para cumplir el mismo propósito, reorganización para acortar el proceso productivo, detección temprana de una congestión en el proceso entre otras muchas cosas.

El Process Mining va mucho mas allá de la presentación exclusiva de datos referentes al proceso, sino que también hace un reconocimiento de las relaciones contextuales de los procesos, los presenta de manera analítica con gráficos que nos permite poder diagnosticar problemas y sugerir mejoras de la calidad de los modelos de procesos. Con esta técnica será posible y de manera más simplificada, detectar o diagnosticar problemas basados en hechos y no en conjeturas o intuiciones donde cualquier mala reflexión o punto de vista te lleva a una solución errónea.

Con todos aquellos eventos registrados en los sistemas informáticos lo que buscamos es la confrontación entre esos datos y los modelos de procesos. Con ello, mediante el emparejamiento de los datos de eventos y modelos de procesos, será posible comprobar conformidades, detectar desviaciones, soportar las tomas de decisiones, predecir retrasos y recomendar rediseños de procesos.

## 2. OBJETIVOS

A lo largo de este trabajo, voy a exponer y relacionar la ciencia del Process Mining con el sector de la salud y de Healthcare. Este trabajo tiene cuatro objetivos principales los cuales explicaré a lo largo del texto ya sea a través de textos académicos o por reflexiones personales, que son:

- 1) Entender la Minería de Procesos y contexto.
- 2) Aplicaciones de la Minería de Procesos.
- 3) La Minería de Procesos enfocada al sector sanitario posterior a la pandemia del COVID-19.
- 4) Limitaciones y desafíos de la Minería de Procesos.

El primer objetivo del trabajo es entender la minería de procesos en el sentido de ciencia y conocer los conceptos relacionados con esta. Entender la manera de utilizarlo, quien lo puede utilizar y más ámbitos de la Minería de Procesos como las aplicaciones, tipos de análisis, tipos de lenguaje y diferentes direcciones en los que se puede enfocar esta ciencia relativamente reciente. Otro objetivo que se busca a través de este trabajo y estudio de la Minería de Procesos es la identificación de posibles aplicaciones que puede tener en diferentes sectores y en especial darle un enfoque más profundo al sector de la salud o sector sanitario, para su potencial desarrollo y evolución positiva. Con esto lo que se busca es ver entornos del sector sanitario donde se puede ser más eficiente y se puede mejorar el ámbito de la logística, de detección de enfermedades de manera mas útil, mejor manejo de los pacientes y de los recursos para un reparto más igualitario, etc...

El tercer objetivo del texto es ver las limitaciones que se le encuentran a este sistema de Minería de Procesos en general y de manera más específica en el sector sanitario ya sea la facilidad de manejo de datos, digitalización de muchos procesos que son grandes consumidores de tiempo y de recursos. Además, también analizaremos los desafíos que presenta esta metodología y en que partes merece una mejora o un cambio y con ello, intentar arreglarlo para hacer



su uso aún más útil y utilizable para un mayor número de personas y un mayor número de empresas, clínicas, sectores, etc...

Por último, todo lo que analicemos y todo lo que se descubra a través de este trabajo se utilizará para ver que usos y aplicaciones pueden ser las mejores en el sector sanitario tras el suceso pandémico del virus del Covid-19, es decir, después de haber pasado esta situación tan horrorosa, poder ver en que se puede usar para que los resultados sean mejores, que los procedimientos sean más fáciles o quede de manera más digitalizada y de manera más sencilla y real. Este enfoque lo haré a través de mi visión de la situación y de mi aprendizaje sobre este tema ya que no dispongo de datos reales ni datos de campo por el caos que han sido estos últimos meses.

Estos cuatro objetivos que he mencionado en el apartado anterior los responderé a lo largo del trabajo y lo haré a través de la siguiente metodología.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología que he seguido principalmente ha sido mediante la lectura de textos académicos y textos divulgativos relacionados con la Minería de Procesos ya sea de manera más genérica o más específica, esto quiere decir que es un estudio de carácter exploratorio.

La lectura académica proviene de autores muy reconocidos y prestigiosos de la materia y autores que son los que aportan el conocimiento inicial o base, por otro lado, la literatura divulgativa o no académica nos la proporcionan autores que no son tan reconocidos, pero al ser una tecnología muy reciente, la literatura académica no ha publicado todavía sobre ello. Previo a la lectura, he seleccionado un número de textos que me han parecido relevantes debido a la credibilidad que tienen y por los autores que son reconocidos en la materia de la Minería de Procesos y en el ámbito sanitario relacionado con las nuevas tecnologías. El autor principal del que he estado leyendo y recogiendo conocimientos e ideas es Wil van der Aalst. A este autor holandés se le relaciona como el máximo exponente de esta ciencia y uno de los mayores impulsores. El trabajo de este autor a parte de ser profesor de *Computer Science* en Eindhoven University of Technology, ha sido la creación y el desarrollo de muchas

herramientas y facetas de la Minería de Procesos como, por ejemplo, YAWL, ProM framework, Woflan, etc. Los libros que he utilizado son: "*Process Mining: Data Science in Action*", "*Process Mining: Overview and opportunities*" y "*Process Mining in Healthcare: Evaluating and Exploiting Operational Healthcare Processes*"

A parte de una interpretación profunda de estos libros, he hecho lectura de artículos académicos de diversos autores especializados en el tema. Junto con la literatura académica y la literatura no académica, también me he ayudado para recoger información de sitios web con una fiabilidad notable para que la información sea un poco más *user friendly* y venga desde un punto un poco más informal y directo.

De la lectura que he realizado y he interiorizado, he sacado la información para mis tres primeros objetivos de exponer el tema y sus relaciones y posteriormente con mi reflexión personal, a través de mis conocimientos, mi análisis crítico y mi formación he identificado los puntos más relevantes. Además, para la parte final del trabajo, he tenido que investigar sobre el impacto del Virus del COVID-19 sobre el sector sanitario para poder así generar unas soluciones factibles y convenientes a través de la herramienta de la Minería de Procesos en el sector.

## 4. MARCO TEÓRICO

En el marco teórico, lo que voy a exponer es mi aportación de recopilación de información sobre la Minería de Procesos y voy a ir analizando todo lo que he encontrado a través de lecturas, relevante para que se pueda aprender desde un enfoque diferente sobre esta ciencia, sobre sus usos, aplicaciones, ventajas y limitaciones y de manera adicional vamos a ver como se puede utilizar y como puede facilitar el funcionamiento del sector sanitario sobretodo después de vivir el desbordamiento que ha habido por una situación sin precedentes como ha sido la pandemia del virus del COVID-19.

Lo primero de todo vamos a analizar algunas definiciones que se han dado sobre este mecanismo de análisis ya que puede haber diferentes enfoques o diferentes puntos de vista.

En la siguiente enumeración se encuentran las definiciones que dan algunos de los autores más reconocidos en la materia y en el ámbito de la Minería de Procesos

### 4.1 Definiciones

1. La minería de procesos es una ciencia relativamente joven que se encuentra entre el Machine Learning y la minería de datos por un lado y entre el Process Modeling y análisis por el otro lado. La minería de procesos es una disciplina que tiene como objetivo descubrir, monitorizar y mejorar procesos a través de la extracción de conocimiento del registro de eventos de los sistemas de información. (W. van der Aalst, 2016) University of Eindhoven
2. La minería de procesos es una técnica de análisis emergente, la cual extrae el conocimiento del proceso a partir de los datos y proporciona diversos beneficios a las organizaciones. La minería de procesos extrae la información de los archivos de registro de los sistemas, tal como se registra durante las ejecuciones, y representa la realidad. La minería de procesos tiene por objetivo extraer el conocimiento de los procesos y descubrir

modelos de procesos a partir de las ejecuciones de los procesos comerciales registrados por los sistemas de información. (A. Khan, A. Lodhi, V. Köppen, G. Kassem, and G. Saake, 2010) Universidad de Magdeburg (Alemania).

3. La Minería de Procesos es una técnica de gestión de procesos que explota los datos de los eventos en los sistemas de información. En la última década, esta técnica se ha utilizado cada vez más para la gestión de procesos comerciales. Puede considerarse como una técnica de análisis para la minería de datos y el aprendizaje automático por un lado y la modelización de procesos por el otro. La Minería de Procesos se aplica con tres objetivos principales: i) descubrimiento de procesos, ii) comprobación de la conformidad de las implementaciones de los procesos según el proceso descubierto/modelado, y iii) mejora de los procesos mediante la detección de las diferencias en las implementaciones de los procesos. (T. Gurgen Erdogan, A. Tarhan, 2018) Universidad de Ankara, Turquía.
4. La minería de procesos es el vínculo entre la minería de datos, el *business process modeling* y el análisis. Además, la minería de procesos ha sido reconocida como una herramienta potencial para analizar y mejorar los procesos también en la logística y la fabricación. Explota el conocimiento de los registros de eventos generados por los sistemas de información. El uso de estos conocimientos es beneficioso para la mejora de los procesos. La mayor parte de la investigación de Process Mining se aplica en los ámbitos de la atención sanitaria, el proceso de desarrollo de software y la educación online. (T. Becker, 2017) Universidad de Bremen, Alemania.
5. El software de Minería de Procesos puede ayudar a las organizaciones a captar fácilmente la información de los sistemas de transacciones de las empresas y proporciona información detallada, y basada en datos, sobre el rendimiento de los procesos clave. Crea registros de eventos a medida que se realiza el trabajo: se recibe un pedido, se entrega un producto, se realiza un pago. Los registros hacen visible cómo se está realizando realmente el trabajo mediado por ordenador, incluyendo quién lo hizo, cuánto tiempo se

utilizó y cómo se aleja del promedio o de la media. (Babson College and MIT Initiative in the Digital Economy) Thomas H. Davenport & A. Spanyi 2019.

6. Las técnicas de minería de procesos son capaces de extraer conocimientos de los registros de eventos comúnmente disponibles en los sistemas de información actuales. Estas técnicas proporcionan nuevos medios para descubrir, supervisar y mejorar los progresos en una variedad de dominios de aplicación. Hay dos factores principales que impulsan el creciente interés en la minería de procesos. Por un lado, cada vez se registran más eventos, proporcionando así información detallada sobre la historia de los procesos. Por otra parte, es necesario mejorar y apoyar los procesos empresariales en entornos competitivos y rápidamente cambiantes (Process Mining Manifesto: W. van der Aalst et al, 2012)
7. La Minería de Procesos tiene como objetivo extraer el conocimiento de los procesos de los registros de sucesos que pueden originarse en diferentes tipos de sistemas, por ejemplo, sistemas de información de empresas o sistemas de información de hospitales. Por lo general, estos registros de eventos contienen información sobre el inicio/completado de los pasos del proceso junto con datos de contexto relacionados. (D. Antonelli & G. Bruno, 2015) Politecnico di Torino

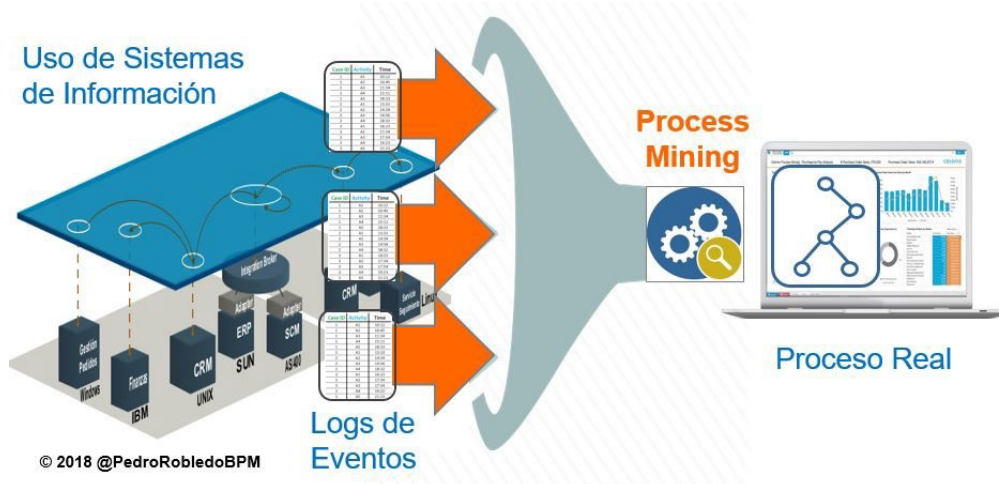
Hay numerosos autores y cada uno tiene su definición personal pero como hemos podido observar, el concepto de la Minería de Procesos es bastante homogéneo y todos coinciden en gran parte de su pensamiento.

Haciendo una pequeña recopilación y por el conocimiento que he adquirido puedo formular mi propia definición y decir que la Minería de Procesos es una ciencia relativamente joven pero que está teniendo un crecimiento muy alto y una trayectoria potencial muy prometedora en diversos ámbitos y sectores de nuestra sociedad cada vez mas informatizada y dinámica.

La Minería de Procesos consiste en la extracción y recopilación de información y archivos a través de lo que llaman sistemas de registros donde se anotan todos los movimientos y toda la información relevante para poder utilizar los datos posteriormente. Una vez se haya recopilado los datos correctamente, a través de las herramientas de la Minería de Procesos se puede ver la situación actual en referencia a la productividad y eficiencia de los procesos y además se puede elaborar nuevos modelos de procesos para poder obtener una mejora en comparación con lo que se tenía. Esta ciencia se ha creado a través de la unión de otras dos, mucho más desarrolladas, como son: la minería de datos que nos ha dado lugar a grandes avances tecnológicos y el análisis de los modelos de procesos para poder mejorar una organización o tener mejores márgenes económicos.

Al ser una ciencia tan joven y de una comprensión relativamente compleja, se encuentran muchas limitaciones y diversos obstáculos a la hora de su utilización de los cuales hablaré más adelante.

**Figura 1:** Esquema del funcionamiento de la Minería de Procesos.

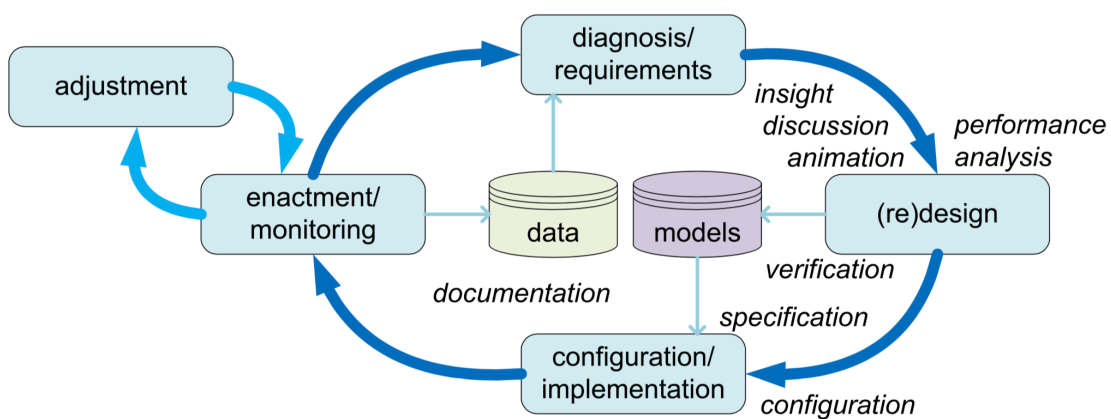


**Fuente:** Robledo (2018)

## 4.2 Business Process Management Life-Cycle

Profundizando un poco más en esta técnica, vamos a explicar el denominado Business Process Management Life-Cycle. La BPM, también llamada Gestión de procesos de negocio es una disciplina que engloba la Minería de Procesos y otras herramientas y técnicas que tiene como objetivo el poder mejorar y poder hacer de manera óptima el desempeño de los procesos de una organización. En la literatura, las fases del ciclo de BPM no están descritas de manera uniforme. El número de fases de las que se compone el ciclo depende principalmente de lo granulado que se quieran tener identificadas las fases. Para posicionar la Minería de Procesos primero vamos a ver el BPM Life-Cycle y veremos las diferentes fases para el manejo o la dirección de procesos de empresas.

**Figura 2.** BPM Life-Cycle.



**Fuente:** W. van der Aalst (2011)

Este ciclo vemos que se compone 4 fases principales. El ciclo comienza con la fase diseño donde se plantea o se proyecta el proceso que se quiere ejecutar para la organización. Posteriormente, el modelo se traslada a la fase de implementación que nos va a servir para tener una visión real y poder ver el funcionamiento del proceso en cuestión. Esta parte puede durar muy poco si se incorpora a un sistema que este en funcionamiento, pero si es la primera vez que se utiliza el proceso y hay que hacer mucho coding significará que esta fase requerirá una cantidad de tiempo mayor. Una vez el sistema acepte y sea

compatible con los procesos que se han diseñado, pasaremos a la fase de monitorización y aprobación.

A lo largo de esta fase se ponen en funcionamiento los procesos mientras son vigilados y monitorizados por el equipo gestor para ver si el proceso requiere algún cambio o alguna mejora. Si se da ese caso, pasa por la sub-fase de ajuste, no requiere ni rediseñar el proceso ni tampoco la incorporación de un software nuevo, sino que se adapta y se moldea para eliminar los pequeños errores que hagan que el proceso no este funcionando con sus mejores capacidades. La cuarta fase de diagnóstico se evalúa el proceso y se atiende a las necesidades emergentes por razones de cambio del entorno del proceso como por ejemplo cambios legislativos, políticos o por la propia competencia. Por último, para cerrar el ciclo, volvemos a la fase del rediseño en caso de rendimiento deficiente como por ejemplo que no alcance los niveles mínimos de servicios o por el otro lado, que el entorno genere nuevas exigencias que dejan obsoletas las anteriores y provoca que necesariamente sea rediseñado el proceso para adaptarse a la nueva situación.

Como podemos ver en la figura anterior, los modelos de procesos tienen un papel más dominante en la parte del diseño y de la implementación, y por el otro lado, la información o el data juega un papel más relevante en las fases de vigilancia/monitorización y el diagnóstico. La técnica de la Minería de Procesos nos permite que el ciclo tenga sentido y se “cierre” correctamente. La información recogida por los sistemas informáticos se puede utilizar para proporcionar una mejor visión de los procesos actuales. (Van der Aalst, W. 2011)

#### 4.3 Tres Tipos de Minería de Procesos

Como vamos a ver a continuación, la minería de procesos establece los vínculos entre los procesos reales y sus datos por un lado y los modelos de proceso por el otro lado.

El punto de partida de la minería de procesos viene desde los registros de eventos.



Los registros de eventos se utilizan para llevar a cabo tres tipos de minería de procesos: Descubrir, Cumplimiento y Mejora del proceso. (W. van der Aalst, 2011)

i) Descubrir: Como primer tipo de Minería de Procesos, este tipo utiliza un registro de eventos y produce un modelo sin utilizar nada de información a priori. Esta técnica suele ser la más utilizada. Hay poco conocimiento, pero muchas organizaciones se sorprenden y se enteran de que esta técnica es capaz de descubrir procesos propios reales basándose únicamente en comportamientos de ejemplos que se obtienen con los registros de eventos.

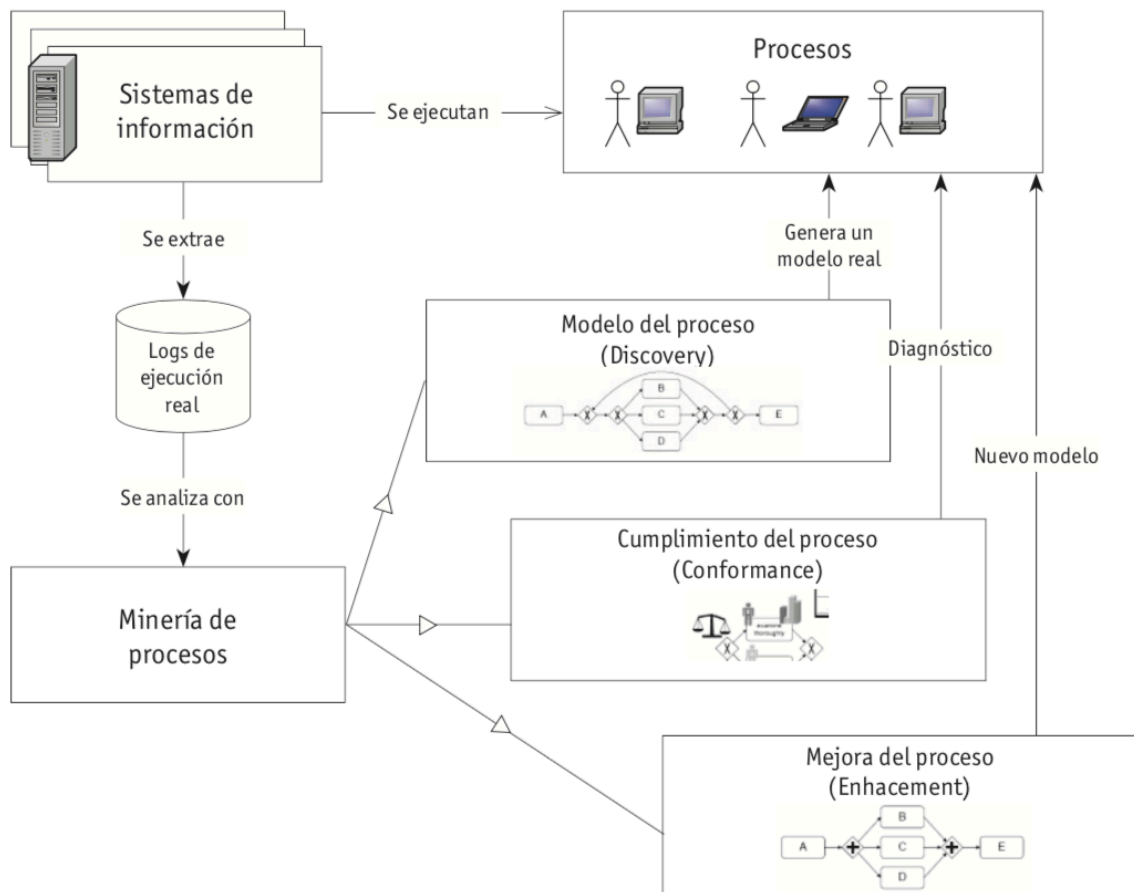
Un ejemplo de esta técnica puede ser una red social que muestra como trabajan las personas juntas en una organización.

ii) Cumplimiento: En este segundo tipo de Minería de Procesos lo que se hace es comparar un modelo de procesos existente con un registro de eventos del mismo proceso. Esto nos sirve para hacer una comprobación si la realidad reflejada en el registro de eventos se ajusta al modelo y viceversa. “Un ejemplo es la comprobación del llamado principio de los [four-eyes], que establece que determinadas actividades no deben de ser ejecutadas por una misma persona. Escaneando el registro de eventos mediante un modelo que especifica estos requisitos, se pueden descubrir posibles casos de fraude. Por lo tanto, la verificación de conformidad puede utilizarse para detectar, localizar y explicar las desviaciones, y para medir la gravedad de esas desviaciones” (W. van der Aalst, 2011)

iii) Mejora del proceso: Este último tipo de Minería de Procesos lo que se busca es ampliar o mejorar un modelo de procesos que ya existe haciendo uso de la información sobre el proceso real registrada en algún registro de eventos. A diferencia con el anterior que lo que hace es medir la alineación entre el modelo y la realidad, este tipo de Minería de Procesos tiene como objetivo el mejorar el modelo a-priori. Podemos encontrar dos enfoques que se le puede hacer a este tipo de Minería de Procesos: primer enfoque es la reparación que se refiere a la modificación del

modelo de proceso para que refleje de manera más precisa o correcta la realidad. Para aclarar podemos poner un simple ejemplo. Si en un modelo aparecen dos actividades que suceden de manera consecutiva una detrás de otra, pero en la realidad da igual el orden o se pueden hacer al mismo tiempo, entonces el modelo se puede arreglar para que refleje mejor la realidad. El segundo enfoque que encontramos es el de la extensión añadiendo una nueva perspectiva para el modelo de proceso relacionándolo de manera diferente con el registro de eventos. Por ejemplo, se puede ampliar un modelo de procesos si además de las unidades que se fabrican, nos fijamos también en datos relacionados con el rendimiento de los trabajadores.

**Figura 3.** Esquema de la Minería de Procesos y sus tres tipos.



**Fuente:** Aguirre Mayorga & Rincón García (2014)

Vemos en esta sección, los conceptos más relevantes para poder entender esta técnica de análisis, no se profundiza en las herramientas ni en las técnicas, pero esto nos sirve para tener una idea de lo que es la Minería de Procesos y su funcionamiento. Esto nos servirá para poder entender los siguientes capítulos. Para ultimar, en este capítulo mencionamos que la Minería de Procesos es una técnica de análisis que funciona a través de los registros de eventos y con diferentes herramientas crea modelos de procesos para poder mejorar la productividad y la eficiencia de estos. Hemos visto que tiene tres tipos, cada uno más complejo y profundo que nos descubre diferentes aspectos como son el descubrir un modelo de procesos, comparar un modelo con un proceso real y ver las posibles mejoras y la mejora de procesos que lo que hace es generar arreglos o un modelo de proceso nuevo y mejorado a través de los registros de eventos que se han recogido.

## **5. APLICACIONES DEL PROCESS MINING**

Una vez introducido el concepto para una mayor comprensión del trabajo vamos a hablar de los posibles usos y potenciales aplicaciones que se pueden realizar a través de la Minería de Procesos.

En todo el tema logístico y de producción manufacturera, los modelos de procesos ejercen un papel muy importante. Como consecuencia de la complejidad y los continuos cambios en los procesos, los modelos que existen se quedan obsoletos de manera muy inmediata y dejan de servir para la función que se les encomendó. La Minería de Procesos se incorpora en este ámbito logístico para ocuparse de manera más eficiente en los procesos logísticos que son más heterogéneos y para tener una técnica de creación de procesos automatizados. Igualmente, en el tema logístico, la Minería de Procesos se ha demostrado que es capaz de extraer el proceso logístico real, pero también se ha demostrado que se necesitan mejoras para poder tener una práctica más avanzada y regular como una gestión de fuentes de datos heterogéneas. (T. Becker, 2017)

Una vez explicado los tres tipos de Minería de Procesos, explicaré el papel de los modelos y sus limitaciones de modeling en esta ciencia de procesos. “Desde la revolución industrial, la productividad ha ido creciendo por el incremento de innovaciones tecnológicas, mejoras en la organización del trabajo, y el uso de la tecnología de la información. Adam Smith (1723-1790) nos mostró las ventajas de la división de trabajo. Frederick Taylor (1856-1915) introdujo los principios iniciales de la gestión científica. Henry Ford (1863-1947) introdujo la línea de producción en masa con sus “T-Ford”. Ya por los 1950, los ordenadores e infraestructuras de comunicación digital comenzaron a influir en los procesos de negocios. Esto dio lugar a cambios dramáticos en la organización de trabajo y nos permitió nuevas formas de hacer negocio.” (W. van der Aalst, 2011). Hoy en día, la innovación en informática y en comunicación siguen siendo los impulsores de los cambios en los procesos económicos. Es por eso por lo que, los procesos económicos cada vez son mas complejos y dependen en alta medida en los sistemas de información. Por lo tanto, los modelos de procesos han adquirido una gran importancia.

A través de la minería de procesos, las organizaciones le pueden dar diversos usos que satisfagan sus necesidades como, por ejemplo:

- La Minería de Procesos te permite descubrir el modelo de ejecución real del proceso. Esto se consigue a través de algoritmos que se aplican en los event logs (registro de eventos). Esta aplicación hace referencia al primer tipo de Minería de Procesos donde lo que se describe es una situación real y en la documentación no se comenta el como se debería ejecutar el proceso. (Rozinat, 2008)
- Sirve para poder ver si el proceso cumple el reglamento. Como en la Minería de Procesos se analiza un modelo real de un proceso, este se puede comparar con los procedimientos que están ya documentados para ver si se cumple y en que medida con protocolos, políticas y reglamento. Gracias a esto podemos mitigar los fraudes y detectar irregularidades. (Jans et al., 2011)
- Descubrir cuellos de botella. Se puede ejecutar un modelo de proceso para identificar las fases del proceso donde se pueda producir un cuello

de botella para actuar sobre ellos y mejorar el nivel de desempeño del proceso. (Aguirre et al., 2013)

- Se puede a través de técnicas de minería de datos como por ejemplo los arboles de decisión, predecir el tiempo de ejecución que le queda a un proceso específico. Como ejemplifica en su libro de Minería de procesos el autor Wil van der Aalst, se puede dar una respuesta satisfactoria al cliente que llame a un centro de atención telefónica para saber cuando va a estar procesada su solicitud de crédito en un banco.
- Mantener monitorizado el rendimiento de los trabajadores. Esto nos ahorra hacer de manera manual los estudios de tiempos de trabajo del personal. Se puede descubrir la productividad real y actual de los trabajadores que se encargan de procesos específicos y así, poder analizar el tiempo de ciclos de los procesos. (Aguirre et al, 2013)
- Decretar o establecer las relaciones que tienen las variables de el caso en cuestión. Hay técnicas dentro de la Minería de Procesos que sirven para clasificar y pueden determinar como las variables que hay en un caso estudiado, se relacionan entre ellas. Un ejemplo de esto puede ser la relación entre los médicos, los enfermeros, los que atienden en la recepción y los pacientes. Esto nos puede también ayudar a predecir y mejorar los tiempos de cada proceso. (Aguirre et al, 2013)

Se ha demostrado a lo largo de los últimos años y de manera muy clara que los procesos en las empresas u organizaciones cada vez se les da más importancia y es por ello por lo que aplicar recursos para poder mejorar los procesos es de alta conveniencia. Dentro del gran número de usos que se le puede dar a esta técnica en este capítulo hemos presentado los más importantes y de manera general, es decir, las aplicaciones más frecuentes. Entre estos usos encontramos el descubrir un modelo de proceso real para poder implementarlo en la organización, una manera de detectar irregularidades y fraudes para poder evitarlos de la mejor manera posible, detectar cuellos de botella que frenan los procesos productivos y te ayuda a arreglarlos para poder mejorar la eficiencia y, por último, predecir el tiempo que consume un proceso específico para poder mejorar la productividad y poder tener una mejor organización dentro de la empresa.

## 6. SITUACION HOSPITALARIA CON EL COVID-19

A lo largo de los últimos meses, nos ha tocado vivir una situación extrema y sin precedentes como ha sido esta pandemia del Covid-19. Ha sido una situación que ha venido muy rápido y se ha manejado de manera incorrecta desde el principio sin implementarse las medidas que se nos propusieron a través de la OMS cuando ellos eran la máxima autoridad ante tales circunstancias.

Hemos vivido una situación en la que, durante mucho más tiempo del deseado, el incremento de contagios y el incremento de fallecidos se estaba disparando sin poder ver un final claro o una proyección de la evolución de la pandemia.

España ha sido uno de los países más afectados o que peor han manejado la situación, hemos estado en el top del ranking en términos de contagios, fallecidos por 100.000 habitantes y también muy grave, personal sanitario infectado. Estos números han hecho que el sistema sanitario en España se haya visto desbordado de una manera extrema con UCIs multiplicando casi por cinco su capacidad máxima de pacientes para atender. Lo mismo ha pasado con todo el tema de materiales, los respiradores y protección para el personal sanitario y ayudantes en general. Por otro lado, el material necesario para conseguir una contención del virus de manera efectiva y de la mejor manera posible, tampoco ha sido el suficiente ni mucho menos y se ha repartido de manera absurda y de manera errónea. En el caso de haber hecho una gestión a la altura de la situación y el reparto de materiales y de recursos se hubiera hecho de una manera más conforme, hubiéramos podido evitar tales resultados tan graves.

Cuando nos encontramos sumergidos en una situación como esta, se tienen que adoptar las medidas más eficientes posibles y con eso me refiero tanto en tomar medidas de detención de la pandemia como en las medidas para el trato de los enfermos infectados. El sistema sanitario que está presente en España, está principalmente orientado para atender a los pacientes con patologías agudas para darles el alta y poder tratar después a los pacientes de mayor edad que tienen patologías crónicas. (Villalobos Hidalgo, J. 2020)

A parte de ser un sector que se ha visto perjudicado por la reducción de la inversión y de gasto público, uno de sus mayores defectos con el que hemos tenido algún que otro problema durante estos meses es que la red hospitalaria que funciona de manera diferente en las Comunidades Autónomas normalmente funciona al límite de sus capacidades como hemos visto en las UCIs y en la cantidad de pacientes a los que no se les ha podido atender. Este agujero de gestión se ha intentado tapar mediante el trabajo exhaustivo de los profesionales que una vez tras otra tienen situaciones de desbordamiento. El problema viene con una situación mucho más extrema a la que ni de cerca estábamos preparados para poderle frente. La enorme ola de pacientes que ha habido infectados por el COVID-19 y con el agravante de la alta cantidad de pacientes de riesgo por edad y por problemas respiratorios que provoca un incremento en los ingresos en las unidades de cuidados intensivos.

Esta situación nos tiene que servir a todos como una enseñanza muy dura e impactante, pero a su vez efectiva. Debemos aprender a cooperar, vivir y poder ayudar ante situaciones de tal calibre y de tal gravedad para que, si en el futuro nos vuelve a ocurrir, podamos amortiguar el impacto de una manera más fácil y correcta.

Una vez, esta situación consiga estabilizarse un poco, en España, la atención primaria hospitalaria se va a enfrentar a una sobrecarga brutal y mucho mayor de la que ya soporta, sumándole el cansancio del personal durante estos meses, la reducción de personal debido a la infección del virus o los que han sido trasladados a instalaciones montadas exclusivamente para la situación pandémica como han sido los hospitales de campaña.

La atención primaria hace referencia a ese ámbito de la medicina que abarca servicios según la necesidad y dan solución a la mayoría de los problemas sanitarios. Entre los servicios que se dan en la atención primaria me gustaría destacar la asistencia sanitaria a demanda, programada y urgente, atención a pacientes terminales, problemas mentales, etc...

La organización mundial de la salud (OMS) ha llevado a cabo una investigación donde nos exponen la cantidad de países y en que medida han interrumpido

gran parte de los servicios sanitarios de otras enfermedades para poder hacer frente a la alta demanda de atención a pacientes infectados con el virus del Covid-19. Los ejemplos que nos ponen son: 53% han interrumpido los tratamientos de hipertensión, el 49% los tratamientos de la diabetes, el 42% han cerrado cualquier ayuda a pacientes de cáncer y un 31% interrumpen el servicio para las emergencias cardiovasculares. En esta investigación han tenido en cuenta a más de 155 países y podemos ver que las enfermedades no transmisibles no es que hayan pasado a un segundo plano, sino que parece que han desaparecido directamente. Nos comunican que casi en todos los países (94%) los trabajadores del ministerio de sanidad han tenido que ser reasignados de forma parcial o total para poder apoyar la situación del COVID-19 (OMS, 1 junio 2020)

Según un estudio de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria, la avalancha de altas posterior al pico de la crisis del Covid-19 puede llevar a una sobrecarga que provoque un colapso de esta atención primaria. Esta atención primaria proporciona la mayor parte de la atención sanitaria que se presta a la población y ahora mismo es una de las razones fundamentales por las que se está evitando un desbordamiento extremo en las urgencias y en ingresos hospitalarios. “Si a ese dique, que ya está adelgazado y al límite, se le aumenta la presión y se desborda, todo el sistema sanitario se inundará con muchos más pacientes de los que se puede atender.

Si la primaria colapsa, el sistema colapsa, y los daños en la salud de la población pueden ser de una magnitud sin precedentes en tiempos recientes.” (Palacio Lapuente. J, 2020)

Partimos de la base, como he dicho anteriormente que esta pandemia, pese a que no es la primera infección grave que hemos tenido en el país tiene cualidades únicas como la gran velocidad de transmisión, alto ratio entre fallecimientos por infectados, la gran concentración de personas en zonas urbanas con grandes metrópolis de millones de habitantes y por último las facilidades de movimiento de personas han ayudado a que este virus tenga importantes consecuencias.



Al ver este impacto del virus en temas económicos y sanitarios a nivel global podemos ponernos a analizar que tipo de cosas o que medidas se pueden tomar en un futuro si tenemos la desgracia de tener que vivir una situación parecida. Es por ello, que después de entender un poco más la técnica de la Minería de Procesos podemos pensar que esta técnica puede venir muy bien y ser de alta conveniencia para poder ayudar en un futuro en un sector que nos ha demostrado en los últimos meses de su gran importancia para una sociedad, una nación y para el mundo entero.

A lo largo de los últimos meses hemos podido ver de manera muy directa y cercana la importancia que es tener un buen sistema sanitario y hospitalario. Es por ello por lo que es muy importante dedicar tiempo y recursos a este sector para poder mejorarlo, poder evitar errores que se han realizado y ayudar en caso de que se de una situación parecida. Este capítulo se menciona muchos de los problemas que han salido a la luz y a través de la Minería de Procesos se pueden mejorar.

## **7. MINERIA DE PROCESOS APLICADOS AL SISTEMA SANITARIO Y HOSPITALARIO.**

Después de haber estudiado la técnica de la Minería de Procesos, sus usos, limitaciones y conceptos primarios vamos a plantear su implantación en el sector sanitario y en concreto el uso que se le puede dar en los hospitales después de haber vivido la situación que se nos ha echado encima en unos pocos meses.

El número de procesos cuyos registros de eventos se están recogiendo y almacenando para su uso, esta creciendo de manera muy considerable. Como ya sabemos, la Minería de Procesos es una técnica que nos da un enfoque de mucha expectativa sobre la utilización de estos registros de eventos y transformarlos en conocimientos sobre procesos de mucho valor para la mejora y el desarrollo.

Lo que es característico de la Minería de Procesos es que tiene un papel relevante a la hora de relacionar o enlazar el análisis de procesos tradicional que se basa únicamente en modelos como pueden ser las simulaciones y las

técnicas de análisis de datos como puede ser la técnica de la minería de datos. (Ghasemi, M. Amyot, D. 2016)

A través de la lectura académica he podido ver que el sector sanitario es uno de los sectores que más se puede beneficiar de esta ciencia y en el que más impacto puede tener para facilitar y mejorar el sistema actual.

La Minería de Procesos puede ayudar a ser más eficientes y a llevar un orden para que la atención al paciente y la gestión de los hospitales sea la más favorable posible para ambas partes, los trabajadores y los pacientes.

La Minería de Procesos puede aplicarse sobre datos del sistema sanitario para poder identificar los procesos que se llevan a cabo y poder obtener conocimientos significativos sobre las complejas relaciones que hay entre las actividades que se realizan en un hospital y los recursos que intervienen en los procesos (D. Antonelli & G. Bruno, 2015). Un ejemplo que he visto en los textos académicos ha sido el uso de la Minería de Procesos en un servicio de emergencia en Portugal para identificar el comportamiento habitual, variantes de procesos y los casos médicos excepcionales para su posterior estudio.

En relativamente poco tiempo, la Minería de Procesos ha demostrado su capacidad para proporcionar un conocimiento profundo sobre los problemas que pueden surgir de los procesos. Especialmente en el sector sanitario esta ciencia se ha implementado con el fin de poder mejorar los procesos de cuidado de pacientes.

Junto con otras técnicas relacionadas como la minería de datos, esta ciencia se puede desarrollar para poder identificar mejor y tener la opción de rastrear los estados de las enfermedades crónicas de sus pacientes de alto riesgo, nos permite poder diseñar las intervenciones apropiadas que se deban realizar y también reducir el número de pacientes que ingresan en la UCI y de las reclamaciones que se hacen a los hospitales.

El sector sanitario, con los avances y el desarrollo de nuevos fármacos, nuevas técnicas, nueva tecnología y materiales, se ha visto forzado a un incremento del gasto ya sea por parte de los hospitales privados o por el estado para la sanidad

pública. Según un estudio del Banco Mundial de 2015, el gasto en sanidad de media ronda el 10% del PIB de los países de todo el mundo. Se ha podido ver en los últimos años el incremento de demanda de cuidados de alta calidad buscando el menor coste debido al envejecimiento de la población. Es por ello por lo que los que suministran los cuidados se han visto motivados a utilizar sus datos y potenciar los sistemas informáticos de almacenaje de datos para así poder mejorar la calidad de sus servicios, mejorar el rendimiento y la eficiencia de sus procesos de atención al paciente y, además, poder reducir costes ya que se aumenta por otros lados. Aquí es donde entra en juego la Minería de Procesos ya que sirve para dar un enfoque nuevo que ayuda y apoya el análisis y el mejor entendimiento de los procesos que tienen o que se quieren incorporar. (Ghasemi, M. Amyot, D. 2016).

Además, ya que cada vez se requiere un servicio sanitario de mayor calidad y esto exige a los servicios de atención al paciente y servicios sanitarios una financiación mayor, el control de los costes y del gasto público en este sector se ha convertido en un tema de mucha importancia en el ámbito político y social. Son numerosos los factores que hacen que el gasto en este sector se vea incrementado como ya he mencionado antes, por lo que la intención es centrarse en el diseño y en la ejecución de los procesos de la atención a la salud. Gracias a los avances informáticos, estos procesos implican tanto tareas clínicas como tareas administrativas, la posibilidad de utilizar grandes volúmenes de datos y mucho personal sanitario y pacientes. Con la Minería de Procesos se puede abarcar los dos objetivos principales que hay hoy en día tanto en prestar servicios de atención y sanidad de más calidad y a la vez poder reducir costes y enfocar los recursos económicos en otros temas más importantes como el desarrollo de la ciencia y de los fármacos.

La sanidad al ser un sector altamente orientado a las personas, al conocimiento, al estudio y al descubrimiento, los procesos que se emplean y su gestión tienen un gran impacto directo sobre la calidad de sus servicios y los costes que acarrearán.

La naturaleza compleja, variable, dinámica y multidisciplinar de la atención sanitaria hace que la gestión de los procesos en este ámbito sea una tarea difícil

que se debe abordar únicamente con las herramientas y técnicas adecuadas para que merezca la pena su uso y se pueda potenciar al máximo. La Minería de Procesos como disciplina relativamente joven para la gestión de procesos empresariales, se ha hecho cada vez mas popular en la última década y se ha aplicado a muchos sectores como en las fábricas, cadenas de suministros, gobiernos, ingenierías de software y por supuesto en la atención sanitaria.

(Gurgen Erdogan, T. Tarhan, A. 2018).

## 7.1 Usos en el Sector Sanitario

Hemos visto que la Minería de Procesos puede ser muy conveniente para el sistema sanitario, a continuación, voy a exponer diversos usos muy claros y que se están usando hoy en día:

- Mejorar la eficacia de los tratamientos: esta técnica nos ayuda a evaluar los tratamientos médicos ya que podemos comparar, contrastar las diferentes causas de enfermedades, síntomas, y el transcurso de los tratamientos en los pacientes. La Minería de Datos nos ofrece un análisis de la evolución y de que tratamientos resultan mas efectivos para poder centrarse más en ellos. De la misma manera, la Minería de Procesos puede servir para utilizar los datos extraídos y poder identificar tratamientos que sean satisfactorios para ciertas enfermedades específicas que se de en grandes cantidades como por ejemplo el virus del COVID-19 (H. Chye Kob, 2011)
- Otra de las medidas de mejora es la posibilidad de elaborar unos perfiles clínicos de los médicos para darles información sobre su rendimiento y sobre su forma de trabajo para poder compararlas en el tiempo e incluso poder compararlas con los perfiles de otros médicos de la misma rama de la medicina.
- Además de poder ver la evolución o efectividad de los tratamientos que se adjudican a ciertas enfermedades, también nos puede mostrar la asociación de los tratamientos con diversos efectos secundarios, se puede cotejar los síntomas comunes y permite el diagnostico para poder determinar los compuestos de los fármacos mas eficaces para aquellas

personas específicas que sufren síntomas diferentes a los comunes de la población general.

- Gestión de la atención a la salud: la Minería de Datos se puede utilizar para el control de las infecciones hospitalarias o como un sistema automatizado de alerta temprana sobre situaciones epidémicas o pandémicas. Este uso sin duda hubiera sido de gran ayuda para el sistema sanitario mundial y en especial al sistema hospitalario español ya que hemos sido uno de los países con mayor número de profesionales infectados como ya he mencionado antes. (Tam, G. 2011)
- Este uso de prevención de epidemias se denomina sistema sindrómico. Un diagnóstico sindrómico es una nueva alternativa que, a través de una prueba única, permite detectar enfermedades infecciosas. Se usa una sola prueba para todas las personas sospechosos y genera un diagnóstico rápido. Esto nos lleva a un método que es más eficiente y eficaz que un método tradicional basado en ver a cada paciente y realizar un diagnóstico.

## 7.2 Usos específicos frente a situaciones similares al Covid-19

A parte de estos usos generales que se pueden impartir en hospitales, hay diversas facultades de las que se puede hacer uso en caso de que tengamos que vivir una situación pandémica parecida y con el fin de ser más eficientes y conseguir que no lleguemos al desbordamiento y al colapso del sistema sanitario y hospitalario. A continuación, expongo algunos de los casos en los que se puede utilizar la Minería de Procesos frente a virus como el Covid-19:

- Mejor control de flujo de personas: nos puede servir para dejar registrado el movimiento de pacientes y con ello saber en que áreas o que hospitales tienen más demanda y centrar recursos en esos que sufran de desbordamiento sanitario.
- Trato de pacientes infectados y recuperados: en esta pandemia ha sido muy importante el manejo de aquellos pacientes que han sufrido el virus

pero que han conseguido superarlo ya que originan anticuerpos y su situación es diferente a la de los no infectados.

- Coordinación entre hospitales: en el caso de que se junte la administración hospitalaria en las Comunidades Autónomas, se puede generar un modelo de procesos que nos permita coordinar los hospitales para poder manejar mejor los que tienen alto nivel de pacientes frente a los que todavía disponen de huecos para nuevos pacientes.
- Distribución de recursos: a través de la recopilación de eventos se puede predecir que hospitales van a tener que atender a mas pacientes o cuales van a necesitar mas profesionales para poder dirigir mas recursos de prevención de infección para los médicos y así conseguimos reducir el ratio de médicos infectados. Por ejemplo, el Gregorio Marañón.
- Registro de altas medicas: Un buen uso que se le puede dar a la Minería de Procesos es crear un modelo que nos muestre en que lugares se han dado el mayor número de altas y de recuperaciones para poder ver las medidas que se han tomado y que sirva de ejemplo para otros hospitales y otras zonas.
- Seguimiento de pacientes críticos o vulnerables: Este uso se le puede dar antes y después de una situación pandémica ya que, si se mantiene un registro de pacientes vulnerables, a la hora de la infección pueden ser tratados con mayor urgencia o centrarse mas en ellos. También, posterior a una pandemia, aquellos pacientes críticos que hayan superado el virus se le puede hacer un seguimiento en caso de recaída o secuelas.

A pesar del importante aumento en desarrollos específicos en este tipo de tecnología, incluido la Minería de Procesos, como hemos visto a lo largo del trabajo para entornos digitalizados y con sistemas informáticos que permiten la recogida de datos, todavía no se han desarrollado muchas soluciones que sean capaces de adaptarse a entornos hospitalarios distintos a aquellos para los que fueron desarrollados y programados.

Una de las labores del futuro cercano será centrarse en la aplicación de sistemas de información hospitalarios que se centren también en los procesos mas que solo en los datos o eventos y que se les aplique la capacidad de análisis de datos y aplicar de manera correcta la Minería de Procesos.

Como mencionaré en la parte de desafíos sobre esta técnica, uno de los principales aspectos negativos de la Minería de Procesos es la ausencia de una buena visualización de los modelos de procesos que se descubren o los que se quieren implantar en un hospital y los resultados obtenidos de los procesos estudiados. Este problema se agrava en procesos complejos y menos estructurados como son los que se encuentran en el ámbito de la atención a la salud. Es necesario mejorar las técnicas de visualización y en análisis visual para poder facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

El sector sanitario tiene una gran importancia para un país y se le dedica un porcentaje notable de recursos para su desarrollo. Con la digitalización y el intento de prestar mejores servicios sin aumentar el gasto e incluso intentando rebajarlo, la Minería de Procesos es de una gran utilidad para este sector. Además, hemos visto a través de la pandemia que el sector requiere cambios y de manera urgente para poder solventar mejor una situación similar.

La Minería de Procesos tiene un potencial muy grande con este sector y se le puede dar muchos usos que nos permita mejorar servicios y a la vez destinar recursos a otros ámbitos de la medicina como el desarrollo de fármacos o la lucha contra enfermedades.

De los principales usos que se le puede dar a esta técnica en el sector sanitario destacamos la mejora de la eficacia de tratamientos, crear perfiles clínicos a los médicos, gestión de pacientes y prevención de enfermedades infecciosas. Por otro lado, también se le puede dar un enfoque mas específico señalando las aplicaciones que tiene esta técnica dadas las circunstancias que hemos pasado en el segundo cuarto de 2020 se exponen varios ejemplos como mejorar el flujo de personas para evitar la expansión de la enfermedad infecciosa, mayor coordinación entre los hospitales de una Comunidad Autónoma o de diferentes o la distribución de recursos dependiendo de las necesidades.

## 8. LIMITACIONES Y DESAFIOS DE LA MINERÍA DE PROCESOS

La minería de procesos como ya hemos explicado anteriormente es un instrumento para las organizaciones modernas que necesitan gestionar procesos operacionales que no son triviales, es decir, con una estructura que no es muy simple a primera vista. Hemos visto que, por un lado, hay un crecimiento positivo ahora mismo y las proyecciones son de aún más crecimiento de los datos de eventos y de la informatización de procesos. Por el otro lado, los procesos y la información son muy importantes que estén bien alineados para que puedan servir y que estén en consonancia con el reglamento, eficiencia, servicio al cliente, etc. Pese a que la Minería de Procesos tiene numerosas aplicaciones y usos, todavía la técnica afronta importantes desafíos que se deben de tener en cuenta y abordarlos de manera que ya no sean un problema para su desarrollo y evolución (W. Van der Aalst, 2012). Muchos de estos desafíos existen claramente y nos muestran que es por que esta técnica es de carácter novedoso y una disciplina emergente y todavía le queda un recorrido para llegar a una madurez estable.

A continuación, voy a plantear varios desafíos que presenta esta ciencia, los cuales deben de ser abordados para que sea una técnica fiable y útil:

1. Recoger, fusionar y limpiar los datos de eventos: a la hora de la extracción de la información, diversos asuntos son los que hay que tener en cuenta para que la información sea la más conveniente. La información que necesitamos puede estar distribuida en muchas fuentes y esta debe de ser juntada. Por ejemplo, una fuente puede identificar a una persona por su nombre y otra fuente por su número de la seguridad social. En la información, puede haber valores atípicos a los que se le llama “ruido” y se tiene que saber de donde vienen y como encontrarlos para que la información sea lo mas limpia posible. La información del evento puede estar incompleta en el sentido que falte un valor de alguna de las variables, eso tiene una fácil solución tal que se puede poner manualmente, pero requerirá mucho tiempo y una persona encargada para ello. Los registros pueden contener eventos en diferentes grados de granularidad. Por ejemplo, para un hospital, un mismo registro de eventos



puede tener simples pruebas de sangre o información muy compleja y sensible sobre una actuación quirúrgica.

2. Tratar con registros de eventos complejos que tienen diferentes características: Algunos registros de eventos pueden ser demasiado grandes que provocan que el manejo de estos sea complicado, mientras que otros pueden ser tan pequeños que la información que proporciona no es suficiente y no nos lleva a ninguna conclusión fiable. Ya que los registros de eventos solo contienen sucesos que ya han pasado, es decir, comportamiento, no podemos asumir que la muestra esta completa. En la técnica de Minería de Procesos, se tiene en cuenta esa parte incompleta y con eso nos muestra que algo que no haya sucedido no significa que no pueda suceder y entra dentro de la categoría de suposición. Esto genera un reto para los registros de eventos pequeños que tienen mucha variabilidad.
3. Existencia de *benchmarks* representativos: debido a la novedad de esta técnica como ya sabemos, le faltan una serie de puntos de referencia representativos. Hay muchos derivados de la Minería de Procesos que no tienen un consenso claro sobre la funcionalidad, calidad ni de su efectividad al 100%. En técnicas mucho más antiguas de minería de datos, hay puntos de referencia mas claros y accesibles que promueven la innovación y el desarrollo de nuevas técnicas que ayudan a mejorar el rendimiento de estas. Por un lado, se necesitan más *benchmarks*, y por el otro lado se necesita mayor consenso en el criterio para poder juzgar la calidad de los resultados de la Minería de Procesos.
4. Concepto de Deriva o Drift: Este concepto se refiere al dinamismo que puede existir en los procesos en el momento del análisis. Un claro ejemplo que nos muestra libro de Wil van der Aalst es que, al comienzo de un registro de eventos, dos actividades pueden suceder una detrás de otra mientras que más adelante en el registro, esas dos actividades pueden suceder de manera secuencial. Estos cambios en el proceso se pueden dar debido a cambios periódicos o estacionales. Ej. En diciembre puede

haber más demanda. Los viernes por la tarde se tienen menos trabajadores activos.

5. Equilibrio entre los 4 criterios de la calidad: Que la información este incompleta o el ruido hace referencia a la calidad de los registros de eventos, pero no se centra en la calidad del modelo de procesos que se descubre a través de la Minería de Procesos. De inicio, determinar la calidad de un resultado de la Minería de Procesos es difícil y es por ello por lo que vamos a comentar las cuatro dimensiones de la calidad (no vamos a cuantificarlas, pero se podría). Estas cuatro dimensiones o criterios son: Aptitud, simplicidad, precisión y generalización (Fitness, simplicity, precision & generalization).
  - a. Un modelo con buena aptitud permite que el comportamiento de los eventos se vea en el registro y un modelo tiene una aptitud plena si todas las partes del registro se pueden reproducir por el modelo desde el principio hasta el final.
  - b. El modelo más simple de todos es aquel que explica el comportamiento procedente del registro de eventos, y este, es el mejor modelo. Este principio se le ha llamado “Occam’s Razor”.

Hay un modelo específico conocido bajo el nombre de “Flower Model”<sup>1</sup>. Este modelo es un modelo muy fácil de realizar y es un tipo de Petri Net<sup>2</sup>. Es capaz de reproducir todas las partes del registro de principio a fin y cualquier registro que se refiera al mismo tipo de actividades. Como hemos mencionado antes, no queremos un modelo que solo nos muestre el comportamiento exacto que ha sucedido en el registro de eventos. Recordemos que los registros solo tienen la información que ha sucedido y no de lo que pueda suceder ya que no se tiene registro de ello. Es por ello por lo que este modelo de la flor le falta mucha precisión y un modelo de alta calidad no puede solo tener buena aptitud y mucha simpleza si no que requiere los otros dos criterios de calidad.

---

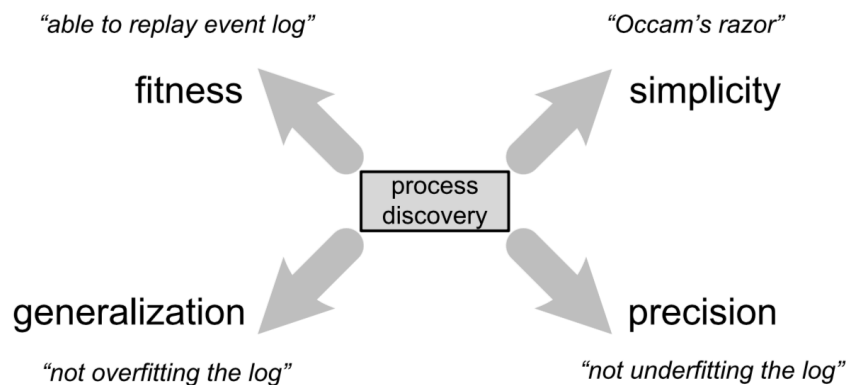
<sup>1</sup> Representación en el Anexo I

<sup>2</sup> \*Representación matemática o grafica de un sistema de eventos que se usa a la hora de modelar procesos.

- c. Cuando un modelo le falta precisión decimos que esta infra-equipado. Con esta dimensión de calidad, lo que queremos decir es que el modelo generaliza en exceso el comportamiento del ejemplo en el registro llevando a que se permiten comportamientos muy diferentes de lo que se ha visto en el registro. Un modelo debe generalizar y no restringir el comportamiento a solo los ejemplos vistos en el registro.
- d. Un modelo que no generaliza es lo contrario a lo anterior, sobre-equipado. Esto es el problema de que un modelo muy específico se genera mientras que es obvio que el registro solo tiene en cuenta el comportamiento del ejemplo. Es decir, el modelo solo explica la muestra cogida en particular y en caso de que se le presente otro registro de eventos del mismo proceso, puede producir un modelo completamente diferente.

Encontrar el equilibrio entre estas cuatro dimensiones de la calidad es un desafío al que se enfrenta esta técnica de la Minería de Procesos. Para poder tener un mejor balance entre estos cuatro criterios se tiene que mejorar los algoritmos que se utilizan en la Minería de Procesos. Además, los parámetros que se utilicen tienen que ser comprensibles para aquellos usuarios que vayan a beneficiarse de los resultados o del modelo de procesos.

**Figura 4:** Las cuatro dimensiones de la calidad.



**Fuente:** Process Mining Manifesto (2011)

6. Combinar la minería de procesos con otros tipos de análisis: La gestión de operaciones, es una rama de la gestión y es muy dependiente de los modelos. La minería de datos como ya sabemos es el análisis de conjuntos de datos, generalmente grandes, para encontrar relaciones que no se ven claras y combinar los datos de maneras que nos sean comprensibles y útiles. Ambos campos, la minería de datos y la gestión de operaciones, nos proporcionan diversas y valiosas técnicas de análisis. Aquí es donde está el principal desafío, combinar las técnicas que nos dan estos campos con la Minería de Procesos. El ejemplo que nos muestra Wil van der Aalst es: supongamos una simulación la Minería de Procesos nos puede servir para aprender un modelo de simulación basado en datos históricos. Ese modelo de simulación se puede utilizar para apoyar todo el tema relacionado con la gestión de operaciones. Puesto a que hay una estrecha relación entre el registro de eventos y el modelo, este se puede utilizar para reproducir la historia y para crear simulaciones basadas en la situación actual como si fuese una situación hipotética futura con los datos del momento.

Además, nos beneficia combinar la Minería de Procesos con el análisis visual. Este análisis visual es la técnica que explota las capacidades humanas para ver patrones en datos que no tienen una estructura a priori. Al combinar las técnicas de Minería de Procesos con la analítica visual, podemos extraer aún más información de los datos y de los registros de eventos.

7. Mejorar el uso y la comprensión para las personas no especializadas:

- a. Como hemos podido ver por el desarrollo anterior, la Minería de Procesos tiene como uno de sus principales objetivos el crear modelos de procesos vivos y dinámicos, es decir, modelos que se puedan utilizar diariamente y no modelos estáticos que acaban en un cajón sin ser utilizados. Como he mencionado previamente, la conexión que tienen los datos de los eventos y los modelos de procesos nos permite proyectar el estado actual del proceso y las actividades recientes. Es por ello por lo que los usuarios finales

pueden interactuar con los resultados de esta actuación de la Minería de Procesos en el día a día. Estas interacciones del usuario con los resultados son de un valor muy alto, pero requiere que tenga unas interfaces que sean intuitivas y manejables por los usuarios y no solo por los que desarrollan las técnicas. Aquí reside el gran reto de no simplificar sino de ocultar los complicados algoritmos que permitan un uso más fácil.

- b. La minería de procesos genera muchos resultados, pero eso no quiere decir que todos sean útiles ya que, si el usuario tiene problemas de entendimiento, no sirve de mucho y puede llevar a conclusiones precipitadas o incorrectas. Para poder evitar este problema, los resultados deben de presentarse con la adecuada representación ya que, dependiendo de la intención o utilización de los resultados, se pueden representar de una manera u otra. Hay ocasiones en las que los datos son pocos y no lleguen a ser del todo correctos al sacar las conclusiones. El problema al que se enfrenta la Minería de Procesos es que las técnicas que se emplean para descubrir los procesos no comunican o advierten sobre el nivel de aptitud (Fitness). Siempre se muestra un modelo, incluso cuando, como he mencionado antes, el descubrimiento se ha hecho con escasos datos como para poder justificar una conclusión fiable.

Estos son solo algunos de los desafíos que afronta esta técnica de análisis y con el tiempo y su evolución, pueden surgir nuevos desafíos que no se han mencionado en la lista anterior. Conforme esta ciencia vaya desarrollándose y vaya innovando en su manera de funcionar y de presentar resultados, nuevos desafíos van a ir surgiendo. (W. van der Aalst et al., Process Mining Manifesto, 2012)

Debido a la juventud y el carácter novedoso que tiene esta técnica, la Minería de Procesos tiene alguna limitación y se enfrenta a una serie de desafíos que se irán eliminando e irán evolucionando. Desafíos como, por ejemplo, la mejora de la comprensión y el uso de esta técnica para usuarios y profesionales que no se

dediquen a esta materia. Personalmente opino que mejorar la visualización es muy importante para su crecimiento y para su mayor uso en los diferentes sectores. También, desafíos como la correcta recogida de datos y depuraciones de los ruidos que perjudican a los resultados y el concepto de deriva para poder adaptarse mejor y ser una técnica más dinámica. Además, a la hora de su uso y funcionamiento, presenta alguna limitación como, por ejemplo, la complejidad de los registros de eventos y los modelos de procesos complejos, falta de información histórica y falta de puntos de referencia que nos dejen ver la calidad de la técnica con claridad.

## 9. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al comienzo de este trabajo había planteado unos objetivos a los que iba a responder a lo largo del mismo. Estos objetivos son cuatro:

- 1) Entender la Minería de Procesos y contexto.
- 2) Aplicaciones de la Minería de Procesos.
- 3) La Minería de Procesos enfocada al sector sanitario posterior a la pandemia del Covid-19.
- 4) Limitaciones y desafíos de la Minería de Procesos.

Este trabajo ha sido un estudio de carácter exploratorio y para dar respuesta a estos objetivos me he basado principalmente en lecturas académicas y lecturas divulgativas. Y a través de esa lectura y recopilación de información, voy a presentar los resultados a los que he llegado en base a los objetivos que se han expuesto al comienzo del trabajo y que reitero en este apartado.

### 9.1 Resultados

Lo que ha quedado claro con este trabajo y los resultados que obtenemos son los siguientes:

Lo primero de todo sabemos que esta técnica de análisis y de gestión de procesos se ha desarrollado recientemente lo cual nos lleva a algunos problemas

iniciales que deben de ser resueltos, pero también nos muestra un largo camino de desarrollo y evolución de esta para poder mejorar y poder darle más usos y beneficios.

Es una técnica que deriva de una combinación de varias parecidas y que nos demuestra un gran número de usos que se le puede dar y diversas razones por las que merece la pena implementarla y poder utilizarla de manera más amplia y con mayor alcance.

Son muchos los sectores que se pueden beneficiar y algunos que ya están beneficiándose de su uso, principalmente en ámbitos logísticos. En este trabajo hemos hecho énfasis en el sector sanitario y hospitalario en relación con la situación de la pandemia del virus COVID-19. Vemos muchas de las cuestiones que se pueden mejorar en el caso de volver a vivir una situación parecida y vemos también varias ventajas que nos aporta la Minería de Procesos en relación únicamente al manejo de una pandemia. Además, un resultado muy valioso que sacamos de este trabajo es una lista de diferentes limitaciones o desafíos a los que se enfrenta esta técnica. Son diversos desafíos que deben de ser abordados y que con el desarrollo y evolución de la Minería de Procesos se irán resolviendo. Igualmente, con esta evolución, van a surgir nuevos desafíos que nos generen otros aspectos en los que enfocarnos para poder resolverlos.

## 9.2 Conclusiones

La Minería de Procesos es una disciplina que nos aporta una diversidad de técnicas, herramientas y algoritmos que nos permite a través de los registros de eventos y de la información almacenada crear modelos de procesos. Esto permite a las organizaciones analizar sus procesos a través de esa información. En la Minería de Procesos hay tres tipos que nos permiten descubrir nuevos modelos, comparar modelos nuevos con los actuales y también mejorar de manera sustancial los procesos.

La Minería de Procesos ha demostrado un gran número de aplicaciones y usos para las organizaciones con el fin de mejorar y monitorizar los procesos y poder encontrar ineficiencias y problemas que se puedan resolver. Esta técnica lo mismo te puede relacionar las variables de un proceso como encontrar en que

fase del proceso podemos encontrar un cuello de botella y te plantea un modelo de proceso que te soluciona esos problemas. Su uso esta en crecimiento en cuanto se le van descubriendo utilidades y se va dando a conocer como una técnica más de análisis de datos que aporta mejoras de calidad de servicio y consigue poder reducir el gasto.

Durante los últimos meses hemos vivido una situación de lo más sorprendente cuando nos hemos visto volcados en una pandemia global y ha causado uno de los mayores desbordamientos sanitarios de la historia de nuestro país. Esto nos ha dado a entender la importancia del sector sanitario y nos ha hecho ver que, a pesar de que se le destine aproximadamente un 10% del PIB nacional, debemos invertir mucho en el sector y no dejarlo de lado. Con el incremento de demanda de servicios de calidad y el deseo de reducir su coste, la Minería de Procesos es una técnica que encaja a la perfección con este sector y es por ello por lo que debería aplicarse de manera mas generalizada para poder sacarle todo el provecho posible.

Vemos que la Minería de Procesos tiene usos muy convenientes en el sector sanitario y hacemos un enfoque a los usos que se le puede dar en caso de que nos vulva a suceder una situación parecida y así poder obtener un resultado mucho mejor y no tener que hacer grandes inversiones de dinero que no consiguen grandes cambios o grandes aportaciones para arreglar el problema.

Por ultimo, comentar que el carácter novedoso de esta técnica de apenas 50 años de historia provoca que tenga muchas limitaciones y diversos desafíos a los que tiene que hacer frente en un futuro para que pueda seguir evolucionando y desarrollándose esta técnica con tantas propiedades. A pesar de ello, esto es parecido a la fabula de la liebre y la tortuga, esta técnica se ha desarrollado más tarde que muchas otras pero sin duda, tiene mucho recorrido por delante y va a un ritmo creciente muy positivo.



### 9.3 Valoración personal

Por lo que he podido leer en estos últimos meses sobre el tema de la Minería de Procesos, voy a dar una opinión sobre este tema y sobre la visión que tengo de su proyección futura, usos, consejos, etc.

Esta visión personal la hago bajo un conocimiento limitado al que he podido acceder a través de lecturas principalmente de artículos académicos que han escrito profesionales. Mi visión es la de un estudiante de último año de ADE y no uno que se ha especializado en *Computer Science* ni nada relacionado.

Lo primero de todo, opino que es una ciencia que surge a través de la evolución y combinación de otras y surge debido a la necesidad que ha aflorado por la mejora de procesos ya que se ha demostrado que, mejorando los procesos, se puede conseguir grandes avances tanto en mejoras administrativas como facilitar y reducir costes a la vez que se pueden descubrir cosas nuevas que sin esa técnica no se hubiera podido conseguir.

Para mí esta técnica tiene un potencial enorme por diversas razones. La más importante es que es muy joven y desde el principio demuestra sus beneficios y le queda mucho recorrido por delante en cuanto se empiece a relacionar de manera más sistemática con otras técnicas más antiguas y en cuanto se sigan descubriendo facetas de esta técnica que ayudara a su desarrollo y su mayor implantación en la sociedad moderna, ya sea en el ámbito privado o en el ámbito público. Relacionado con lo anterior, creo que esta técnica puede llegar a venir muy bien para poder conectar mejor esas dos partes a través de compartir datos y poder combinar ventajas de los dos ámbitos.

Añadido a lo anterior, está claro que el camino al que nos dirigimos la raza humana como sociedad es a una mayor digitalización y mayor uso de datos, tal y como hago mención en la introducción, el uso de datos tiene un crecimiento exponencial y no parece tener límite. Tal y como podemos ver con las mayores empresas del mundo, la mayoría son tecnológicas y se ve una clara tendencia de la importancia de los datos ya que, en algunas ocasiones, ahí es donde reside

el verdadero valor de una compañía y tiene usos políticos, sociales, económicos que nos guían hacia como enfocar las acciones.

Por último, enfocado en el sector sanitario, pienso que es un sector de una importancia altísima ya que es indispensable para que un país prospere y evolucione. También lo hemos podido ver a lo largo de estos últimos meses donde nuestro sector sanitario en la teoría parecía uno de los mejores del mundo, pero en la práctica hemos podido ver que no correspondía y esto se debe a los recortes a la poca atención que se le deposita en términos de inversión para la mejora y el desarrollo. Si algo se puede decir que funciona bien en el sector sanitario español son los profesionales. Es por ello por lo que opino que una mayor implementación de técnicas como la Minería de Procesos es indispensable para que podamos tener esta innovación y prosperidad de la que hablo y de la que tanto se necesita.

A lo largo del trabajo que presento, se puede ver, por un lado, los usos que se le pueden dar a esta técnica y por otro lado menciono los beneficios que nos aporta específicamente para este sector.

También es verdad que igual que digo que tiene un potencial enorme y que va a crecer mucho por la tendencia que tenemos hoy en día, opino que, en este camino de evolución, hay diversas cosas que se tienen que corregir. Para mí, la mejora más importante que le veo a esta técnica es poder simplificar el uso y el entendimiento para que su uso se masifique y que los usuarios que no somos especializados o expertos podamos entenderlo mejor y que se pueda usar a niveles más particulares y no solo en grandes corporaciones o a nivel gubernamental.

#### 9.4 Aportaciones para el mundo académico

Este trabajo es una recopilación de información sacada de la literatura académica principalmente y se compone de un pequeño estudio de la Minería de Procesos y su funcionamiento, posteriormente se comenta de que manera esta técnica puede servir para la evolución empresarial y de los usos que se le puede dar para poder sacarle el mayor provecho posible. La aportación principal

con la que contribuye este trabajo es la identificación y de manera segmentada de los usos de la técnica de la Minería de Procesos, primero hablando en términos mas genéricos, luego especificando en el sector sanitario y por último, haciendo referencia a una situación parecida a la que se ha vivido con el virus del Covid-19. Esto aporta para líneas de investigación futuras un enfoque reciente sobre como nos puede ayudar esta técnica y además enfocado a un nivel de enfermedad infecciosa tan alto como una pandemia.

### 9.5 Aportaciones al mundo empresarial y a la sociedad

A pesar ser un trabajo que tiene mucho interés por el sector sanitario, se puede aplicar de manera muy conveniente al sector empresarial ya que esta técnica es muy útil para una empresa o una organización. Es de gran utilidad debido a que la Minería de Procesos como hemos mencionado anteriormente, ayuda mucho a la mejora de la productividad, la eficiencia y la organización de una empresa y además ayuda a poder reducir costes o al menos a contenerlos consiguiendo un mayor provecho económico.

Por supuesto la aportación que proporciona este trabajo es poder ver la unión de esta técnica con un sector publico o privado de alta importancia para la mejora y el desarrollo de la sociedad de un país como el nuestro.

### 9.6 Limitaciones del trabajo

También a través de este trabajo que ha intentado dar respuesta a los objetivos en forma de resultados, podemos encontrarle unas limitaciones para el estudio de futuras líneas de investigación y para saber los usos que se le puede dar al trabajo y de que manera se le puede completar la información.

Las limitaciones del trabajo son las siguientes:

- EL estudio lo he hecho de manera individual siendo un estudiante de ultimo año de Administración y Dirección de Empresas, este trabajo se puede completar en la medida en la que se pueda profundizar con un equipo multi disciplinado donde se abarquen más sectores como por ejemplo profesionales del sector de el análisis de datos, profesionales de gestión de empresas y logística y, además, profesionales del sector

medico ya sea en ámbito público o en clínicas privadas. Esto ayudaría a poder especializar más el trabajo y aplicar unos conocimientos más precisos sobre el tema.

- El estudio como ya he mencionado anteriormente es de carácter exploratorio y solo se basa en literatura académica y divulgativa. En el caso de tener datos de campo y datos reales de algún hospital o clínica, se podría hacer una mejor propuesta sobre las valoraciones de las posibles aplicaciones y usos en el sector sanitario y hospitalario. Viendo casos específicos y utilizando datos reales se puede ver en que aspectos esta técnica puede ser de mejor uso o donde conviene mas su utilización.
  
- El estudio ha sido exclusivamente literatura académica y literatura divulgativa lo cual, toda la información que se ha recogido es de estudios ya realizados. De forma paralela a este trabajo se pueden formular otras líneas de investigación, ayudándose de bases de datos reales y aplicando la técnica para que los resultados y el conocimiento no sea solo teórico, sino que también se vea en la practica. Si se quiere profundizar más incluso en el sector hospitalario, se puede enfocar el trabajo en algún departamento específico y recoger los registros de eventos y aplicar las herramientas de la Minería de Procesos a los cuales yo no he podido tener acceso.
  
- Mi estudio ha sido realizado de manera muy genérica sin enfocarme mucho ni especificar en donde se aplica la Minería de Procesos, pero para poder ver el impacto real se puede hacer referencias a sectores de la sociedad o incluso geografías para ver su efecto. Enfocado en geografías entran en juego muchas otras variables como por ejemplo la digitalización del país o zona, la existencia y la accesibilidad de los datos, los diferentes usos, etc... Un enfoque que a mi me parece interesante que no he podido desarrollar es el uso de esta técnica de la Minería de Procesos en países en vías de desarrollo o tercermundistas donde se puede ver mucho desorden, falta de información y complicado acceso de la que se dispone.

- Este trabajo no es un trabajo que explique la Minería de Procesos como tal ya que no me centro en ello, sino que se explica de manera que se entienda como funciona y como se puede llegar a enfocar al sector sanitario y al sector hospitalario. En este trabajo no se explica ninguna de las herramientas disponibles, no se muestran los programas que existen para poder aprovechar esta técnica ni tampoco se habla de la parte visual de los modelos de procesos. En caso de haber tenido datos de campo, se podría haber hecho una simulación para crear un modelo de proceso. A través de la literatura he podido observar muchos ejemplos específicos que se han llevado a cabo de casos de organización de hospitales, de gestión de pacientes y de detección y curación de enfermedades infecciosas.

## 10. BIBLIOGRAFIA

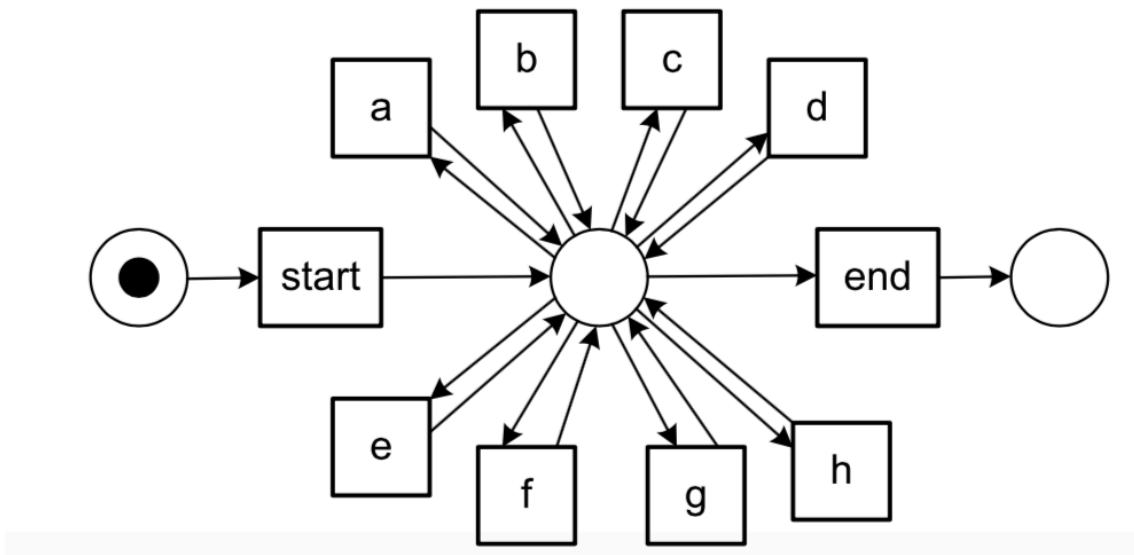
- Aguirre Mayorga, H.S & Rincón García, N. (2015), *Minería de procesos: Desarrollo, Aplicaciones y Factores Críticos*, Bogotá Colombia
- Antonelli, D. & Bruno, G. (2015), *Application of Process Mining and Semantic Structuring Towards a Lean Healthcare Network*, 16<sup>th</sup> Working conference on Virtual Enterprises
- Becker, T. & Intoyoad, W. (2017), *Context Aware Process Mining in Logistics*, University of Bremen, Germany
- Bottles, K. & Begoli, E. & Worley, B. (2014). *Understanding the pros and cons of Big Data Analytics*. Knoxville Tennessee.
- Chye Koh, H. & Tan, G. (2016). *Data mining applications in healthcare*.
- Dr. Villalobos Hidalgo, J. (3 de abril 2020). *El sistema sanitario frente a la crisis del coronavirus*. Universitat Oberta de Catalunya

- Ghasemi, M. & Amyot, D. (2016). *Process Mining in Healthcare: a systematized literature review*. Published in *Electronic Healthcare* Vol. 9
- Gurgen Erdogan, T. & Tarhan, A. (2018), *Systematic Mapping of Process Mining Studies in Healthcare*, University of Ankara, Turkey
- H. Davenport, T & Spanyi, A. (2019). *What Process Mining is, and why Companies Should Do It*. Harvard Business Review
- Hellín, J. (1 junio 2020). *Impacto del Covid-19 en la atención de otras enfermedades*. Organización Mundial de la Salud. Madrid.
- Khan, A. Lodhi, A. Köppen, V. Kassem, G. & Saake, G. (2010) *Applying Process Mining in SOA Environments*, University of Magdeburg, Germany.
- Mans, E. Van der Aalst, W. & Vanwersch, R. (2015). *Process Mining in Healthcare: Evaluating and Exploiting Operational Healthcare Processes*, 1st ed. Springer International Publishing.
- Ministerio de Sanidad. (18 de mayo 2020). *Manejo Clínico del Covid-19: Atención Hospitalaria*. Ministerio de Sanidad. Madrid.
- Palacio Lapuente, J. (30 de marzo 2020). *Covid-19 y Atención Primaria. Las oleadas que vienen*. Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria.
- Prima Kurniati, A. Johnson, O. Hogg, D. Hall, G. (2016). *Process Mining in Oncology: A Literature Review*, 6<sup>th</sup> International Conference on Information Communication and Management
- Rismanchian, F. & Hoon Lee, Y. (2016), *Process Mining-Based Method of Desingning and Optimizing the Layouts of Emergency Departments in Hospitals*. Yonsei University, Seoul, SouthKorea

- Robledo. P. 2018. *Process Mining juega un papel esencial en la Transformación Digital*.
- Rojas, E. Muñoz-Gama, J. Sepulveda, M. & Capurro, D (2016), *Process Mining in healthcare: A Literature Review*, Chile.
- Van Der Aalst, W. (2011) *Process mining: discovery, conformance and enhancement of business processes*, 1st ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Van der Aalst, W. et al. (2011) *Process mining manifesto*. Creador F. Daniel et al.
- Van der Aalst, W. (2012). *Process mining. Overview and opportunities*. Eindhoven University of Technology.
- Van der Aalst, W. (2016). *Process Mining: Data Science in Action*. Publisher: Springer Eindhoven University of Technology. Eindhoven. Netherlands.

ANEXO I

Figura 5: Flower Model



Fuente: W. van der Aalst (2011)