

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE MÁSTER

***ESTUDIO DE MÉTRICAS DE
IMPULSIVIDAD DE LAS
COMPRESIONES TORÁCICAS
DURANTE LA RESUCITACIÓN
CARDIOPULMONAR Y ANÁLISIS DE SU
RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS DE
PROFUNDIDAD Y FRECUENCIA.***

Alumna *Eguia Vallejo, Leire*
Director *Ruiz Ojeda, Jesús María*
Codirectora *Ruiz De Gauna Gutiérrez, Sofía*
Departamento *Comunicaciones*
Curso académico *2017/2018*

Bilbao, 25, Septiembre, 2018

Tabla de contenido

Resumen trilingüe	1
Listado de tablas.....	4
Listado de ilustraciones.....	5
Listado de acrónimos	7
1. Introducción.....	8
2. Contexto	9
3. Objetivos y alcance.....	12
3.1. Objetivo principal.....	12
3.2. Objetivos secundarios.....	12
4. Beneficios del proyecto.....	14
4.1. Beneficios técnicos.....	14
4.2. Beneficios económicos	14
4.3. Beneficios sociales.....	15
5. Estado del arte.....	16
5.1. Parámetros de calidad	17
5.2. Impulsividad	18
6. Análisis de alternativas	20
7. Metodología.....	21
7.1. Caracterización y adecuación de la base de registros	21
7.2. Métodos estadísticos.....	24
7.3. Análisis de los parámetros.....	26
7.4. Búsqueda de impulsividad	31
8. Resultados	32
8.1. Caracterización de los registros.....	32
8.2. Análisis de los parámetros.....	32
8.3. Búsqueda de impulsividad	46
9. Análisis de riesgos	49
9.1. Riesgos identificados	49
9.2. Relación impacto/probabilidad ocurrencia	50
10. Descripción de tareas	51
10.1. Definición de las fases y tareas.....	51
11. Diagrama de Gantt.....	54
12. Presupuesto	55
12.1. Horas internas.....	55
12.2. Amortizaciones.....	55
12.3. Subcontrataciones.....	56

12.4. Gastos.....	56
12.5. Resumen.....	56
13. Conclusiones.....	58
14. Referencias.....	59
ANEXO I.- Normativa aplicable.....	1
I.I. Registros.....	1
I.II Guía de resucitación 2015.....	1
ANEXO 2. Caracterización de los registros	5

Resumen trilingüe

Resumen

En caso de parada cardiorrespiratoria, una correcta realización de la Resucitación Cardiopulmonar (RCP) aumenta en gran medida las probabilidades de supervivencia. Por ello, es de vital importancia una pronta ejecución de las compresiones torácicas, así como realizarlas con niveles de calidad óptimos de frecuencia y profundidad. Compresiones torácicas que cumplen con las especificaciones de calidad pueden mostrar diferentes patrones o formas de onda. Investigaciones en animales con dispositivos mecánicos han estudiado distintos patrones y han sugerido que un aumento en la impulsividad de las compresiones puede generar un incremento en el flujo sanguíneo. Recientemente, se han investigado nuevos parámetros relacionados con la impulsividad de las compresiones, que puedan resultar en un aumento de las probabilidades de supervivencia.

El objetivo de este proyecto es llevar a cabo un análisis sobre distintos parámetros de las compresiones torácicas, para comprobar su validez como nuevos parámetros que caractericen la impulsividad, y, mediante cálculos estadísticos comprobar su independencia de los valores clásicos de calidad. Por otro lado, se buscan ejemplos reales que demuestren la existencia de distintos patrones de impulsividad en las compresiones. Todos los datos utilizados para llevar a cabo el estudio proceden de pacientes anónimos reales que sufrieron paradas cardiorrespiratorias a los que se les realizó una Resucitación Cardiopulmonar.

Tras el análisis, se concluye que podrían existir parámetros de interés, independientes de los parámetros clásicos, como sería el caso del Duty Cycle, que podrían ser usados como nuevas métricas de calidad.

Palabras clave: *Resucitación Cardiopulmonar, compresiones torácicas, calidad de la RCP, impulsividad, procesado de señales biomédicas*

Abstract

In case of cardiorespiratory arrest, a correct implementation of the Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) increases largely the chances of survival. On this basis, a prompt execution of chest compressions is of vital importance, as well as performing them with an optimum level of quality of frequency and depth. Chest compressions that comply with quality specifications can present different types of patrons or waveforms. Animal researches implemented with mechanical devices have investigated different types of patrons and have suggested that a rise in the impulsivity of the chest compressions may lead to an increase in the blood flow. Recently, new parameters related with impulsivity have been investigated that might lead to an increase in the chances of survival.

The aim of this project is to conduct a research about distinct chest compression's parameters, to validate them as new parameters that characterise the impulsivity and, through statistical calculations verify its independency from the classical quality values. On the other hand, real examples of chest compression are sought to demonstrate the existence of different chest compression's impulsivities. All the data used to conduct the research come from anonymous real patients who suffered cardiac arrest and to whom Cardiopulmonary Resuscitation was performed.

After analysis, it is conclude that there might exist parameters of interest, independents of the classical parameters, as will be the case of Duty Cycle, which might be used as new quality metrics.

Key words: *Cardiopulmonary Resuscitation, chest compressions, CPR quality, impulsivity, biomedical signal processing*

Laburpena

Bihotz-biriketako geldialdietan, bihotzbirika-berpiztearen (BBB-aren) errealizazio zuzenak biziraupena handitzen du hein handi batean. Horregatik, konpresio torazikoen hasiera bizkorra nahitaezkoa da, haiek maiztasun eta sakontasun kalitate-maila hobeezinez egitea bezala. Kalitate-espezifikazioekin betetzen dituzten konpresio torazikoek patroï edo onda forma desberdinak erakuts ditzakete haien artean. Gailu mekanikoekin animaliangan egindako ikerketek hainbat patroï ikertu dituzte, eta konpresioen bultza-indarrean handiagotze batek odol-fluxuan gehikuntza sor dezakeela iradoki dute. Oraintsu, konpresioen bultza-indarrarekin erlazionatutako parametro berriak ikertu dira, biziraupen aukeren handiagotze batekin erlazionatu daitezkeenak.

Proiektu honen helburua konpresio torazikoen parametro desberdinen analisi bat burutzea da, bere baliotasuna egiaztatzeko bultza-indarra ezaugarritzen duten parametro berri bezala, baita kalkulu estatistikoekin bitartez bere independentzia egiaztatzeko kalitate balio klasikoekin konparatuta ere. Bestalde, konpresioen bultza-indar patroï desberdinen existentzia frogatzen duten eredu errealak bilatzen dira. Ikerketa burutzeko erabili diren datu guztiak bihotz-biriketako geldialdiak jasan zituzten paziente anonimo errealengandik lortu dira, bihotzbirika-berpiztea egin zitzaienei.

Analisiaren ondoren, parametro esanguratsuak existitu daitezkeela ondorioztatzen da, parametro klasikoekiko independente direnak eta kalitate-metrika berri bezala erabil litezkeenak, Duty Cycle-ak esaterako.

Hitz gakoak: *Bihotzbirika-berpiztea, konpresio torazikoak, BBB-aren kalitatea, bultza-indarra, seinale biomedikoen prozesaketa*

Listado de tablas

Tabla 1.- DC Guías vs No Guías	43
Tabla 2.- Valores de los parámetros de las compresiones de impulsividad	48
Tabla 3.- Relación impacto/probabilidad	50
Tabla 4.- Equipo de trabajo.....	51
Tabla 5.- Planificación de tareas de la fase 0.....	51
Tabla 6.- Planificación de tareas de la fase 1.....	52
Tabla 7.- Planificación de tareas de la fase 2.....	52
Tabla 8.- Planificación de tareas de la fase 3.....	52
Tabla 9.- Planificación de tareas de la fase 4.....	53
Tabla 10.- Planificación de tareas de la fase 5.....	53
Tabla 11.- Planificación de tareas de la fase 6.....	53
Tabla 12.- Horas internas	55
Tabla 13.- Amortizaciones.....	56
Tabla 14.- Gastos.....	56
Tabla 15.- Resumen presupuestario.....	57
Tabla 16.- Caracterización de los registros.....	5

Listado de ilustraciones

Ilustración 1.- Cadena de supervivencia.....	9
Ilustración 2.- TrueCPR.....	11
Ilustración 3.- CPRmeter.....	11
Ilustración 4.- Patrones de impulsividad	18
Ilustración 5.- Pistones mecánicos.....	19
Ilustración 6.- Duty Cycle método 3 (19).....	22
Ilustración 7.- Parámetros de las CT.....	23
Ilustración 8.- Ejemplo de histograma	25
Ilustración 9.- Ejemplo de superposición de histogramas	25
Ilustración 10.- Figura 1 histogramas record 60	27
Ilustración 11.- Figura 2 histogramas record 60	28
Ilustración 12.- Regresión lineal registro 60	29
Ilustración 13.- Histograma record 60 Guías	30
Ilustración 14.- Histograma record 60 Guías	30
Ilustración 15.- Regresión lineal registro 60 guías	31
Ilustración 16.- Histograma profundidad global.....	33
Ilustración 17.- Histograma frecuencia global	33
Ilustración 18.- Histograma Tc_ef global	34
Ilustración 19.- Histograma Td_ef global.....	34
Ilustración 20.- Histograma CV global	35
Ilustración 21.- Histograma RV global.....	35
Ilustración 22.- Histograma DC1 global	36
Ilustración 23.- Histograma DC2 global	36
Ilustración 24.- Histograma DC3 global	36
Ilustración 25.- Regresión lineal global RV vs depth/Td_ef	37
Ilustración 26.- Regresión lineal global CV vs depth/Tc_ef.....	37
Ilustración 27.- Regresión lineal global DC2 vs depth	38
Ilustración 28.- Regresión lineal global DC2 vs rate.....	38
Ilustración 29.- Regresión lineal global DC3 vs depth	39
Ilustración 30.- Regresión lineal global DC3 vs rate.....	39
Ilustración 31.- Depth Guías y no Guías	40
Ilustración 32.- Rate Guías y No Guías	40
Ilustración 33.- Tc_ef Guías vs No Guías	41
Ilustración 34.- Td_ef Guías vs no Guías.....	41
Ilustración 35.- CV Guías vs No Guías	41

Ilustración 36.- RV Guías vs No Guías.....	42
Ilustración 37.- DC1 Guías vs No Guías	42
Ilustración 38.- DC2 Guías vs No Guías	42
Ilustración 39.- DC3 Guías vs No Guías	43
Ilustración 40.- Regresión lineal CV Guías.....	44
Ilustración 41.- Regresión lineal RV Guías.....	44
Ilustración 42.- Regresión lineal DC2 vs depth Guías	44
Ilustración 43.- Regresión lineal DC2 vs Rate Guías	45
Ilustración 44.- Regresión lineal DC3 vs depth Guías	45
Ilustración 45.- Regresión lineal DC3 vs rate Guías	45
Ilustración 46.- Patrones de impulsividad record 53	46
Ilustración 47.- Patrones de impulsividad record 98	47
Ilustración 48.- Diagrama de Gantt.....	54
Ilustración 49.- Algoritmo SVB	3

Listado de acrónimos

AHA	American Heart Association
cm	Centímetro
cpm	Compresiones por minuto
CT	Compresiones torácicas
CV	Compression Velocity
DC	Duty cycle
DEA	Desfibrilador Externo Automático
ERC	European Resuscitation Council
GSC	Grupo de Señal y Comunicación
HICPR	High Impulse CPR
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation
mm	Milímetro
ms	Milisegundo
R^2	Coefficiente de determinación
RCP/CPR	Resucitación Cardiopulmonar/Cardiopulmonary Resuscitation
RV	Release velocity
Tc	Tiempo de compresión
Tc_ef	Tiempo de compresión efectivo
Td	Tiempo de descompresión
Td_ef	Tiempo de descompresión efectivo
TFM	Trabajo Fin de Master
UPV/EHU	Universidad del País Vasco /Euskal Herriko Unibertsitatea

1. Introducción

Este Trabajo de Fin de Master (TFM) ha sido desarrollado en el grupo de investigación Grupo de Señal y Comunicaciones (GSC), ubicado en la Escuela de Ingeniería de Bilbao de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Entre sus líneas de investigación se encuentra el procesado digital de señal en el contexto de la resucitación cardíaca.

La muerte súbita cardíaca es una de las principales causas de muerte en Europa, producida por una pérdida repentina de actividad cardíaca en personas que pueden tener o no cardiopatías previamente detectadas. La pérdida de funcionalidad cardíaca puede ser causada por ritmos irregulares del corazón llamados arritmias. Con el fin de aumentar las probabilidades de supervivencia, por lo general inferiores al 10%, se debe realizar de forma eficiente la llamada cadena de supervivencia. La cadena de supervivencia consta de 4 etapas, siendo las de mayor importancia la realización temprana de la Resucitación Cardiopulmonar (RCP) y la desfibrilación.

La Resucitación Cardiopulmonar consiste en la administración de compresiones torácicas y ventilaciones al paciente para garantizar un mínimo flujo de sangre a los órganos vitales. Su correcta realización puede doblar e incluso cuadruplicar la probabilidad de supervivencia. Dicha probabilidad de supervivencia se encuentra directamente relacionada con la calidad de las compresiones torácicas, siendo los parámetros de calidad clásicos la frecuencia y profundidad de las compresiones.

En los últimos años el GSC ha venido investigando distintas formas de mejorar la calidad de las compresiones torácicas y, teniendo en cuenta recientes investigaciones por parte de otros grupos internacionales, se ha concluido la posible existencia de nuevos parámetros de calidad basados en la impulsividad de las compresiones torácicas. En este TFM se desarrolla un estudio de algunos candidatos a nuevos parámetros de calidad relacionándolos con los parámetros de calidad clásicos: frecuencia y profundidad de las compresiones. El análisis se llevará a cabo mediante el uso de una base de registros con compresiones torácicas de pacientes anónimos reales.

2. Contexto

Como se ha mencionado en el anterior apartado, para aumentar las probabilidades de supervivencia ante una parada cardiorrespiratoria es de vital importancia proporcionar un tratamiento adecuado. Una parada cardiorrespiratoria ocurre cuando el corazón de la persona afectada deja de bombear sangre, provocando una falta de oxígeno y nutrientes en el organismo, que se traduce en la muerte del paciente en pocos minutos. Organizaciones como la European Resuscitation Council (ERC) o American Heart Association (AHA) publican guías con recomendaciones para llevar a cabo un buen tratamiento de la parada cardiorrespiratoria (1). Ambos organismos junto con otros a nivel mundial forman parte del International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR), el cual publica cada 5 años unas guías de resucitación en las que se encuentra explicada la cadena de supervivencia (2) (3) (4).



Ilustración 1.- Cadena de supervivencia

La cadena de supervivencia resume los cuatro pasos fundamentales (Ilustración 1) necesarios para una exitosa resucitación:

- **Rápido reconocimiento y petición de ayuda:** reconocer una parada cardiorrespiratoria permite una rápida iniciación de una RCP. Además, hay que llamar inmediatamente a los servicios de emergencia para que lleguen a la menor brevedad posible.
- **RCP precoz:** si la persona que realiza la RCP no está familiarizada con la técnica de respiración artificial, sólo se deben realizar compresiones torácicas (CT). Por el contrario, si el rescatador conoce esta técnica, las CT se deben alternar con ventilaciones en una relación de 30 compresiones a 2 ventilaciones.
- **Desfibrilación precoz:** una rápida desfibrilación dentro de los 3-5 minutos tras la parada supone un aumento en el índice de supervivencia llegando hasta el 70%. Sin embargo, con cada minuto de retraso se reduce la probabilidad de sobrevivir, siendo esta reducción más gradual si se provee una RCP (5). Para ofrecer una rápida desfibrilación fuera de un entorno hospitalario existen Desfibriladores Externos Automáticos (DEAs) en muchos lugares públicos. Dentro del ámbito hospitalario se

utilizan unos desfibriladores mucho más completos llamados monitores/desfibriladores que sólo pueden ser utilizados por personal médico.

- **Soporte vital avanzado y cuidados post-resucitación:** este paso solo puede ser proporcionado por un profesional sanitario e incluye tanto el traslado al hospital en ambulancia como el tratamiento en el propio hospital. Dicho tratamiento incluye la optimización de los 3 primeros pasos de la cadena de supervivencia, así como el diagnóstico y trato de los ritmos cardíacos causantes de la parada cardiorrespiratoria.

Por otro lado, para que la Resucitación Cardiopulmonar sea efectiva y proporcione unos mejores resultados, es necesario que las compresiones se realicen con unas condiciones de calidad específicas. Debido a la importancia de la calidad de las compresiones en los resultados obtenidos en pacientes, se han llevado a cabo numerosos estudios con el objetivo de encontrar la manera más óptima de realizar la RCP. Como resultado se obtuvieron dos medidas de gran influencia sobre la calidad de las compresiones:

- **Profundidad:** máxima profundidad que alcanza el pecho durante la compresión, antes de recuperarse volviendo a su posición original. Las compresiones han de darse con una profundidad de 50 mm para considerarse óptimas.
- **Frecuencia:** cantidad de compresiones realizadas por unidad de tiempo. Las compresiones han de darse con una frecuencia de entre 100 y 120 compresiones por minuto (cpm) para considerarse óptimas.

A parte de estos dos parámetros, las guías de resucitación mencionan otro parámetro de calidad: el **Duty Cycle**. El Duty Cycle se define como la relación entre el periodo del tiempo de compresión y la duración total de la compresión más la descompresión. Este valor se mide en %. De acuerdo a las guías de resucitación, no existen evidencias claras para recomendar un valor específico de Duty Cycle, pero se mantiene la recomendación de guías anteriores de usar valores de duty cycle del 50% (5). Es decir, la mitad de la duración de una compresión torácica tiene que estar dedicada a comprimir y la otra mitad para descomprimir.

Para mejorar y ayudar en la realización de la RCP, los parámetros de profundidad y frecuencia pueden ser medidos y monitorizados. Para ello existen sistemas de feedback que ayudan al rescatador, sea no profesional o sanitario, durante la realización de las compresiones ofreciéndole información de manera audiovisual sobre la profundidad o frecuencia de las compresiones para que pueda corregir su técnica en tiempo real.

En la actualidad, los sistemas de *feedback* comerciales están basados en acelerómetros, como el CPRmeter, o en campos electromagnéticos, como el TrueCPR. El CPRmeter está compuesto

por acelerómetros que miden la profundidad y frecuencia del movimiento del pecho, además de por sensores de fuerza que permiten analizar si el pecho ha recuperado su posición original tras cada compresión (6). El TrueCPR consta de dos placas, una que se coloca sobre el pecho y otra bajo la espalda. Determina la profundidad de las compresiones midiendo la distancia entre las dos placas al enviar y recibir señales electromagnéticas (7).



Ilustración 3.- CPRmeter



Ilustración 2.- TrueCPR

Si bien estos sistemas de feedback son de gran utilidad, no son aparatos que los ciudadanos de a pie suelen llevar encima durante la vida diaria. Es por ello que actualmente, tanto los DEA como los monitores/desfibriladores incluyen sistemas de ayuda para la realización de una RCP de calidad. Mediante el uso de un metrónomo, el desfibrilador marca el ritmo al que se deben realizar las compresiones (8). El GSC lleva desde 1999 trabajando en el procesamiento de señales en el contexto de la desfibrilación cardíaca. Aproximadamente en el año 2010 comenzaron a estudiar los parámetros de calidad de la RCP proporcionados por los DEA y los monitores/desfibriladores.

Recientemente se ha planteado la validez de un nuevo parámetro de calidad denominado **Release Velocity** (RV), definido como la velocidad máxima durante el periodo de descompresión del pecho. Diversos autores han analizado la relación entre dicho parámetro y un aumento en la cantidad de flujo sanguíneo generado (9) (10). Desde un punto de vista teórico, un aumento en el flujo sanguíneo repercutiría en una llegada más rápida de sangre a los órganos vitales, aumentando las probabilidades de supervivencia. Estos estudios abren las puertas a nuevas teorías sobre la posible existencia de nuevos parámetros de calidad, área en la cual queda enmarcado el objetivo del proyecto.

3. Objetivos y alcance

3.1. Objetivo principal

El objetivo principal de este trabajo es analizar y estudiar distintas métricas de impulsividad de las compresiones torácicas durante la realización de la resucitación cardiopulmonar, para así poder determinar si, ciertamente, son de utilidad para definir compresiones torácicas de calidad. Además, se relacionarán dichas métricas con los parámetros de calidad clásicos contemplados por las guías de resucitación.

3.2. Objetivos secundarios

En este apartado se describen distintos objetivos secundarios que permitirán distinguir cuatro fases dentro del desarrollo del trabajo, definiendo el alcance de este proyecto.

3.2.1. Caracterización y adecuación de la base de registros

Primeramente, adecuar a la finalidad del trabajo una base de registros con los datos necesarios proporcionada por el GSC. Dicha base de registros precisa de determinados ajustes en su estructura para aumentar su idoneidad para realizar el estudio. Contará con todos los parámetros de todas las compresiones torácicas de todos los registros.

3.2.2. Métodos estadísticos

Selección de los métodos estadísticos más apropiados para llevar a cabo el estudio de los distintos parámetros de impulsividad de las compresiones torácicas. Se elegirán tres tipos de métodos, en función de la finalidad de cada uno de ellos. Primeramente, será necesario un método para determinar el tipo de distribución que tienen los parámetros, si es normal o no. A continuación se establecerá un método para el análisis individual de cada parámetro y visualizar la variabilidad de sus valores. Por último, uno que permita ver las correlaciones entre las nuevas métricas y las clásicas. Estos métodos estadísticos serán de utilidad para el siguiente objetivo secundario.

3.2.3. Análisis de los parámetros

Una vez establecidos los métodos estadísticos que serán de utilidad, se procederá a hacer uso de ellos, con la finalidad de analizar tanto el conjunto de la totalidad de datos, como solo el conjunto de datos que cumplen con las especificaciones de las guías de resucitación. Como

resultado se obtendrán distintas figuras que permitirán establecer la validez de los nuevos parámetros como posibles métricas de calidad. Asimismo, también se podrá verificar su independencia de los parámetros clásicos.

3.2.4. Búsqueda de impulsividad

Por último, se realizará una búsqueda entre las compresiones de los distintos registros con el fin de encontrar compresiones que demuestren la existencia de distintos patrones de impulsividad. Dichas compresiones pertenecerán al mismo registro y sus parámetros clásicos serán muy parecidos unos con otros. De esta forma, será más sencillo visualizar la diferencia entre ambas compresiones y sus formas de onda.

4. Beneficios del proyecto

A lo largo de este apartado se explicarán los beneficios derivados de la realización de este proyecto. Dichos beneficios, analizados desde tres puntos de vista diferentes, mostrarán la utilidad del presente trabajo.

4.1. Beneficios técnicos

El principal beneficio técnico de este trabajo reside en el potencial descubrimiento de nuevos parámetros de impulsividad. Asimismo, se analizarán dichos parámetros para verificar su independencia con los parámetros clásicos, medidos durante la RCP, a través de una serie de cálculos estadísticos, con lo que se aumentará el conocimiento sobre las características de estos parámetros.

Dichos análisis quedarán a disposición del GSC para futuros trabajos e investigaciones en este ámbito. De esta forma, el grupo de investigación podrá continuar con el estudio y profundizar en esta línea de investigación.

4.2. Beneficios económicos

En lo que respecta a beneficios económicos, se distinguirán dos tipos de beneficios: beneficios a corto plazo y beneficios a largo plazo. Dentro de los beneficios a corto plazo se puede incluir el aumento de competitividad del GSC frente a otros grupos de investigación centrados en el mismo campo de estudio. Gracias a ello, aumentarían las probabilidades de conseguir subvenciones o financiación de distintas entidades, tanto de carácter privado como público. Se ha de remarcar que dado al carácter investigador y de desarrollo del proyecto, a simple vista no ofrece ningún tipo de beneficio lucrativo.

Sin embargo, como se ha mencionado en el anterior apartado es un proyecto de investigación por lo que no se sabe a ciencia cierta cuál será su futuro, es decir, es difícil de prever si se obtendrá algún resultado que pueda reportar beneficios económicos (patentes, posible explotación comercial de la solución, etc.)

4.3. Beneficios sociales

Como se ha venido diciendo a lo largo de los anteriores apartados de esta memoria, la parada cardiorrespiratoria es una de las causas de mortalidad más extendidas a nivel mundial. Por lo tanto, cualquier tipo de investigación relacionado de forma directa o indirecta con este tema implica unos beneficios importantes de cara la sociedad, especialmente si puede tener influencia en las posibilidades de supervivencia.

Las nuevas guías de resucitación hacen especial hincapié en la mejora de la calidad de la RCP. Es por ello que se han desarrollado multitud de investigaciones para mejorar y encontrar nuevos valores y parámetros que permitan incrementar considerablemente las posibilidades de supervivencia tras sufrir una parada cardiorrespiratoria. De este modo, y a pesar de que por ahora no se visualiza una aplicación práctica debido al prematuro estado de la investigación, su aplicación social es más que evidente.

5. Estado del arte

En Europa, una de las principales causas de muerte es la muerte súbita cardíaca, lo que se traduce en una inesperada pérdida de actividad cardíaca en personas que pueden tener o no cardiopatías previamente detectadas. De acuerdo a la American Heart Association 500,000 personas sufrieron una parada cardiorrespiratoria en Estados Unidos en el año 2016. Aproximadamente 350,000 de dichas personas sufrieron el ataque fuera de un hospital, contando solo con un 12% de probabilidades de supervivencia. A pesar de que este dato estadístico es bastante bajo, con el paso de los años este ratio ha ido en aumento en gran medida por los avances en la realización de la RCP (11).

Aunque la RCP pueda parecer algo bastante antiguo, no lo es, dado que se instauró por primera vez en 1960. La AHA creó un programa de entrenamiento en la materia para los médicos, así como un comité sobre Resucitación Cardiopulmonar. Desde entonces se han seguido realizando investigaciones para ver las mejores y más óptimas formas de mejorar la realización de la RCP, y, en consecuencia, aumentar sus probabilidades de supervivencia. El comité establecido por la AHA periódicamente publicaba artículos a modo de guías. Sin embargo, debido al amplio abanico de investigaciones y a la falta de consenso, no existían unos estándares que estableciesen la mejor manera de llevar a cabo la Resucitación Cardiopulmonar. Es por ello que, en el año 2005, la AHA, junto con ILCOR, publicaron la primera guía de resucitación. Dicha guía incluía recomendaciones para tratar de la manera más óptima una parada cardiorrespiratoria tanto fuera como dentro de un hospital, para pacientes adultos y pediátricos. La guía está basada en evidencias científicas recogidas durante los años anteriores por expertos en la materia de todo el mundo. Se ha de mencionar que la guía ha continuado publicándose cada 5 años, y en cada nueva versión se han ido incluyendo todas las novedades que se han ido descubriendo a lo largo de estos periodos de tiempo.

Uno de los principales objetivos de las distintas investigaciones ha sido y continúa siendo la mejora en la supervivencia, siendo uno de sus pilares la calidad de las compresiones torácicas. Desde que se creó la primera guía de resucitación, se han ido desarrollando diversos estudios científicos cuyas aportaciones han resultado en que los valores originales de los parámetros de calidad para la reanimación cardiopulmonar hayan evolucionado hasta los valores definidos en la actualidad.

5.1. Parámetros de calidad

Desde el comienzo, e incluso anteriormente a la publicación de las primeras guías, los expertos pusieron especial énfasis en las compresiones torácicas, estableciendo valores para la frecuencia y la profundidad de éstas. En 1995, la recomendación con respecto a la frecuencia de las compresiones torácicas era que se dieran entre 80 y 100 compresiones por minuto. En el caso de la profundidad de compresión, ésta debía ser de entre 38 y 50 mm (12).

Gracias a las nuevas evidencias que verificaban el hecho de que compresiones más rápidas reportaban unas mayores probabilidades de supervivencia, en el año 2000, la AHA estableció nuevos valores para la frecuencia de compresiones. Para adultos se estableció en 100 compresiones por minuto, mientras que para niños variaba entre las 120 y 140 cpm (13). Cinco años más tarde, en las guías de resucitación de 2005, se decidió unificar el valor de la frecuencia de compresiones independientemente de la edad del paciente. Es decir, se estableció que debía ser de 100 cpm sin importar si el paciente era un adulto o un niño. Para la profundidad de las compresiones no hubo ningún estudio que certificara que el rango establecido en las anteriores guías debiera ser cambiado, por lo que el valor de la recomendación se mantuvo igual tanto en la guía del año 2000 como en la del 2005 (13).

El mayor cambio vino de la mano de las guías del 2010. Fue en este año en el que se establecieron tanto nuevos valores para la frecuencia de las compresiones como para la profundidad, la cual llevaba más de 10 años sin variaciones. La frecuencia de las compresiones torácicas pasó de ser 100 compresiones por minuto a como mínimo 100 cpm, es decir, 100 o más de 100 compresiones por minuto. Por otro lado, distintos estudios establecieron el valor de la profundidad de compresión en los 50 mm (14). Por último, las guías publicadas en el año 2015, ampliaron el rango de profundidad entre los 50 y los 60 mm. En estas guías se limitó también el rango de frecuencia de las compresiones, quedando establecido entre las 100 y las 120 compresiones por minuto. Asimismo, se especificó que el rescatador debía dejar al pecho recuperarse para, de esta forma, permitir al corazón rellenarse de sangre proveniente de los pulmones. Otro parámetro de calidad que aparece en las guías de 2015 fue el Duty Cycle. Las investigaciones más recientes establecen su valor en un 50%, a pesar de que no existen suficientes evidencias científicas para defender este valor, ni para cambiar esta recomendación. Es por ello que, las propias guías no enfatizan su utilización tanto como lo hacen con los otros dos parámetros de calidad.

Como se puede observar, esta área de estudio se encuentra en constante cambio. Por consiguiente, no es de extrañar que cada cierto tiempo se publiquen nuevas investigaciones

relacionadas con los parámetros de calidad y su mejora, y que la práctica médica se vaya adaptando a las nuevas evidencias científicas.

5.2. Impulsividad

En 1984, investigadores de la universidad de Duke propusieron una novedosa forma de realizar la tradicional Reanimación Cardiopulmonar: High-Impulse CPR (HICPR). Esta maniobra se efectúa de la misma forma que la RCP tradicional, con la diferencia de que se lleva a cabo con una mayor frecuencia (típicamente 120-150 compresiones por minuto) o con un Duty Cycle más bajo del 50% (15), generando distintos patrones de impulsividad en las compresiones torácicas. En la siguiente Ilustración pueden verse dos compresiones con distintos patrones de impulsividad. Las dos compresiones mostradas tienen aproximadamente la misma frecuencia y profundidad, pero una de ellas es más impulsiva que la otra.

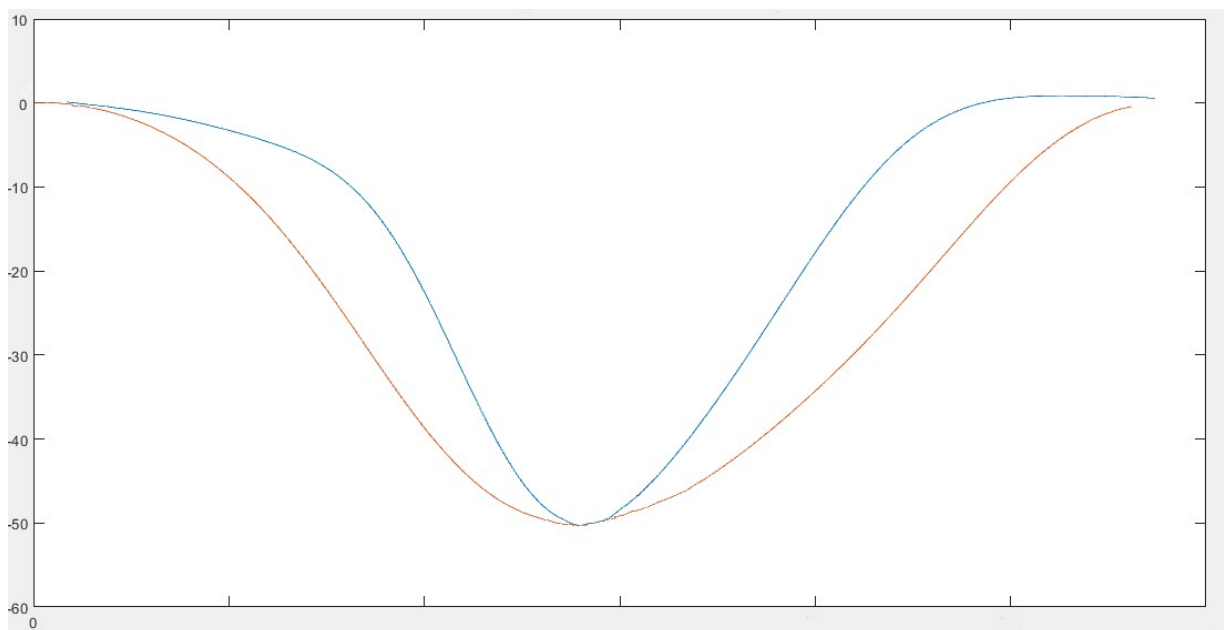


Ilustración 4.- Patrones de impulsividad

Estudios realizados principalmente sobre animales, y mediante el uso de pistones mecánicos, similares a los que se muestran en la Ilustración 5, han determinado que la realización de compresiones High Impulse mejora considerablemente la hemodinámica (16) (17) (18). La hemodinámica es la parte de la fisiología que estudia las leyes y mecanismos que rigen la circulación sanguínea. Por lo tanto, una mejora en la circulación sanguínea aumentaría las probabilidades de supervivencia de los pacientes en parada cardiorrespiratoria, dado que la sangre transportaría el oxígeno más rápidamente a los órganos vitales.



Ilustración 5.- Pistones mecánicos

Relacionado con la mejora en la hemodinámica proporcionada por High Impulse CPR ha aparecido un nuevo parámetro que podría ser considerado como un nuevo parámetro de calidad: release velocity (RV). La release velocity es el máximo valor de la velocidad del pecho durante la fase de descompresión. Este nuevo parámetro ha sido analizado en animales por diversos autores, relacionándolo con un aumento en el flujo de sangre aumentando las probabilidades de supervivencia (9) (10). Por otro lado, los estudios con datos de pacientes reales aún no han dado resultados concluyentes sobre su buen desempeño como posible parámetro de calidad y, por tanto, son necesarios más estudios al respecto.

Es en este campo de la impulsividad donde queda enmarcado este proyecto. Tanto la definición de posibles nuevos parámetros de calidad como un estudio más extenso de los ya definidos por otros autores, como la release velocity, necesitan de un mayor número de pruebas para verificar que existen más parámetros válidos independientes de los parámetros clásicos de calidad.

6. Análisis de alternativas

Para el desarrollo de este trabajo no ha sido necesario realizar un estudio de alternativas con el que determinar la solución óptima para la realización del proyecto. En este apartado se esclarecerá el porqué de la inexistencia de dicho estudio, tanto en lo que a software utilizado se refiere como a los parámetros a analizar.

En lo que respecta al programa utilizado para el desarrollo software, el elegido fue Matlab. El GSC utiliza este programa para sus investigaciones por lo que dicho programa fue aportado por el grupo de investigación y, en consecuencia, ha sido un requisito del grupo el que todo fuese desarrollado mediante su utilización. No obstante, Matlab aporta todas las funcionalidades necesarias para el desarrollo del proyecto. Permite la realización de gráficas y la correcta visualización de los registros. Asimismo, también permite el correcto cálculo de los distintos parámetros estadísticos, y la reutilización de estructuras de datos y de código existente, así como el aprovechamiento de los resultados del proyecto en trabajos futuros.

En la selección de cuales de los parámetros de una compresión torácica se van a proceder a estudiar, no se produce una selección de los mejores parámetros dado que el estudio analiza todos los disponibles. Estos parámetros son tanto parámetros estudiados en otras investigaciones, como parámetros de interés para el GSC, los cuales serán explicados en mayor detalle en el apartado de Metodología.

7. Metodología

A lo largo de este apartado se explicará el desarrollo seguido para dar solución a los objetivos propuestos en puntos anteriores. Para la entera realización de este proyecto, ha sido necesaria la utilización de 102 registros, con datos de pacientes anónimos, que han sido proporcionados por el GSC. Los datos almacenados en dichos registros, fueron extraídos de un subconjunto de episodios de paradas cardiorrespiratorias extra hospitalarias, recolectados como parte del trabajo de Resuscitation Outcomes Consortium Epistry en Portland, Estados Unidos. Las paradas cardiorrespiratorias ocurrieron entre el año 2010 y el 2016 y fueron recolectadas por el “Tualatin Valley Fire and Rescue (TVF&R)”, en Oregon, Estados Unidos.

Cada uno de los 102 registros contiene una estructura denominada “rec” con el siguiente formato:

- **Events:** contiene información sobre eventos significativos que se han producido durante la grabación de la RCP.
- **Info:** contiene información del registro como el nombre, el modelo de sistema con el que se extrajeron los datos o la fecha en la que ocurrió el suceso.
- **signals:** consta de todas las señales extraídas y sus respectivas frecuencias de muestreo. Las señales extraídas pueden contener valores NaN, por lo que habrá que tenerlo en cuenta para el procesado de señal, y convertir dichos valores a 0. Este es el único campo que se va a utilizar en este proyecto.
- **Channels:** contiene información sobre los canales de adquisición.

7.1. Caracterización y adecuación de la base de registros

El GSC ha proporcionado una base de registros, en la que se encuentran todos los parámetros obtenidos de un marcado de las compresiones torácicas, el cual fue llevado a cabo previamente a este proyecto. La base de registros es un array de estructuras de 1x102, 102 registros, con 17 campos. Al realizar el marcado se decidió tomar un valor de threshold de 5mm para obviar lo que podrían parecer CT pero que en verdad no lo eran.

Sin embargo, aunque la base de registros es totalmente válida y funcional, se ha reacondicionado para una mejor prestación. Se juntaron dos de los campos originales, elim y elimth, en un solo campo elim. De esta forma, todas las compresiones que no fueran válidas per sé, como las que no cumplían con el requisito del threshold, quedan agrupadas en mismo campo de compresiones inválidas. Además, se renombraron algunos de los campos para adecuar los

nombres a los utilizados en otros estudios. En resumen, se obtuvo un array de estructuras de 1x102 con, esta vez, 16 campos. A continuación, se explicarán uno a uno los distintos campos:

- **Name:** indica el nombre del registro del que se han extraído los datos. Por ejemplo, name: 'PTL-086499-4.mat'.
- **tc:** posición en segundos donde se encuentra la CT que estamos analizando en su punto de profundidad máxima.
- **depth:** valor de profundidad máxima medido en mm.
- **ts:** instante en segundos de inicio de la compresión.
- **te:** instante en segundos del fin de la compresión.
- **ts_ef:** instante en segundos de inicio efectivo de la compresión. Donde cruza el umbral de 5mm.
- **te_ef:** instante en segundos del fin efectivo de la compresión. Donde cruza el umbral de 5mm.
- **trv:** instante en segundos donde se produce el valor máximo de la velocidad durante la descompresión o release velocity.
- **RV:** valor en mm/s de la release velocity.
- **tcv:** instante en segundos donde se produce el valor máximo de la velocidad durante la compresión o compression velocity.
- **CV:** valor en mm/s de Compression velocity. Este valor tiene signo, por lo que hay que tenerlo en cuenta.
- **rate:** frecuencia de las compresiones, medida en compresiones por minuto (cpm).
- **DC1:** Duty Cycle calculado con el método 1: tiempo que pasamos en compresión respecto al tiempo total de compresión y descompresión.

$$DC1 = \frac{tc - ts}{te - ts}$$

- **DC2:** Duty Cycle calculado con el método 2: tiempos efectivos.

$$DC2 = \frac{tc_{ef} - ts_{ef}}{te_{ef} - ts_{ef}}$$

- **DC3:** Duty Cycle calculado con el método 3: método de Kramer-Johansen et al (19). Es el área bajo la curva de profundidad de compresión con respecto al ciclo efectivo de compresión torácica.

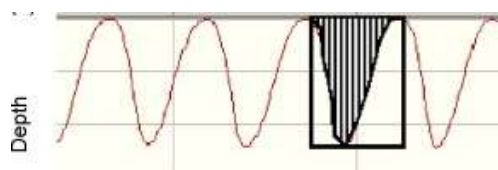


Ilustración 6.- Duty Cycle método 3 (19)

- **elim:** flag que indica si se debe eliminar la compresión, es decir, indica la validez de la compresión.

Mediante el uso de algunos de estos parámetros se calculan otros, como es el caso del tiempo de compresión (T_c) y el tiempo de descompresión (T_d), ilustrado en la siguiente ecuación. De la misma forma calculamos el tiempo de compresión efectiva (T_{c_ef}) y el tiempo de descompresión efectiva (T_{d_ef}). Sus unidades de medida son milisegundos (ms).

$$T_c = (t_c - t_s) * 1000 \text{ (ms)} \quad T_d = (t_e - t_c) * 1000 \text{ (ms)}$$

$$T_{c_ef} = (t_c - t_{s_ef}) * 1000 \text{ (ms)} \quad T_{d_ef} = (t_{e_ef} - t_c) * 1000 \text{ (ms)}$$

La siguiente ilustración muestra de forma visual los distintos parámetros de las compresiones torácicas:

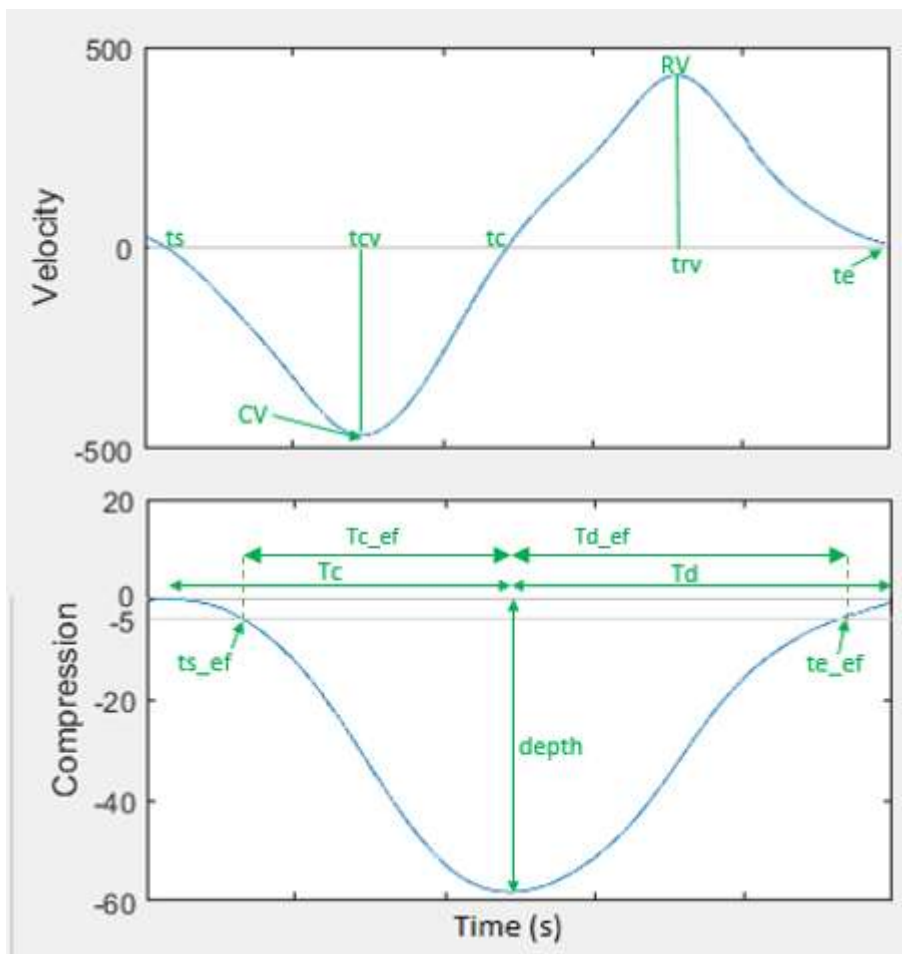


Ilustración 7.- Parámetros de las CT

A pesar de que todos los datos almacenados en la base de registros son utilizados, solo algunos serán analizados. Como parámetros clásicos se emplean “depth” y “rate”, profundidad y frecuencia respectivamente. Por otro lado, como nuevos parámetros, se estudiarán “RV”, “CV”, “Td_ef”, “Tc_ef”, “DC1”, “DC2” y “DC3”.

7.2. Métodos estadísticos

Para analizar los parámetros y ver su independencia con los parámetros clásicos se llevarán a cabo distintos análisis que se irán explicando más adelante. Dichos análisis harán uso de tres tipos de métodos estadísticos que se definirán a lo largo de este sub-apartado.

7.2.1. Lilliefors test

Uno de los primeros cálculos que se van a llevar a cabo es el Lilliefors test para medir el tipo de distribución de las métricas: distribución normal o distribución no normal. Este test se utiliza para calcular la hipótesis nula, la cual establece si es la afirmación de un parámetro es cierta o no, sobre los valores de las métricas provenientes de una distribución normal. Es decir, el test expone si los valores de los parámetros a estudiar siguen una distribución normal o no.

La función en Matlab que realiza este test es *lillietest*, recibe como parámetros de entrada todos los valores del parámetro que se quiera analizar, y obtiene como resultado el valor p y un 1 en el caso de que se rechaza la hipótesis nula, o un 0 si es que se acepta. Si la hipótesis queda rechazada significa que la distribución de los valores no es normal. En dicho caso, se calcularán la mediana, valor de la variable en la posición central de una serie ordenada de datos, y los percentiles 25 y 75, valores bajo el cual se encuentra el 25% y 75% respectivamente de las observaciones. Si se diera el caso de que la distribución de los parámetros fuese normal, se calcularía la media y la varianza.

7.2.2. Histograma

A continuación, el siguiente método estadístico que se utilizará para el análisis será el histograma. Es una representación gráfica, de los valores de una variable, dispuestos en barras que representa la distribución de frecuencias de los valores de un conjunto de datos, en este caso, un parámetro. Sirve para obtener más fácilmente una visión global del conjunto de datos, y poder así observar distintas tendencias. La función en Matlab para este método estadístico es: *histogram*. Esta función recibe como parámetro de entrada el conjunto de datos que se desea

analizar, y devuelve una gráfica como la que se observa en la siguiente Ilustración. El eje x representa el valor de cada dato, que en este caso eran mm. Por otro lado, el eje y representa el número de veces que el valor de cada barra aparece en el conjunto de datos.

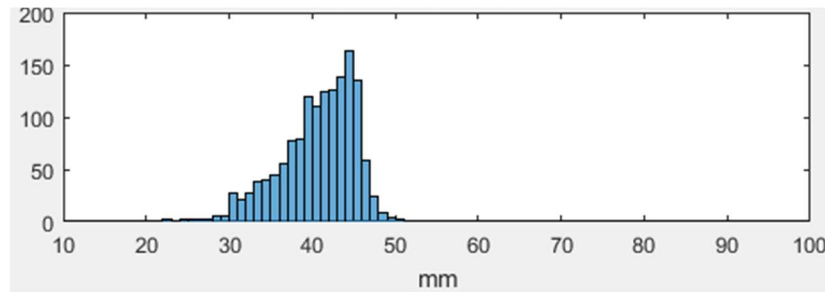


Ilustración 8.- Ejemplo de histograma

Otra de las funciones útiles de éste método, es que se puede superponer un histograma con otro. Por consiguiente, se pueden comparar dos tendencias de dos conjuntos de datos, de una forma visual y fácil. Para ello, solo es preciso introducir dos conjuntos de datos a la función en Matlab, la cual devolverá una gráfica como la mostrada en la siguiente Ilustración. En ella se pueden contemplar dos histogramas de dos conjuntos de datos, los cuales tiene valores en común dado que sus barras están superpuestas.

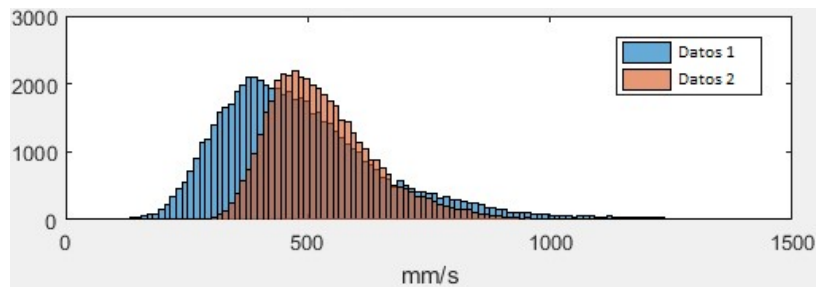


Ilustración 9.- Ejemplo de superposición de histogramas

7.2.3. Regresión lineal

Para finalizar, el último método estadístico que se va a utilizar es el de regresión lineal, utilizado para aproximar la dependencia entre una variable y otra. Para llevar a cabo el modelo, una de las variables es tomada como variable dependiente y la otra, como variable independiente. De esta forma, se calcula un modelo lineal que identifica qué variables independientes explican el valor de una variable dependiente, permitiendo predecir valores o comprobar hipótesis. En el caso concreto de este estudio, este método es de gran utilidad para verificar la independencia de las nuevas métricas estudiadas con respecto a las métricas clásicas.

Para ello, se utilizará la función *fitlm* proporcionada por Matlab que recibe los parámetros que se quieren estudiar teniendo en cuenta que uno será tratado como variable dependiente y, por consiguiente, el otro como variable independiente. Una de las opciones que ofrece es la de convertir el modelo en un modelo robusto de regresión, a través de la opción “RobustOpts”. Dicho modelo hace que sea significativamente más robusto frente a los outliers que podrían llegar a invalidar la hipótesis del modelo.

La función *fitlm* devuelve un objeto con el modelo estadístico, el cual incluye toda la información referente a los datos evaluados. Uno de los datos proporcionados de importancia para el estudio es el coeficiente de determinación o R^2 . Mide cuan cerca están los datos de la línea de regresión. Normalmente, cuanto mayor sea el valor de R^2 , mejor se adecua el modelo de regresión a los datos evaluados.

7.3. Análisis de los parámetros

Como ya se ha comentado anteriormente, a lo largo de este proyecto se van a realizar distintos análisis que se irán explicando durante este sub-apartado, y cuyos resultados se podrán analizar en el apartado Resultados.

7.3.1. Análisis de compresiones globales

Primeramente, se efectúa un estudio sobre la totalidad de las compresiones torácicas almacenadas en los registros. De esta forma, se puede analizar la variabilidad de los parámetros, independientemente de si las compresiones de las que proceden son de calidad o no, teniendo en cuenta que, no se utilizarán las compresiones marcadas en la base de registros como eliminadas. De este modo, contaremos con todas las compresiones que han sido marcadas como “válidas”, sean de calidad o no. Asimismo, se ejecutan dos tipos de análisis que se irán explicando en paralelo dado que siguen el mismo proceso de desarrollo. La única diferencia entre ambos son los datos utilizados. Por un lado, tenemos todos los datos provenientes de todos los registros, es decir, lo que llamaremos datos globales, mientras que, por otro lado, tenemos los obtenidos de un solo registro.

Lo primero que se va hacer, es obtener todos los datos de los parámetros, ignorando los marcados como eliminados mediante el flag elim. Además, como se ha especificado anteriormente, el valor de CV es un valor con signo por lo que hay que tenerlo en cuenta. Por consiguiente, para llevar a cabo todos los análisis y poder hacer las comparaciones más cómodamente se tomará como valor absoluto.

Una vez obtenidos todos los valores de los parámetros a estudiar, se procede a realizar el Lilliefors test a cada conjunto de valores de cada parámetro. Dado que todas son distribuciones no normales, se calcula la mediana y los percentiles 25 y 75, de cada distribución. Los resultados son almacenados en, para el caso de los datos globales, un fichero llamado “medprcGlobal.mat”, que cuenta con 4 estructuras con 9 campos cada uno, uno por parámetro. Las tres primeras estructuras (medGlobal, p25Global y p75Global) contienen los valores de la mediana y los dos percentiles. La última (medprcGlobal) por cada campo contiene un array de celdas con los valores ($[p_{25} \text{ med } p_{75}]$). En el caso de un solo registro, el fichero se denomina “medprc.mat”, teniendo la misma estructura que el global, solo que en este caso las estructuras que contienen los 9 campos son de 1×102 .

El siguiente paso consiste en calcular un histograma por parámetro a analizar. Se crean dos figuras, en las que en cada una de ellas se comparan cuatro parámetros nuevos con los dos clásicos. De esta forma, la comparación se hace de una forma más sencilla y visual. En los títulos de cada histograma, se muestra a qué parámetro corresponde, su mediana y sus percentiles. En las siguientes ilustraciones podemos ver ejemplos de primera y segunda figura de un solo record.

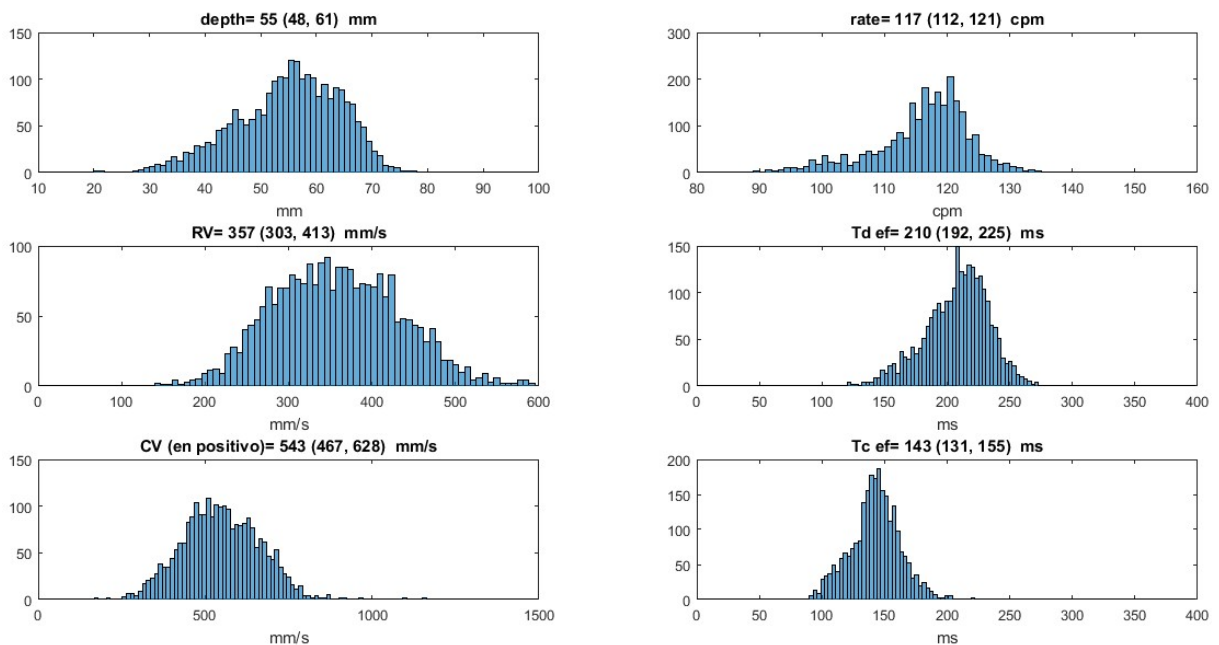


Ilustración 10.- Figura 1 histogramas record 60

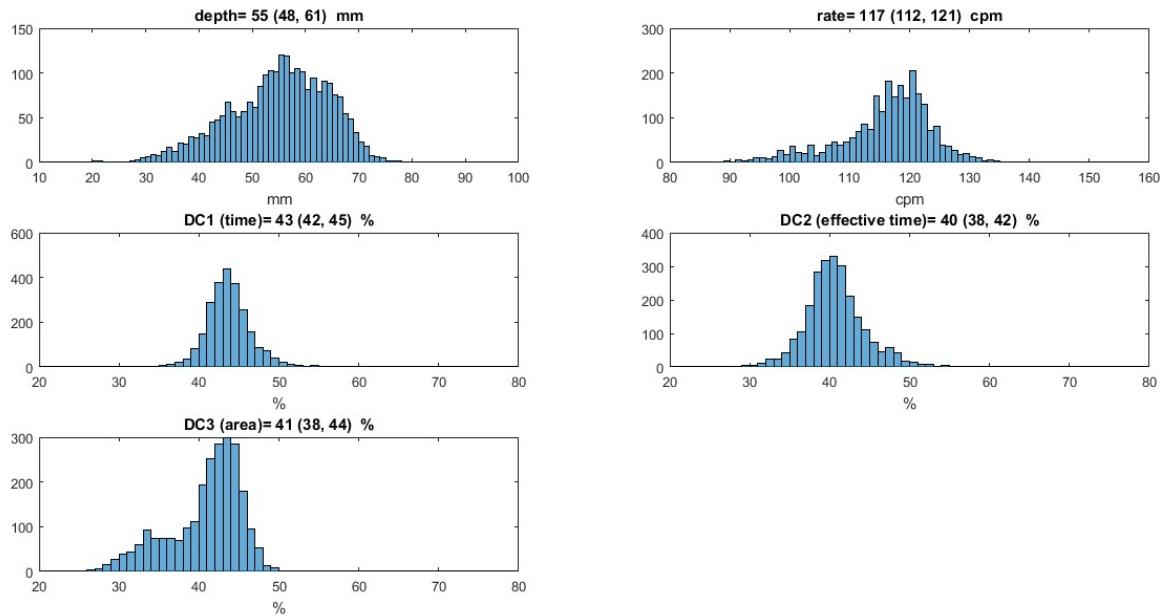


Ilustración 11.- Figura 2 histogramas record 60

La regresión lineal consiste en crear un modelo mediante el uso de una variable dependiente y una variable independiente. Es decir, se evalúa la independencia de un parámetro frente a otro. Uno de los pasos intermedios que hay que llevar a cabo, antes de crear el modelo, es eliminar los outliers. Estos valores, no son valores comunes dentro de nuestro conjunto de datos y podrían estropear las estadísticas. Para su eliminación, se calcula el valor del percentil 99 de cada una de las variables, se multiplica por dos, y este resultado es el que se toma como límite. Si un valor es superior al límite, se toma como outlier y se elimina.

Después de tener todos los valores válidos para el estudio, se procede a calcular el modelo de regresión lineal. De él, se obtiene el valor de R^2 , el cual es almacenado en un fichero denominado “rsquareGlobal.mat” para el caso global, y “rsquare1reg.mat” para los de 1 registro, la cual es una estructura de 1×10^2 . Asimismo, se calcula la pendiente de la línea de regresión y se almacena en otros dos ficheros, con la misma estructura que los de R^2 , “pendienteGlobal.mat” y “pendiente1reg.mat”. En la siguiente Ilustración se muestra un ejemplo de regresión lineal para el registro 60.

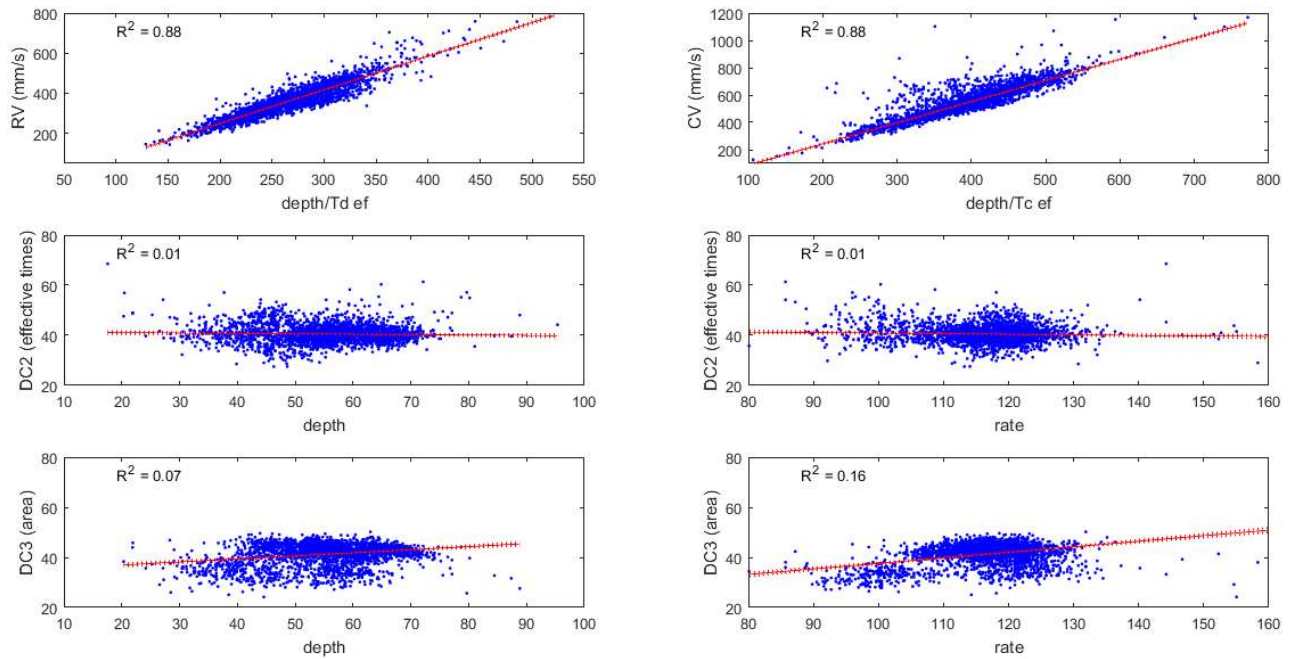


Ilustración 12.- Regresión lineal registro 60

7.3.2. Análisis de compresiones clasificadas basándose en las guías de resucitación

Las actuales guías de resucitación establecen unos valores de calidad para los parámetros de profundidad y frecuencia de las compresiones torácicas, los cuales ayudan a la realización de una correcta realización de las compresiones. Las especificaciones para dichos parámetros son:

- **Frecuencia:** entre 100 y 120 cpm.
- **Profundidad:** entre 50 y 60 mm.

Basándose en estos valores, se filtra el total de las compresiones del conjunto global de datos, dividiéndolas en dos grupos: guías y no guías. Se repite el filtrado para el conjunto de datos de un solo registro. Las compresiones basadas en guías obtenidas de este último filtrado son almacenadas en una nueva base, con la misma estructura que la original y guardada en un fichero denominado “baseGuides.mat”. A pesar de que tras el filtrado no deberían quedar compresiones inválidas, se realiza un proceso de comprobación y se eliminan las que hayan podido quedar.

Una vez obtenidos todos los valores de los parámetros a estudiar, datos globales y de un solo record, se procede a realizar el Lilliefors test a cada conjunto de valores de cada parámetro. Dado que todas son distribuciones no normales, se calcula la mediana y los percentiles 25 y 75, de cada distribución. Los resultados son almacenados en, para el caso de los datos globales, un fichero llamado “medprcGlobal_Guides.mat”, que cuenta con 4 estructuras con 9 campos cada

uno, uno por parámetro. Las tres primeras estructuras (medGlobal_Guides, p25Global_Guides y p75Global_Guides) contienen los valores de la mediana y los dos percentiles. La última (medprcGlobal_Guides) por cada campo contiene un array de celdas con los valores ($[p_{25} \text{ med } p_{75}]$). En el caso de un solo registro, el fichero se denomina “medprc1reg_Guides.mat”, teniendo la misma estructura que el global, solo que en este caso las estructuras que contienen los 9 campos son de 1×10^2 .

A continuación, se calcula un histograma por parámetro a analizar. Se crean dos figuras, del mismo estilo que con el conjunto de datos total. En las siguientes ilustraciones podemos ver ejemplos de la primera y segunda figura con los histogramas de un solo record.

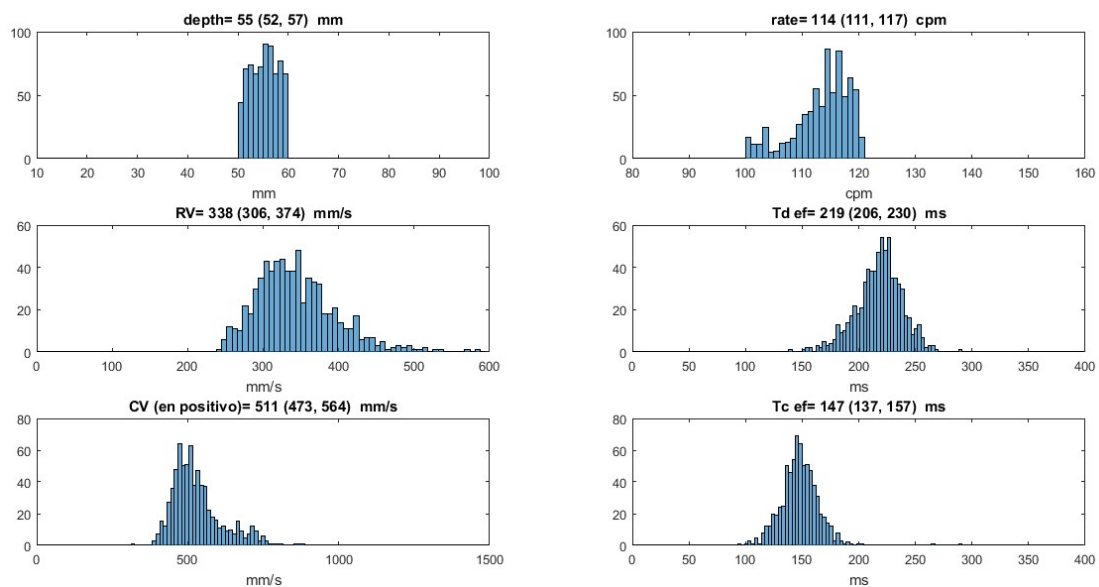


Ilustración 13.- Histograma record 60 Guías

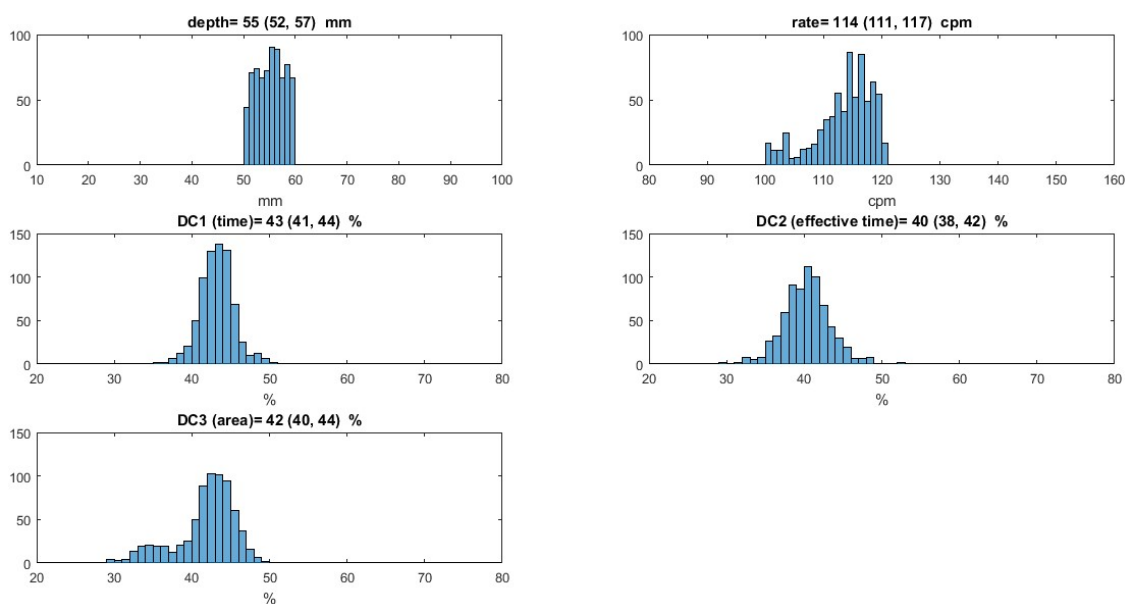


Ilustración 14.- Histograma record 60 Guías

Por último, se calcula la regresión lineal, a través de la cual se evalúa la independencia de un parámetro frente a otro. Al igual que con las compresiones totales es necesario eliminar los outliers. Después de tener todos los valores válidos para el estudio, se procede a calcular el modelo de regresión lineal. De él, se obtiene el valor de R^2 , el cual es almacenado en un fichero denominado “rsquareGlobal_Guides.mat” para el caso global, y “rsquare1reg_Guides.mat” para los de 1 registro, la cual es una estructura de 1×102 . Asimismo, se calcula la pendiente de la línea de regresión y se almacena en otros dos ficheros, con la misma estructura que los de R^2 , “pendienteGlobal_Guides.mat” y “pendiente1reg_Guides.mat”. En las siguientes Ilustraciones se muestra un ejemplo obtenido para el registro 60.

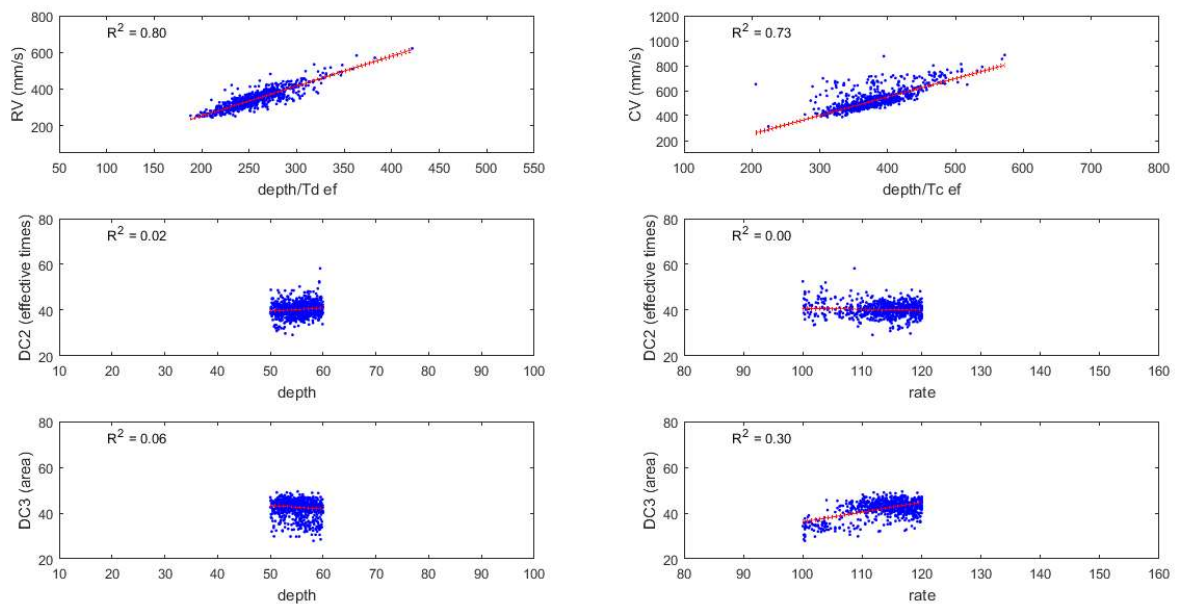


Ilustración 15.- Regresión lineal registro 60 guías

7.4. Búsqueda de impulsividad

Para finalizar el proyecto, se buscan compresiones torácicas de calidad obtenidas de los registros, que demuestran de una forma visual distintos patrones de impulsividad. Se realiza una búsqueda en un registro, acotando los valores de profundidad y frecuencia, de tal forma que las compresiones obtenidas tengan los valores de los parámetros clásicos los más parecidos posibles. De esta forma, se demostraría que, aunque cumplan con las especificaciones de calidad, no tienen la misma forma de onda. Tras encontrar las compresiones válidas para el estudio, se muestran superpuestas unas con otras para que se más sencillo ver la diferencia entre ellas. Además de las compresiones, también se muestran las señales de velocidad y aceleración, para así ver la variabilidad en estas señales dependiendo de la impulsividad con la que se realizaron las CT.

8. Resultados

En este apartado se expondrán los resultados más importantes obtenidos tras la realización de todos los análisis durante la duración del proyecto.

8.1. Caracterización de los registros

Primeramente, se cuenta con un conjunto de 102 registros, con una longitud media de 32,68 minutos y una desviación típica de 11,91 minutos. Provenientes de dichos registros, se han contabilizado y marcado un total de 247816 compresiones torácicas, con una media y desviación típica por registro de 2263,64 y 956,98 compresiones respectivamente.

En lo referente a los parámetros de calidad, el conjunto de datos de ambas métricas son distribuciones no normales, por lo que se calculan su mediana y sus percentiles 25 y 75. En el caso de la profundidad, sus valores correspondientes de percentil 25, mediana y percentil 75 son de 41,84 mm, 49,62 mm y 57,53 mm respectivamente. Para la frecuencia, los valores son 106,19 cpm, 112,99 cpm y 120,72 cpm. Se puede observar que los valores de profundidad son bastante cercanos a los establecidos por las guías de resucitación (entre 50 y 60 mm), mientras que los de frecuencia se encuentran dentro del rango, entre 100 y 120 cpm. Estos datos reflejan que la mayoría de las compresiones han sido dadas intentando cumplir las especificaciones de las guías, quedándose un poco por debajo en el caso de la frecuencia. Si se desean datos más concretos de los registros, véase Anexo 2.

Durante el desarrollo de este proyecto se ha advertido que tres registros (1, 12 y 82) no incluían ninguna compresión que cumpliera con lo especificado en las guías, probablemente debido a que las tres resucitaciones a las que pertenecen los registros fueron realizadas antes de la publicación de las últimas guías de resucitación. Por lo tanto, la falta de compresiones de calidad puede ser debida a que no estuvieran actualizados. Los registros han sido tenidos en cuenta para el estudio debido a que, aunque éste hecho no debería darse, es algo que podría ocurrir.

8.2. Análisis de los parámetros

8.2.1. Análisis de compresiones globales

Se analizarán los resultados obtenidos de los datos globales, es decir, de todo el conjunto de compresiones que se encuentran en los 102 registros. Primeramente, se observarán los

parámetros de forma individual, a través de los histogramas. Se comenzarán estudiando los resultados de los parámetros clásicos de calidad, para dar paso a los nuevos parámetros.

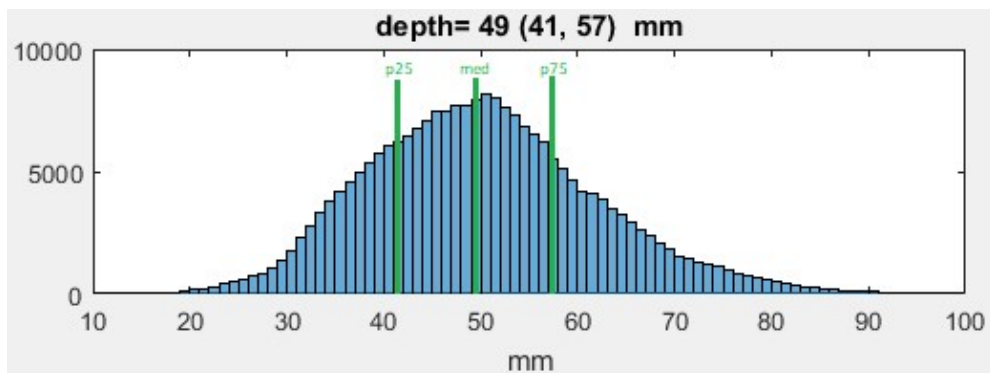


Ilustración 16.- Histograma profundidad global

En el caso de la profundidad, se puede observar en la anterior ilustración que el rango de valores es bastante amplio, yendo desde los 20 mm hasta los 90 mm. Sin embargo, el grueso del conjunto se encuentra entre los 40 y los 60 mm, es decir, existen muchos valores que cumplen con las especificaciones de calidad, pero existe otra gran parte que no lo hace. En la siguiente ilustración, se puede ver el histograma del parámetro rate (frecuencia). Al igual que con la profundidad, la frecuencia también tiene un rango de valores bastante alto, desde los 80 hasta los 150 cpm. Por otro lado, la mayoría de los valores los encontramos entre las 100 y 125 cpm, prácticamente todo el rango especificado por las guías.

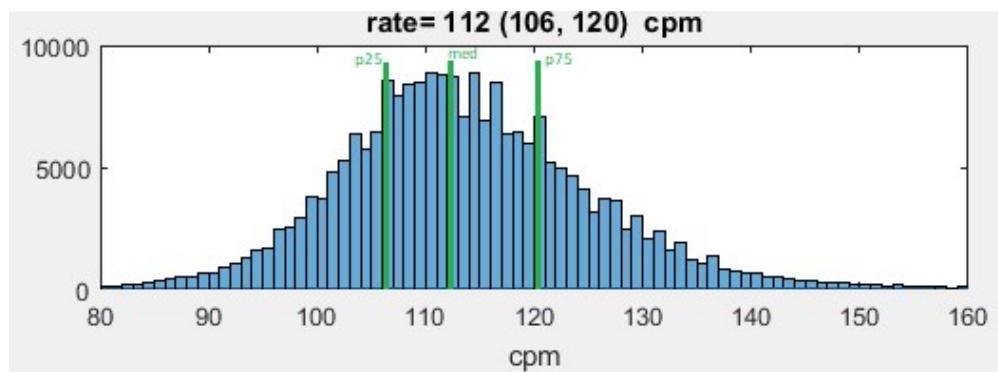


Ilustración 17.- Histograma frecuencia global

Ahora se pasará a visualizar que datos se obtienen del análisis de los tiempos de compresión/descompresión efectivos. En este caso, no existen unos valores óptimos predefinidos que puedan esclarecer si las compresiones fueron tomadas de forma correcta, por lo que, simplemente, compararemos ambos resultados para ver las diferencias. En las dos siguientes ilustraciones, se puede visualizar los histogramas de los dos tiempos de compresiones efectivos.

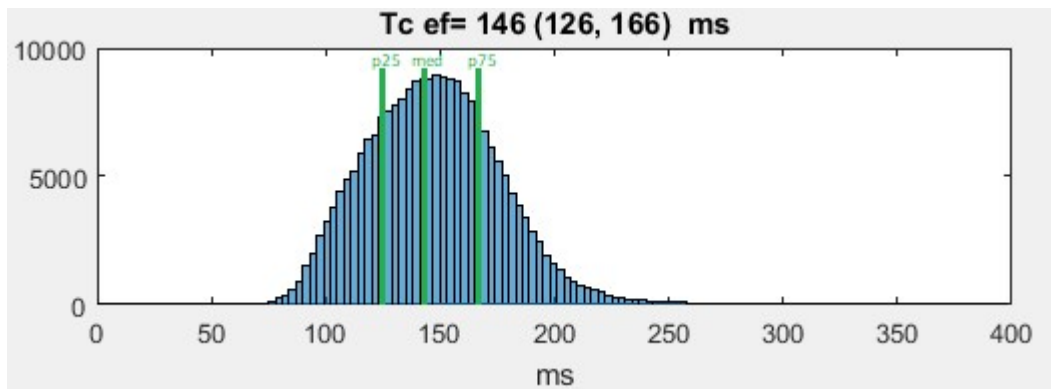


Ilustración 18.- Histograma Tc_ef global

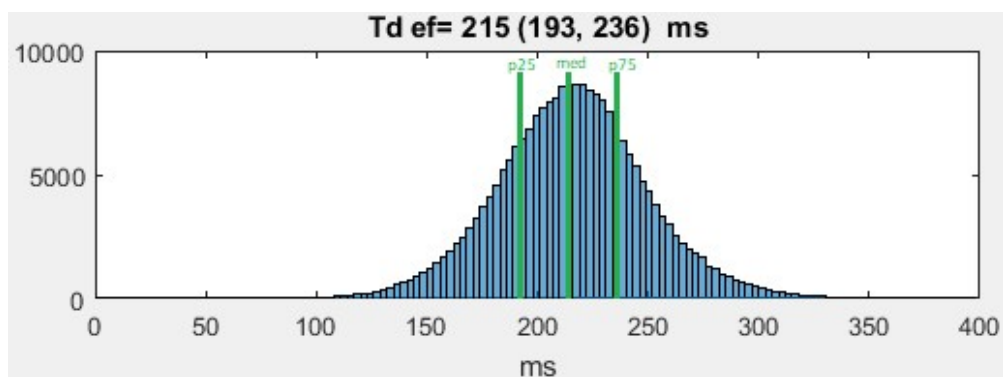


Ilustración 19.- Histograma Td_ef global

Comparando ambos histogramas se puede comprobar que el rescatador tarda menos tiempo en comprimir el pecho del paciente que en descomprimirlo, con una diferencia de unos 69 ms entre ambas métricas. Es una diferencia bastante considerable, teniendo en cuenta que para obtener un 50% de Duty Cycle, valor recomendado en la actualidad, ambas métricas deberían tener un valor parecido. Dados estos resultados en los tiempos de compresión se puede deducir que los valores de Duty Cycle serán menores del 50%, como se verá más adelante en este apartado.

A continuación, se observarán cuáles son los resultados obtenidos para las velocidades, Release Velocity y Compression Velocity. Hay que tener presente, que los valores de Compression Velocity son tomados en valor absoluto.

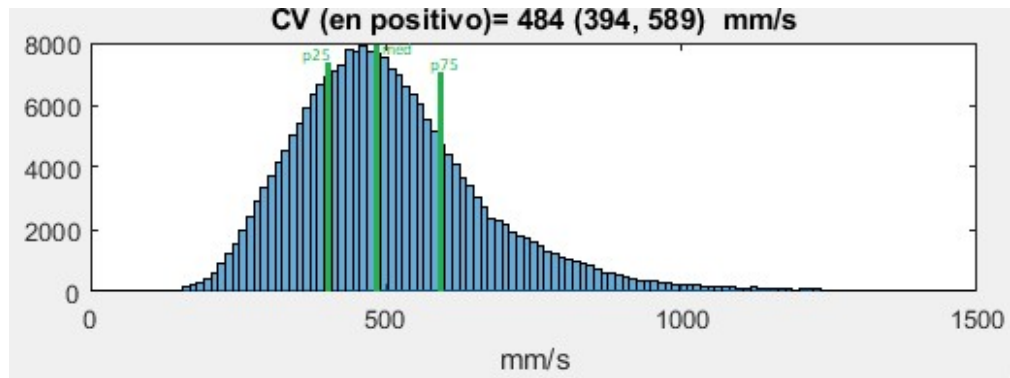


Ilustración 20.- Histograma CV global

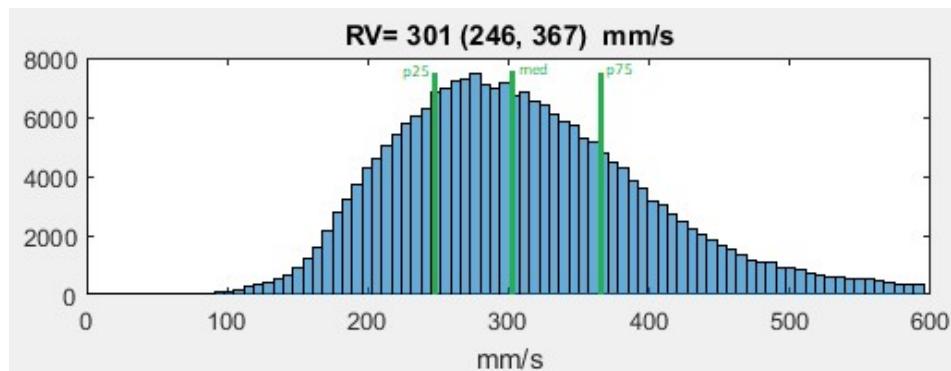


Ilustración 21.- Histograma RV global

Al contrario que con los tiempos de compresión/descompresión, en este caso la Compresión Velocity es más alta, con una mediana de 484 mm/s, frente a los 301 mm/s de la Release Velocity. Estos resultados cuadran con los tiempos, dado que, para recorrer la misma profundidad en compresión y descompresión, el realizar la compresión a mayor velocidad implica un menor tiempo de compresión. Lo mismo pasa con la descompresión, una menor velocidad de descompresión conlleva un mayor tiempo de descompresión.

Por último, se estudiarán los parámetros del Duty Cycle, en sus tres formas de cálculo. Se comenzará analizando los resultados del tipo 1, el cual se calcula a través de los parámetros de tiempo de compresión y descompresión. En la siguiente ilustración, se puede ver como los valores de mediana y los percentiles están por debajo del valor recomendado por las últimas guías de resucitación. Valores menores del 50% son obtenidos debido a que el tiempo de compresión es menor que el de descompresión.

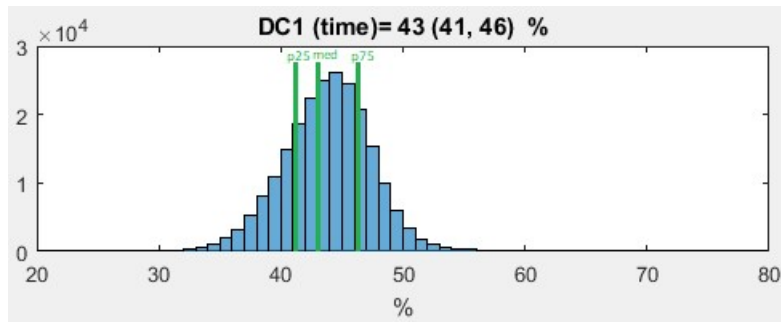


Ilustración 22.- Histograma DC1 global

El Duty Cycle de tipo 2, es calculado de la misma forma que el 1, salvo porque en este caso se utilizan valores eficaces. El valor de mediana obtenido, es del 41%, un 2% más bajo que el del DC1. Un valor menor del 50% es algo que ya se había predicho, al verificar que el tiempo de compresión eficaz era considerablemente más pequeño que el tiempo de descompresión eficaz. Además, se puede ver que tiene un rango de valores bastante grande, yendo desde el 25% al 55%, rango mucho más amplio que el del DC1.

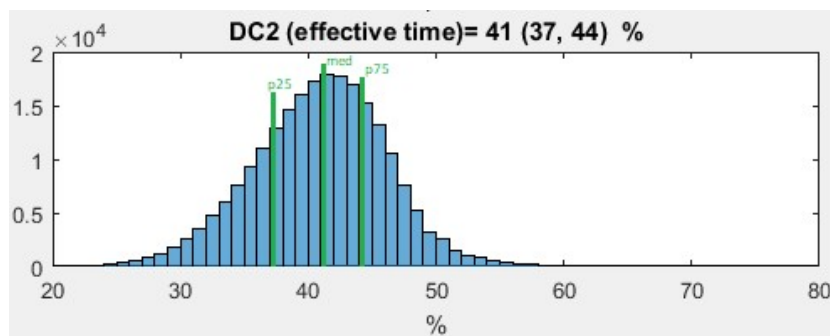


Ilustración 23.- Histograma DC2 global

Por último, el Duty Cycle de tipo 3, calculado mediante áreas. El histograma nos muestra un intervalo de valores bastante amplio, al igual que el DC2, no obstante, el valor de la mediana es un término medio entre el DC1 y el DC2, siendo éste de un 42%. Los valores de los percentiles son prácticamente iguales a los del DC2.

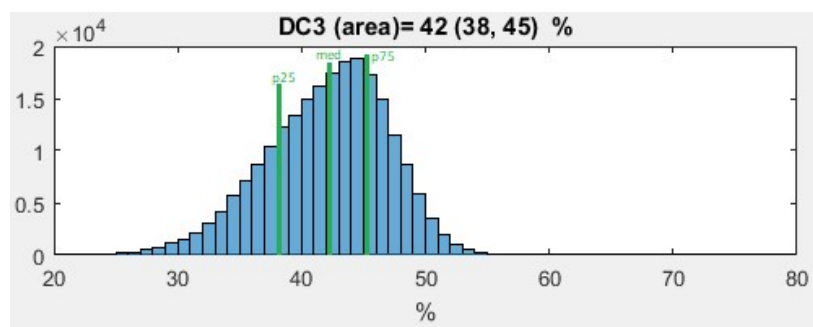


Ilustración 24.- Histograma DC3 global

Tras estudiar los parámetros de una forma individual, se estudiarán ahora las relaciones entre ellos y así, ver su independencia unos con otros. Primero se analizarán las velocidades, comparándolas con la relación depth/T_{d_ef} y depth/T_{c_ef} para Release Velocity y Compression Velocity respectivamente.

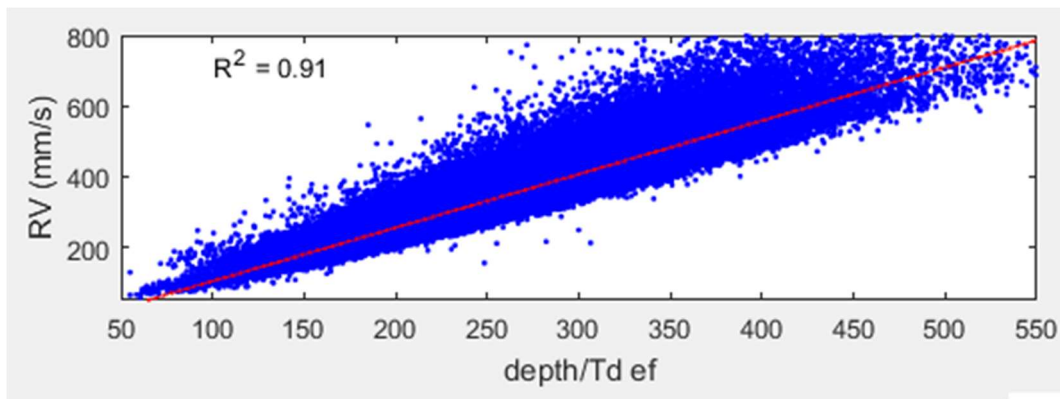


Ilustración 25.- Regresión lineal global RV vs depth/T_{d_ef}

La ilustración 25 muestra la regresión lineal de la Release Velocity vs depth/T_{d_ef} . Tras la eliminación de los outliers, los resultados varían entre los 50 y los 550 mm/s. El valor de R^2 es de 0.91, muy cercano a uno, lo que sugiere que ambas variables podrían ser bastante dependientes entre sí.

La ilustración 26 muestra el modelo de regresión lineal de los parámetros Compression Velocity y depth/T_{c_ef} . Una vez eliminados los outliers, los resultados obtenidos varían entre los 100 y los 800 mm/s. En este caso R^2 es 0.93, más alto que el de RV, lo que implica que CV podría ser más dependiente del tiempo de compresión efectiva, que RV del tiempo de descompresión efectiva.

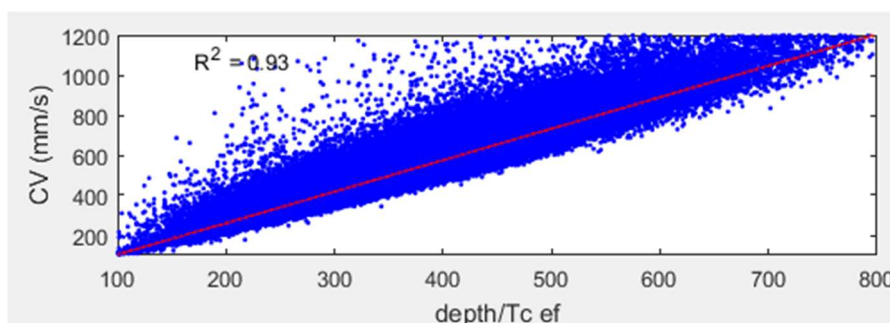


Ilustración 26.- Regresión lineal global CV vs depth/T_{c_ef}

Posteriormente, se pasa a estudiar la relación existente entre el Duty Cycle de tipo 2, tiempos efectivos, con los parámetros clásicos de calidad. Mediante su análisis, se puede deducir

si los parámetros son independientes entre sí, o si pueden tener algún tipo de relación como era el caso de las velocidades.

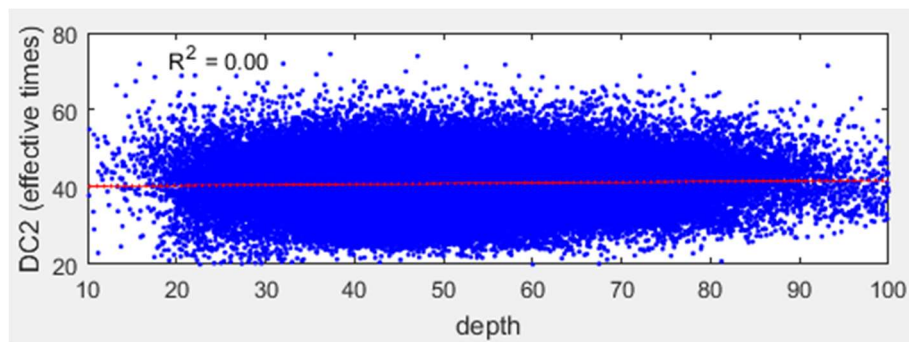


Ilustración 27.- Regresión lineal global DC2 vs depth

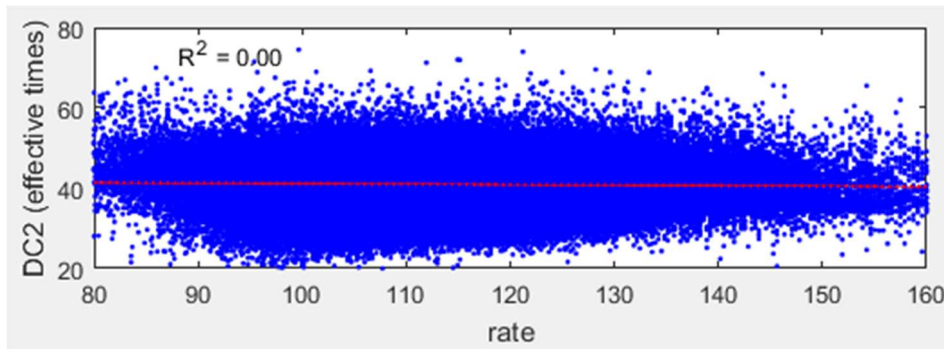


Ilustración 28.- Regresión lineal global DC2 vs rate

La ilustración 27 presenta el modelo de regresión lineal del Duty Cycle de tipo 2, con relación a la profundidad, mientras que la Ilustración 28 es el DC2 con relación a la frecuencia. Ambos modelos cuentan con un valor de R^2 de 0,00, lo cual deja entrever que no existiría dependencia entre DC2 y los dos parámetros de calidad. Este resultado demostraría que DC2 podría ser un buen parámetro de referencia debido a su independencia con los parámetros clásicos de calidad.

Por otro lado, a continuación, se estudiarán los resultados relativos al Duty Cycle de tipo 3, las áreas, en relación a los parámetros de calidad. En este caso, DC3 en relación con la frecuencia, muestra un R^2 de 0,06, mientras que en el caso de la profundidad R^2 de 0,00. Un R^2 de 0,06 es bastante cercano a 0, por lo que se podría deducir que DC3 podría ser considerado como independiente de la frecuencia y profundidad, resultando en un buen posible parámetro de calidad.

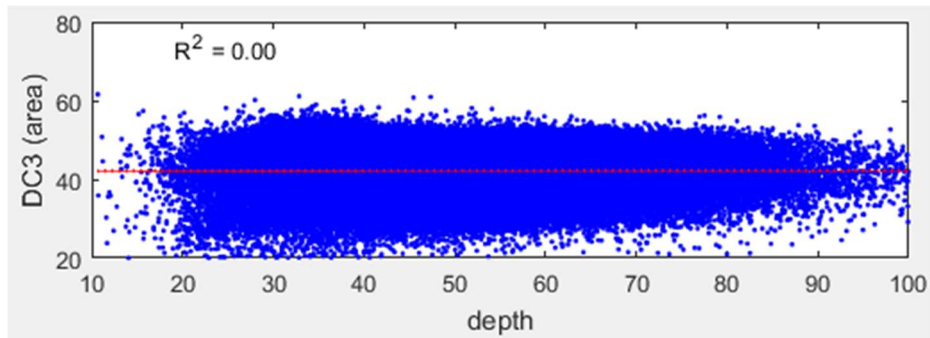


Ilustración 29.- Regresión lineal global DC3 vs depth

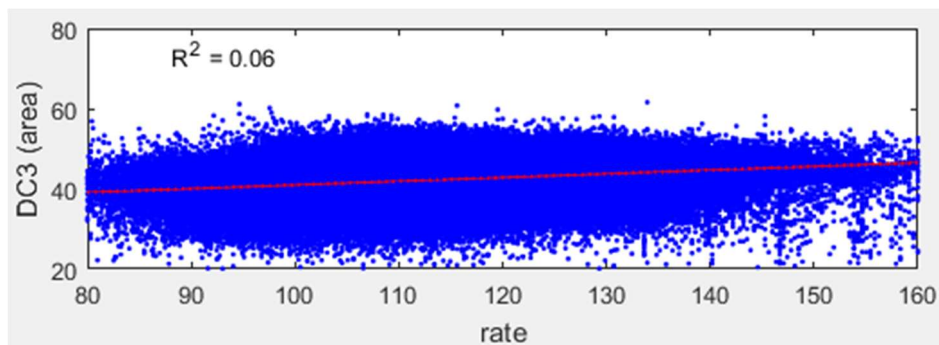


Ilustración 30.- Regresión lineal global DC3 vs rate

En conclusión, cuando se tienen en cuenta el total de las compresiones almacenadas en los registros, se puede deducir que los parámetros de velocidad son dependientes con respecto a los clásicos, mientras que, por otro lado, los Duty Cycle son prácticamente independientes.

8.2.2. Análisis de compresiones clasificadas basándose en las guías de resucitación

Como se ha venido diciendo durante el proyecto, las compresiones torácicas pueden clasificarse en base a unos criterios establecidos por las guías de resucitación, que especifican si estas compresiones han sido dadas de una forma óptima o no. Estas especificaciones son las siguientes:

- **Frecuencia:** entre 100 y 120 cpm.
- **Profundidad:** entre 50 y 60 mm.

Basados en ellas, se filtra el total de las compresiones, dividiéndolas en dos grupos: guías y no guías. Primeramente, se observarán los histogramas de los parámetros analizados de forma individual. Sin embargo, para que sea más sencillo se utilizan histogramas en los que están superpuestos los resultados de los dos grupos. Para los parámetros de calidad, los histogramas son los mostrados en las siguientes ilustraciones.

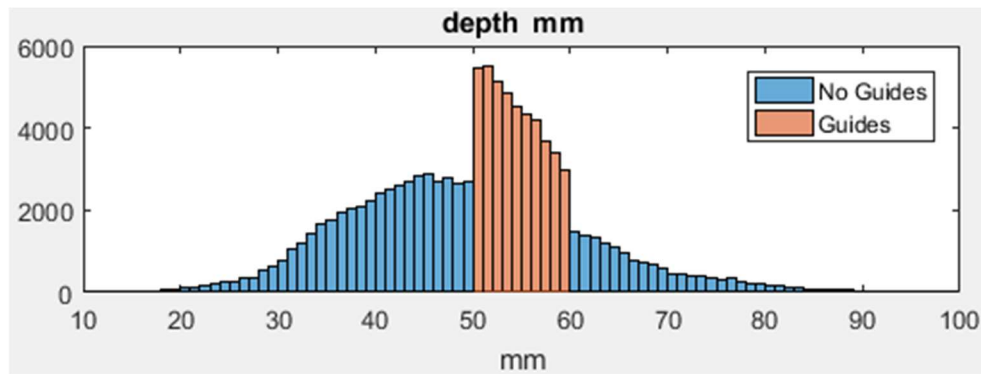


Ilustración 31.- Depth Guías y no Guías

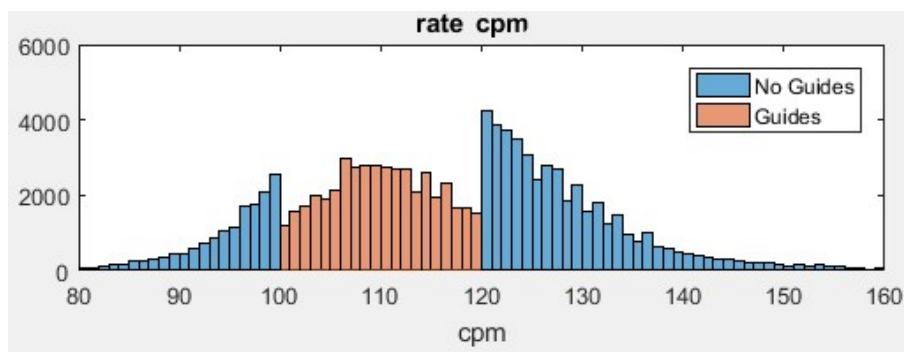


Ilustración 32.- Rate Guías y No Guías

Puede verse la diferencia en los resultados obtenidos al realizar dos histogramas, uno por cada grupo de compresiones, y superponiéndolos, si son comparados con cuando estaban analizados como un solo conjunto de datos. Para el conjunto de guías, la mediana obtenida es de 54 mm y 110 cpm, mientras que para las que no cumple guías su mediana es de 44mm.y 123 cpm.

En el caso de los tiempos de compresión, mostrados en las siguientes Ilustraciones, se puede ver que las compresiones que cumplen con las especificaciones tiene unos tiempos de compresión más duraderos. Esto podría ser un valor interesante para identificar compresiones de calidad, no obstante, parte del espectro se superpone por lo que habría que realizar un estudio más en profundidad.

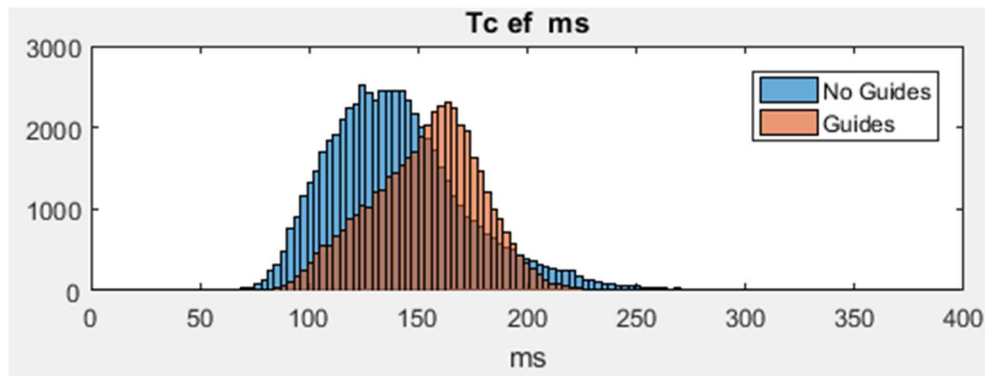


Ilustración 33.- Tc_ef Guías vs No Guías

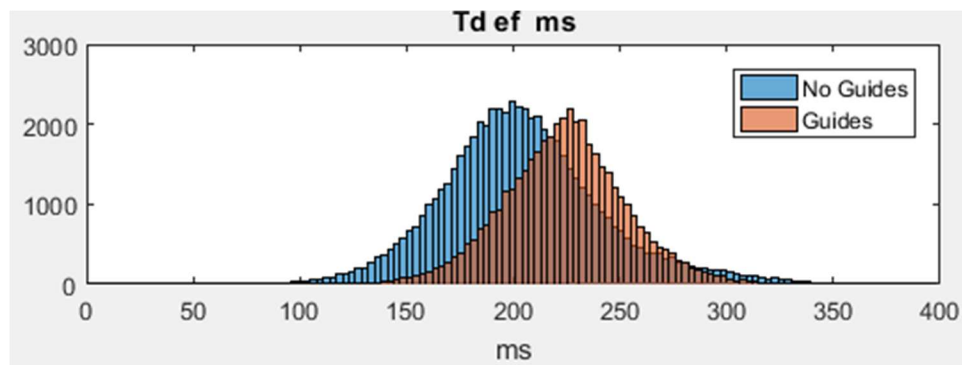


Ilustración 34.- Td_ef Guías vs no Guías

Los valores de mediana obtenidos para el conjunto de guías son 156 ms para Tc_ef y 224 ms para Td_ef, mientras que para el conjunto que no cumplen las guías son de 137ms para Tc_ef y 201 ms para Td_ef.

Los resultados obtenidos del análisis de las velocidades, indican, al igual que en los tiempos de compresión, que las compresiones de calidad son dadas a una mayor velocidad, implicando una mayor impulsividad. No obstante, el aumento en la velocidad es más notorio en el caso de Release Velocity.

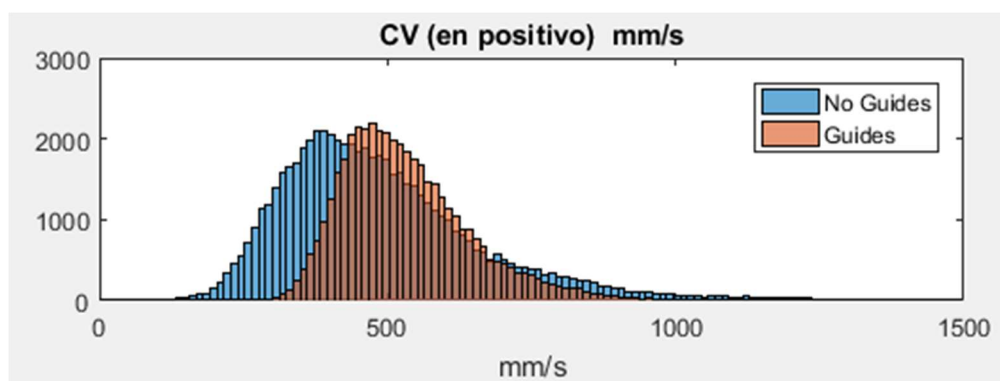


Ilustración 35.- CV Guías vs No Guías

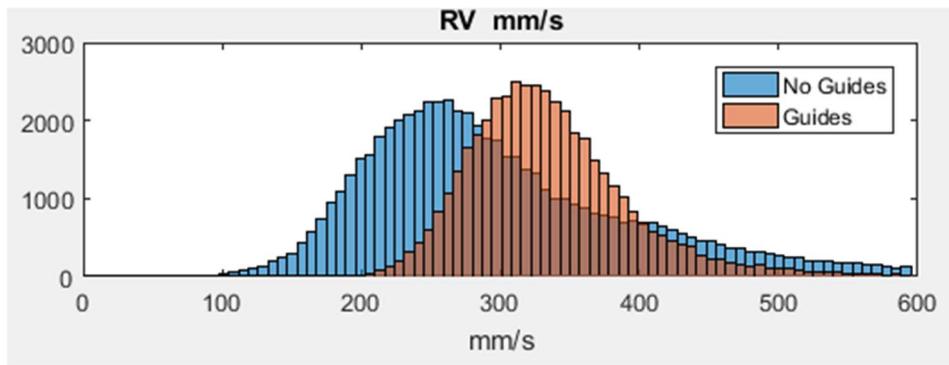


Ilustración 36.- RV Guías vs No Guías

A simple vista, parece que estas dos métricas, sobre todo Release Velocity, podrían ser válidas como referencias unívocas de calidad; sin embargo, existen zonas en las que las gráficas se superponen. Los valores de medianas obtenidos para CV son de 513 ms y 458 ms, para el conjunto de guías y el de no guías respectivamente. Para RV los valores obtenidos son 27 ms y 280 ms, para el conjunto de guías y el de no guías respectivamente.

Por último, se estudiará de forma individual los resultados obtenidos de los Duty Cycle. Visualmente se deduce que los resultados no varían en gran medida, pudiendo demostrar su independencia de las métricas clásicas.

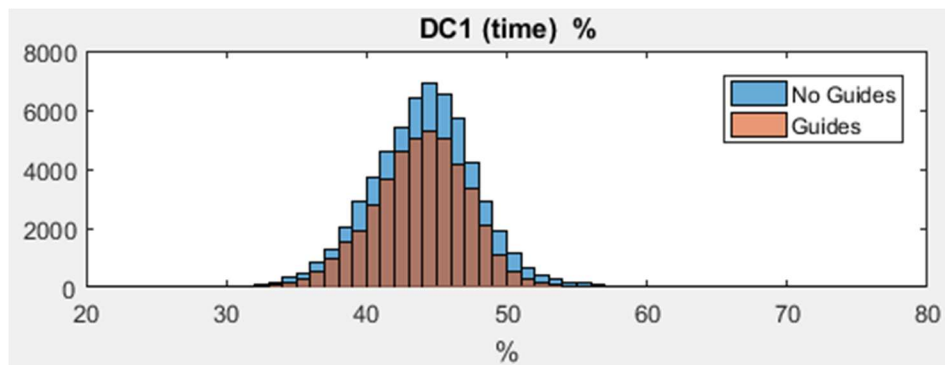


Ilustración 37.- DC1 Guías vs No Guías

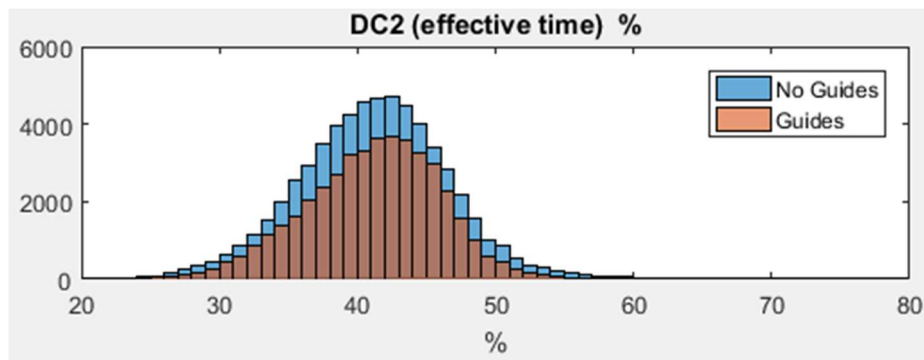


Ilustración 38.- DC2 Guías vs No Guías

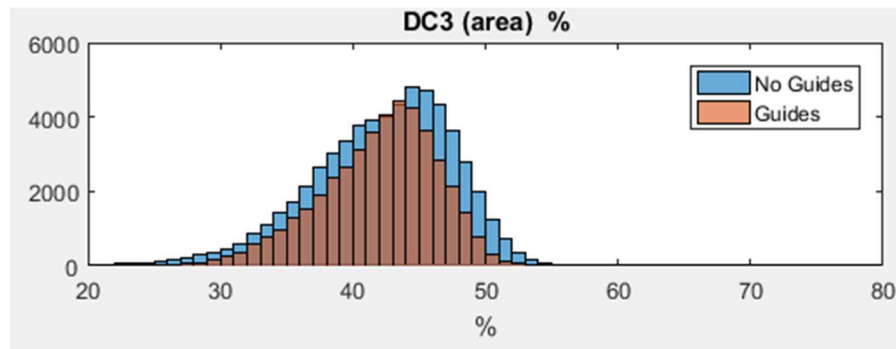


Ilustración 39.- DC3 Guías vs No Guías

Las medianas obtenidas de las tres anteriores Ilustraciones son las mostradas en la tabla a continuación. Como ya se había comentado tras analizar las gráficas, no existe variación entre los histogramas pertenecientes a un conjunto de compresiones que cumplieran las especificaciones, o a el conjunto de compresiones que no las cumpliera.

Tabla 1.- DC Guías vs No Guías

(medianas %)	DC1	DC2°	DC3
Guías	44	41	42
No Guías	44	41	42

Una vez estudiados los parámetros de forma individual, se observará como están relacionados entre sí, y de esta forma ver su dependencia unos con otros. Este proceso se hace mediante la creación de un modelo de regresión lineal. En este caso, dado que se busca un parámetro que sirva como referencia para dar calidad, sólo se considerarán las compresiones que ya en la actualidad cumplen con las especificaciones.

Se empezará estudiando las velocidades y su dependencia con la profundidad/Tiempos de compresión efectivos. En las siguientes Ilustraciones se puede apreciar una disminución en el R^2 , 0,86 y 0,74 para CV y RV respectivamente, lo que conlleva una disminución en la dependencia entre los parámetros. Sin embargo, estos valores siguen siendo bastante altos y cercanos a 1, por lo que se deduce que ambas velocidades podrían ser dependientes de los parámetros clásicos.

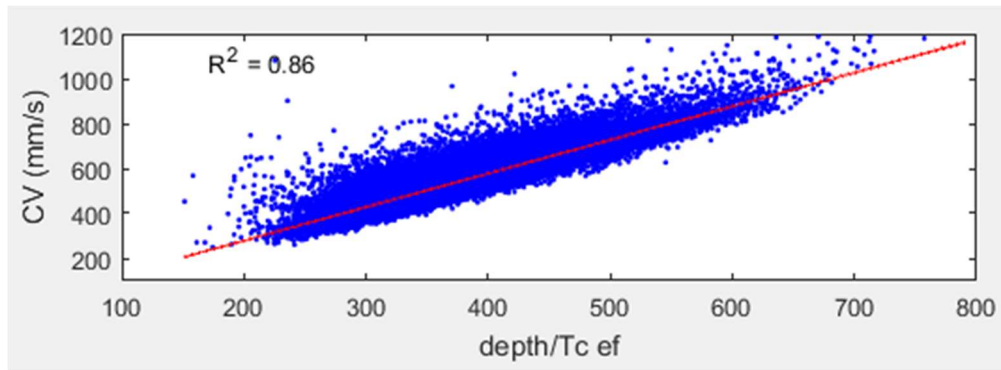


Ilustración 40.- Regresión lineal CV Guías

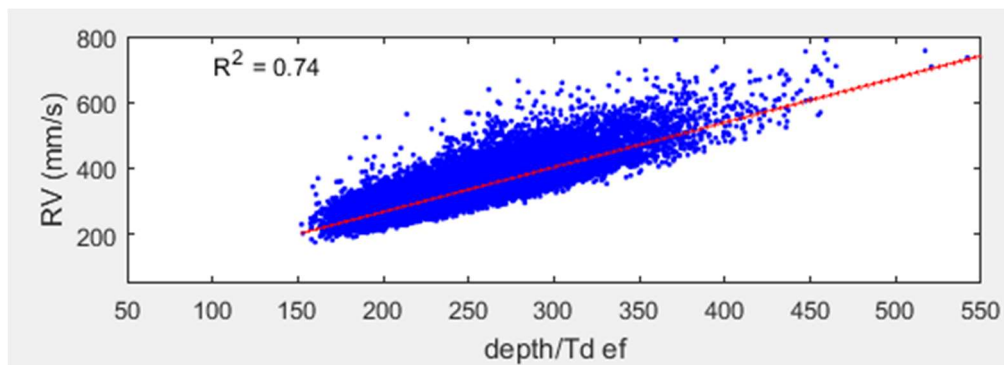


Ilustración 41.- Regresión lineal RV Guías

Por otro lado, el valor de R^2 no ha sufrido variaciones para el modelo de regresión del Duty Cycle de tipo 2, el cual se sigue manteniendo en 0,00. Se podría deducir que este parámetro podría ser considerado como parámetro independiente de los clásicos.

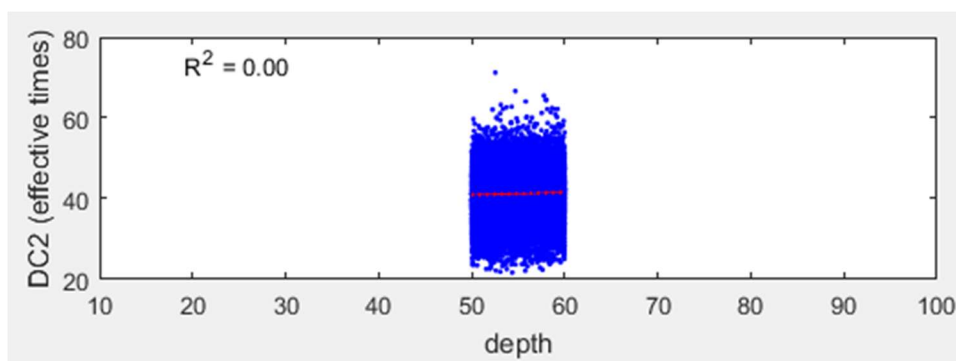


Ilustración 42.- Regresión lineal DC2 vs depth Guías

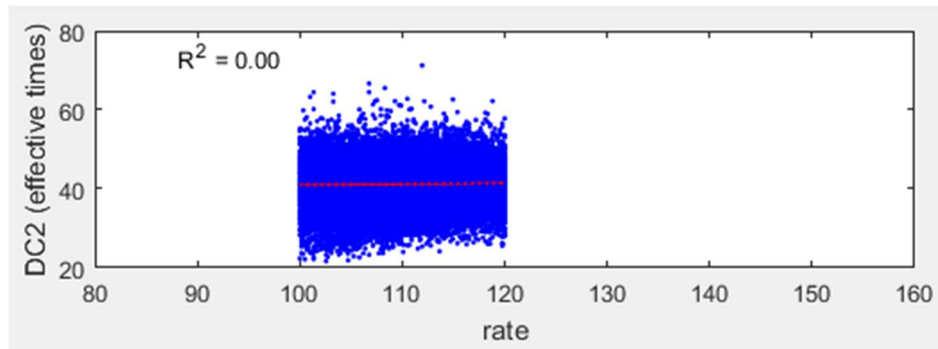


Ilustración 43.- Regresión lineal DC2 vs Rate Guías

Por último, el valor de R^2 para el modelo de DC3 vs rate, se reduce cuando se toman solo los datos que cumplen con lo establecido en las guías. Para el caso en el que se compara con la profundidad no sufre ningún cambio, manteniéndose en 0,00. Cuando se habla de compresiones que cumplen guías, los resultados muestran unos niveles mayores de independencia, por lo que se deduce que DC3 podría ser un buen parámetro de calidad independiente de los clásicos.

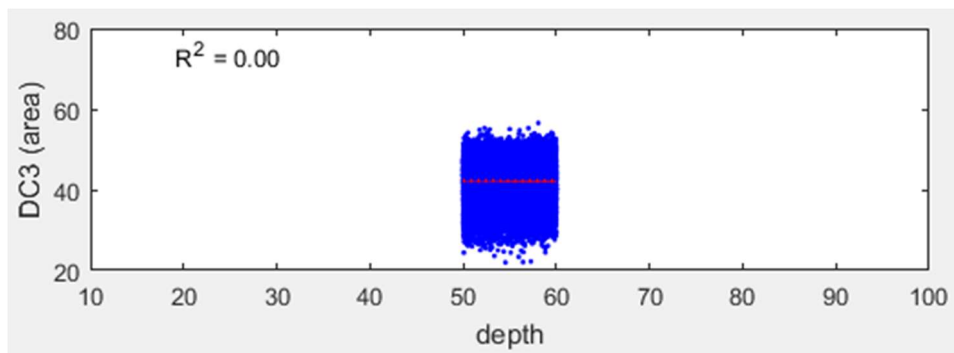


Ilustración 44.- Regresión lineal DC3 vs depth Guías

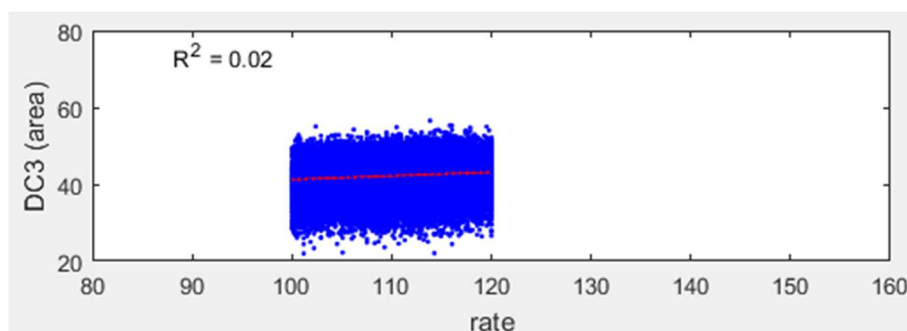


Ilustración 45.- Regresión lineal DC3 vs rate Guías

En conclusión, las velocidades y los tiempos de compresión podrían aumentar cuando establecemos criterios de calidad, al contrario que los Duty Cycle, los cuales parecen mantenerse constantes, además de poder ser independientes de los parámetros clásicos.

8.3. Búsqueda de impulsividad

Tras finalizar el análisis de los distintos parámetros encontrados en las compresiones torácicas, se buscarán compresiones reales que demuestran de una forma visual distintos patrones de impulsividad, en compresiones de calidad. Se realiza una búsqueda en varios registros, para ver la diferencia de resultados. Además de las compresiones, también se muestran las señales de velocidad y aceleración, para así ver la variabilidad en estas señales dependiendo de la impulsividad con la que se realizaron las CT.

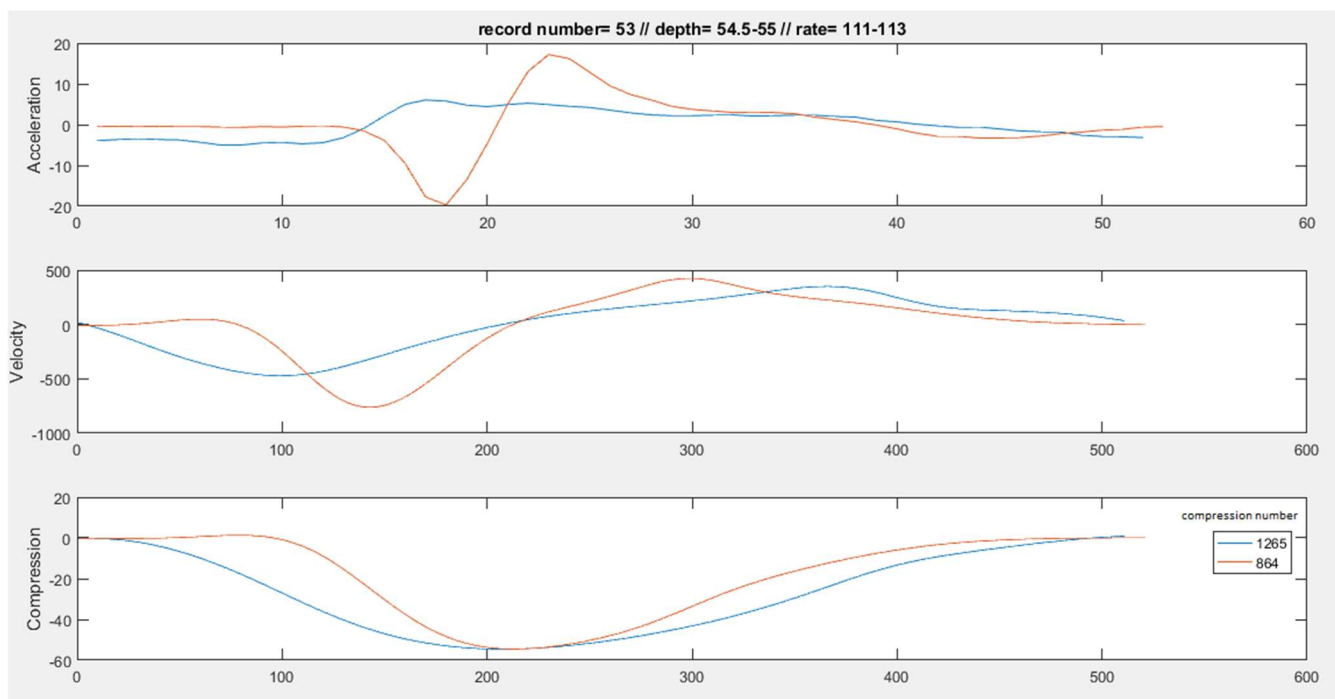


Ilustración 46.- Patrones de impulsividad record 53

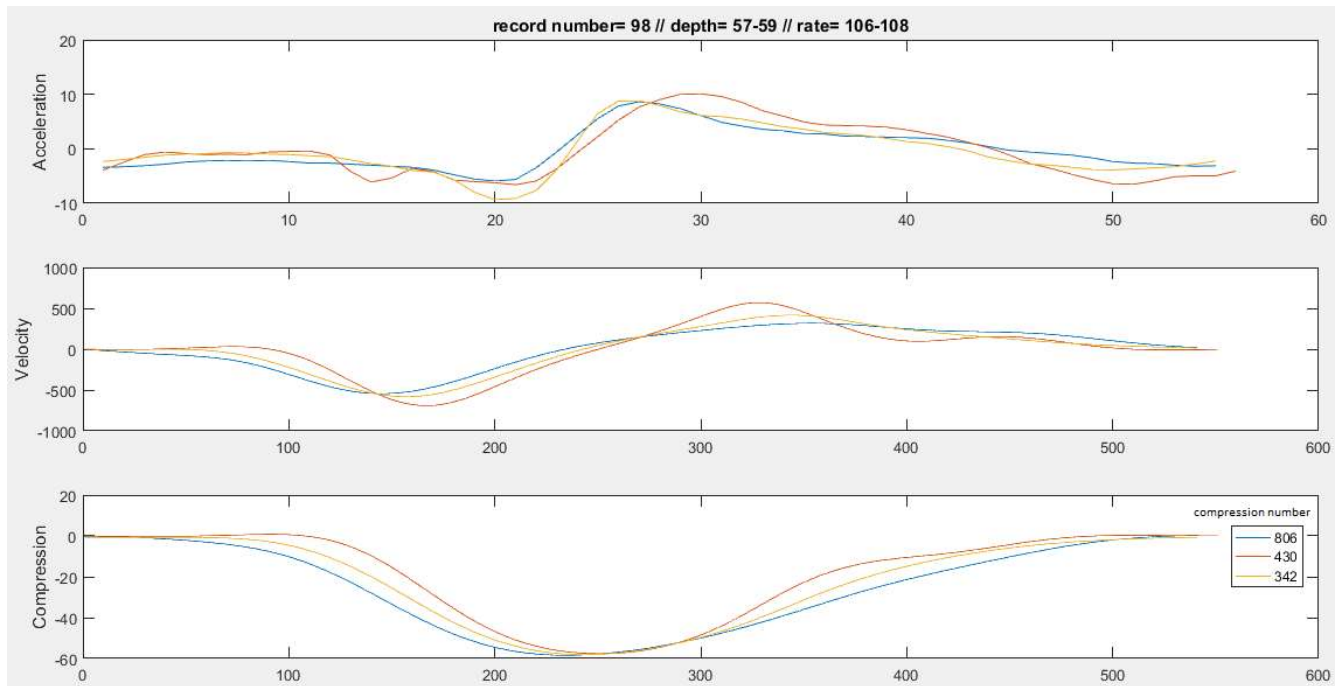


Ilustración 47.- Patrones de impulsividad record 98

En las anteriores Ilustraciones, pueden visualizarse compresiones de calidad en pacientes reales, con distintos patrones de impulsividad. Todas las compresiones mostradas en cada una de las ilustraciones pertenecen al mismo registro, aunque puede ser que cada una de las compresiones fuese dada por un rescatador diferente. En la Ilustración 47 pueden observarse tres compresiones torácicas de calidad provenientes del mismo de registro, que, sin embargo, no poseen la misma impulsividad. De estas compresiones se puede ver que la forma de onda de las compresiones varía, así como también lo hacen su velocidad y aceleración. Además, se observa que la señal de aceleración es más abrupta cuando se trata de señales con una impulsividad mayor.

En la tabla 2 pueden verse los parámetros estudiados en este proyecto, y sus valores correspondientes a las distintas compresiones que aparecen mostradas en las anteriores ilustraciones. Respecto a la primera Ilustración, se deduce que, a mayor impulsividad, mayores son las velocidades de compresión y descompresión, y, por el contrario, menores son los valores de Duty Cycle. Estos resultados son también deducibles de la segunda ilustración, en la que se puede apreciar como las velocidades van aumentando a medida que la compresión es más impulsiva.

Tabla 2.- Valores de los parámetros de las compresiones de impulsividad

Número de compresión	Record 53		Record 98		
	864	1265	342	430	806
Nivel de impulsividad	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo
Depth (mm)	54.53	54.56	58.11	57.66	58.43
Rate (cpm)	111.11	112.99	106.01	107.72	106.53
RV	424.62	350.16	415.65	569.04	316.29
CV	831.99	486.10	607.14	743.39	552.73
DC2 (%)	33.10	40.40	40.11	38.22	39.80
DC3 (%)	33.15	49.70	38.26	32.77	43.12

9. Análisis de riesgos

En este apartado se describirán los imprevistos que podrían aparecer durante el desarrollo del proyecto y que podrían afectar al mismo. Por consiguiente, es de vital importancia la identificación de dichos imprevistos y la creación de un plan de contingencia para cada uno de ellos, con el fin de mitigar en la medida de lo posible los efectos adversos que pudieran producirse.

Para la clasificación de los riesgos que se han identificado, previos al comienzo de la realización del proyecto, se han tenido en cuenta dos factores:

- **Impacto:** Efecto que el riesgo tendría sobre el desarrollo del proyecto si éste llegara a ocurrir. Se evalúa en base a tres categorías: bajo, medio y alto.
- **Probabilidad de ocurrencia:** Probabilidad de que el efecto llegase a acontecer. Se evalúa en base a tres categorías: bajo, medio y alto.

9.1. Riesgos identificados

Retrasos

Uno de los riesgos que más presencia tiene en todo proyecto son los retrasos que puedan producirse debido a diversas causas. En el caso concreto de este proyecto, la extensión en la durabilidad podría darse, por ejemplo, debido a que la realización de los cálculos estadísticos costara más de lo esperado o porque la adecuación de la base de registros fuese más longeva de lo previsto.

- Impacto: Medio
- Probabilidad de ocurrencia: Media

Todo esto supondría un retraso en la fecha de finalización del proyecto y, en consecuencia, un aumento en los costes. Sin embargo, durante la planificación del proyecto se tuvieron en cuenta estas demoras y se procuró establecer un margen suficiente que permitiese afrontar estos retrasos causando el menor impacto posible en el desarrollo del trabajo.

Variabilidad en los registros

Otro de los riesgos que podrían aparecer sería la falta de variabilidad en los registros. Es decir, que los valores de los parámetros contemplados en el estudio no sufrieran ningún cambio considerable o que no se observara ninguna variación notable en las formas de onda de las compresiones torácicas que pudieran mostrar la impulsividad de estas.

Este es un hecho que podría darse, dado que todos los profesionales que realizaron las compresiones torácicas del estudio estaban entrenados de la misma forma y proceden del mismo ámbito. Esto daría lugar a que las señales fuesen muy parecidas entre sí y que no se viera de forma clara una diferente forma de onda.

- Impacto: alto
- Probabilidad de ocurrencia: baja

En caso de que esto ocurriese, sería necesario contar con un plan de contingencia que incluyera la obtención de más registros provenientes de otros ámbitos. De esta forma, podría conseguirse un rango más amplio de datos e información.

9.2. Relación impacto/probabilidad ocurrencia

Tras el análisis de todos los imprevistos y sus posibles repercusiones en el trabajo, se recoge su relación impacto/probabilidad de ocurrencia en la siguiente tabla. De esta forma resulta muy sencillo visualizar los riesgos potenciales.

Tabla 3.- Relación impacto/probabilidad

		IMPACTO		
		Baja	Media	Alta
PROBABILIDAD	Bajo			Variabilidad registros
	Medio		Retraso	
	Alto			

10. Descripción de tareas

A lo largo de este apartado se presentará la duración de las distintas fases en las que se ha dividido la realización de este proyecto, definiendo las tareas realizadas durante cada una de las fases. En primer lugar, se indica el equipo de trabajo que ha formado parte de este proyecto y que ha implementado las diferentes tareas.

Tabla 4.- Equipo de trabajo

Id.	Nombre	Responsabilidad
P1	Jesús María Ruiz Ojeda	Director del proyecto
P2	Sofía Ruiz de Gauna Gutiérrez	Codirectora del proyecto
P3	Leire Eguia Vallejo	Proyectista

10.1. Definición de las fases y tareas

Fase 0

Objetivo: supervisar, gestionar y coordinar el proyecto, para la obtención de los objetivos marcados del TFM, así como la realización de una memoria final que recoja las conclusiones alcanzadas con este proyecto.

Tabla 5.- Planificación de tareas de la fase 0

P.T.O: Gestión del proyecto	Duración	RRHH
T.0.1: Seguimiento del proyecto	26 semanas	P1 y P2
T.0.2.: Documentación	5 semanas	P1, P2 y P3
HO.1: Fin del proyecto		

Fase 1

Objetivo: adquirir las competencias necesarias para el desarrollo de la herramienta software en Matlab, además de obtener los conocimientos necesarios sobre los parámetros que se van a analizar y sobre el contexto en el que se desarrolla el propio trabajo.

Tabla 6.- Planificación de tareas de la fase 1

P.T.1: Formación	Duración	RRHH
T1.1: Repaso Matlab	1 semanas	P1 y P3
T1.2: Formación de contexto	2 semanas	P1, P2 y P3
T1.3: Estudio de los parámetros	2 semanas	P2 y P3
T1.4: Estudio base de registros	1 semanas	P1 y P3
H1.1: Conocimientos adquiridos		

Fase 2

Objetivo: realizar el acondicionamiento de la base de registros basándose en los conocimientos adquiridos de la anterior tarea.

Tabla 7.- Planificación de tareas de la fase 2

P.T.2: Adecuación base de registros	Duración	RRHH
T2.1: Acondicionamiento de la base de registros	1 semana	P1 y P3
H2.1: Base de registros adecuada		

Fase 3

Objetivo: estudio y selección de los distintos métodos estadísticos que se van a utilizar durante el análisis.

Tabla 8.- Planificación de tareas de la fase 3

P.T.3: Métodos estadísticos	Duración	RRHH
T3.1: Estudio métodos estadísticos	2 semana	P2 y P3
T3.2: Selección métodos estadísticos	1 semanas	P2 y P3
H3.1: Obtención métodos estadísticos		

Fase 4

Objetivo: análisis de compresiones torácicas con el total del conjunto de datos.

Tabla 9.- Planificación de tareas de la fase 4

P.T.4: Análisis total de datos	Duración	RRHH
T4.1: Cálculo de estadísticos del total de datos	1 semana	P3
T4.2: Visualización y análisis de resultados	2 semana	P1, P2 y P3
H4.1: Obtención de resultados del total de datos		

Fase 5

Objetivo: análisis de datos obtenidos mediante filtrado basándose en las especificaciones de las guías de resucitación

Tabla 10.- Planificación de tareas de la fase 5

P.T.5: Análisis datos que cumplen guías	Duración	RRHH
T5.1: Filtrado de datos	1 semana	P1 y P3
T5.2: Cálculos estadísticos de datos que cumplen guías	1 semana	P3
T5.3: Visualización y análisis de resultados	2 semanas	P1, P2 y P3
H5.1: Obtención de resultados de datos que cumplen guías		

Fase 6

Objetivo: análisis de nuevos parámetros de impulsividad independientes de los parámetros clásicos y su relación con éstos, así como compresiones torácicas que verifiquen la idea de las distintas impulsividades que cumplan con los criterios de calidad clásicos.

Tabla 11.- Planificación de tareas de la fase 6

P.T.6: Resultados	Duración	RRHH
T6.1: Búsqueda de patrones de impulsividad	2 semanas	P1, P2 y P3
T6.2: Análisis de resultados	2 semanas	P1, P2 y P3
H6.1: Obtención de resultados		

11. Diagrama de Gantt

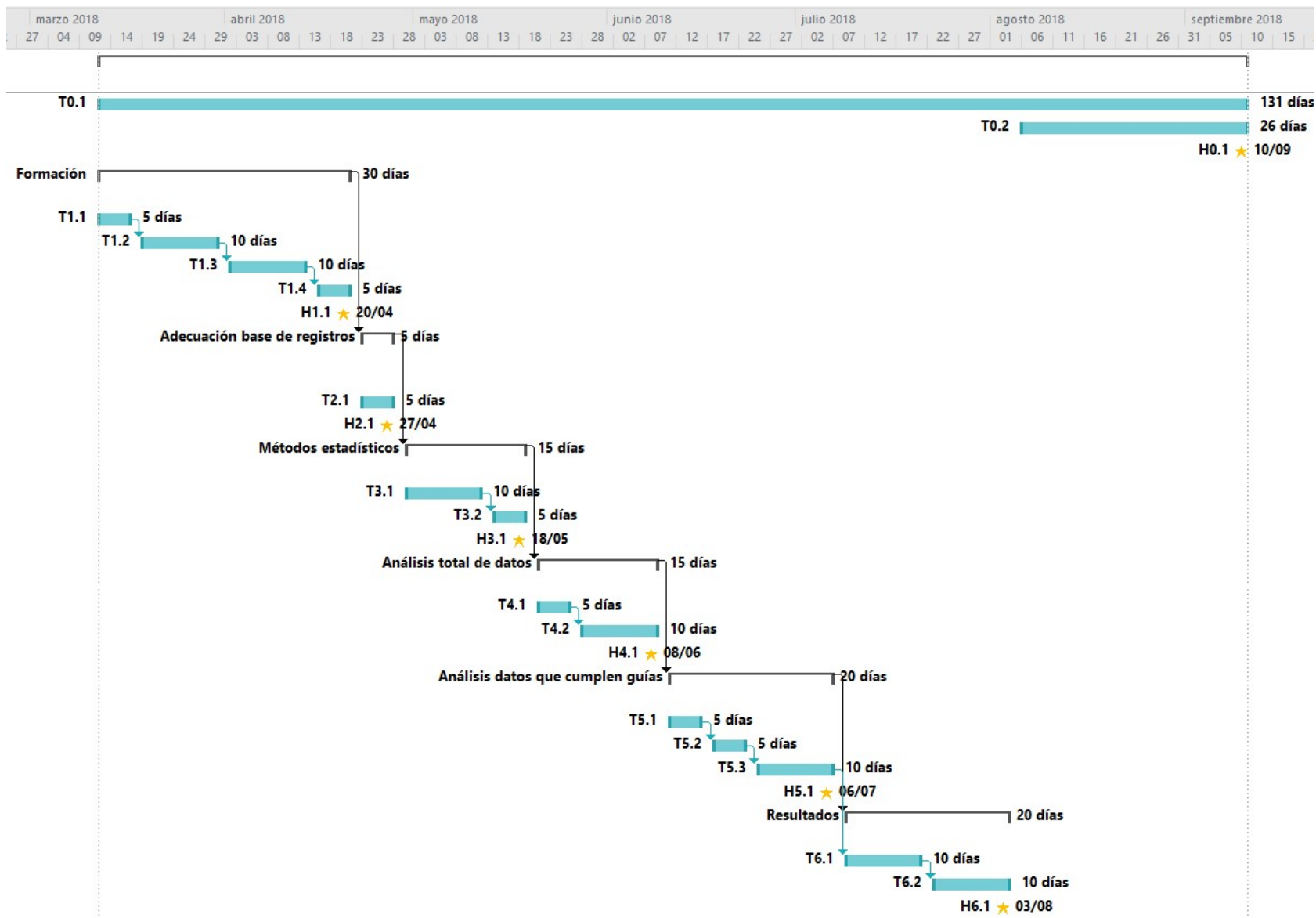


Ilustración 48.- Diagrama de Gantt

12. Presupuesto

A continuación, se desglosará el presupuesto utilizado para poder llevar a cabo este TFM. Primero se mostrarán cuatro partidas básicas del presupuesto: horas internas, amortizaciones, gastos y subcontrataciones. Para finalizar se mostrará un resumen del mismo.

12.1. Horas internas

En la siguiente tabla se muestra la tasa horaria de cada persona participante de este proyecto, así como las horas que han dedicado cada uno a la realización del mismo.

Tabla 12.- Horas internas

NOMBRE	CARGO	CATEGORÍA	TASA HORARIA (€/h)	HORAS	TOTAL (€)
Jesús María Ruiz Ojeda	Director del proyecto	Ingeniera senior	50,5	76	3.838
Sofía Ruiz de Gauna Gutiérrez	Codirectora del proyecto	Ingeniero senior	50,5	80	4.040
Leire Eguia Vallejo	Proyectista	Ingeniera junior	15	650	9.750
SUBTOTAL					17.628

12.2. Amortizaciones

En este punto se incluirán los materiales, equipos y programas que hayan sido usados a lo largo del proyecto pero que, en un futuro, pudieran ser utilizados para otros proyectos.

Tabla 13.- Amortizaciones

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€)	VIDA ÚTIL (HORAS)	HORAS DE USO	COSTE APLICABLE(€)
Ordenador proyectista HP Pavilion dv6	1	700	6000	280	32,67
Ordenador sobremesa	1	700	10000	370	25,9
Licencia Microsoft Office	1	150	10000	175	2,62
Licencia Matlab	1	2000	4000	525	262,5
SUBTOTAL					323,69

12.3. Subcontrataciones

Las subcontrataciones son trabajos encargados a empresas u organizaciones externas. Para el desarrollo del proyecto no ha sido necesaria ninguna contratación por lo que la partida del presupuesto destinado a dicho fin será de 0€.

12.4. Gastos

A continuación, se muestran los gastos asociados a los materiales que solo serán de utilidad para la realización de este proyecto.

Tabla 14.- Gastos

CONCEPTO	COSTE (€)
Material oficina	45
Limpieza	25
SUBTOTAL	70

12.5. Resumen

El resumen presupuestario de las anteriores partidas es el que sigue.

Tabla 15.- Resumen presupuestario

CONCEPTO	IMPORTE (€)
Horas internas	17.628
Amortizaciones	323,69
Subcontrataciones	0
Gastos	70
TOTAL	18.021,69

13. Conclusiones

La muerte súbita supone un alto porcentaje de la mortalidad en Europa. Es por ello, que organizaciones como la American Heart Association o la European Resuscitation Council hayan promovido la realización de la Resucitación Cardiopulmonar, y en particular, centrándose en métodos que aseguren una alta calidad. Todos los avances en este campo quedan reflejados en las guías de resucitación publicadas cada 5 años, siendo las últimas en el 2015. En ellas quedan expuestas todas las especificaciones o componentes para dar una RCP de calidad, entre los que se encuentran los parámetros de frecuencia y profundidad de las compresiones torácicas.

Recientemente, se han llevado a cabo estudios mediante el uso de pistones mecánicos sobre animales, que demuestran distintos patrones en las compresiones torácicas. Dichos estudios establecen que, a mayor impulsividad, mayor es el aumento en el flujo sanguíneo, pudiendo resultar en un incremento en las probabilidades de supervivencia. En relación con la impulsividad de las compresiones, se han realizado búsquedas de nuevas métricas de calidad independientes de las clásicas, entre las que se encuentra Release Velocity. No obstante, los resultados no han sido concluyentes.

Este Trabajo Fin de Master presenta un análisis sobre distintas métricas obtenidas de compresiones torácicas y su independencia con los parámetros clásicos de calidad. Además, se realiza una búsqueda de distintos patrones de impulsividad, que muestren de una forma visual la diferencia entre distintas compresiones de calidad. Las compresiones torácicas fueron obtenidas de 102 registros de pacientes anónimos reales y estudiadas mediante el uso del programa Matlab.

Los resultados derivados de este proyecto, demuestran la posible existencia de una métrica independiente de los parámetros clásicos, que pueda servir como métrica de calidad. Este parámetro es el Duty Cycle, ya sea calculado mediante tiempos de compresión eficaces o mediante áreas. Por otro lado, Compression Velocity y Release Velocity parecían ser buenos determinantes de calidad, no obstante, se ha demostrado que no son independientes de la profundidad. Decir que este proyecto, es una aproximación inicial a la definición de nuevas métricas de impulsividad, quedando abierto el campo de estudio a futuras investigaciones que determinen la validez del Duty Cycle como nueva métrica de calidad.

14. Referencias

1. Otero, Digna M González. *Feedback systems for the quality of chest compressions during cardiopulmonary resuscitation*. s.l. : PhD Tesis, October 2015.
2. European resuscitation council. [En línea] [http: \www.erc.org](http://www.erc.org).
3. American Heart Association. [En línea] [http: \www.aha.org](http://www.aha.org).
4. International Liaison Committe On Resuscitation. [En línea] [http: \www.ilcor.org](http://www.ilcor.org).
5. CPR guidelines. [En línea] <https://cprguidelines.eu/>.
6. Laerdal. CPRmeter Overview. [En línea] <http://www.laerdal.com/us/CPRmeter>.
7. Physio-Control. Manual de uso TrueCPR. [En línea] https://www.physio-control.com/uploadedFiles/Physio85/Contents/Emergency_Medical_Care/Products/P reHospital/TrueCPR_IFU_B_3312954-901.pdf.
8. [En línea] <http://www.desfibrilador.com/como-usar-el-desfibrilador-mientras-se-atende-con-la-rcp/>.
9. *The association between chest compression release velocity and outcomes from out-of-hospital cardiac arrest*. Sheldon Cheskes, Matthew R. Common, Adam P. Bayers, Cathy Zhan, Annemarie Silver, Laurie J. morrison. 86, 2015, *Resuscitation*, págs. 38-43.
10. *Chest compression release velocity: Association with survival an favorbale neurologic outcome after out-of-hospital cardiac arrest*. Alexander Kovacs, Tyler F. Vadeboncoeur, Uwe Stolz, Daniel W. Spaitte, Taro Irisawa, Annemarie Silver, Bentley J. Bobrow. 92, 2015, *Resuscitation*, págs. 107-114.
11. AED. [En línea] <http://www.aed.com/blog/the-history-of-cpr-and-how-it-works/>.
12. *Advanced cardiac life support: update on recent guidelines and a look at the future*. Tucker KJ, Larson JL, Idris A, Curtis AB. 18, s.l. : *Clin Cardiol*, 1995, págs. 497-504.
13. Thompson, Mackenzie. National Health Care provider solutions. [En línea] <https://nhcps.com/historical-archive-aha-guideline-updates-1995-2020/>.
14. *Chest compression depth and survival in out-of-hospital cardiac arrest*. Tyler Vadeboncoeur, Uwe Stolz, Ashish Panchal, Annemarie Silver, Mark Venuti, John Tobin, Gary Smith, Martha Nunez, Madalyn Karamooz, Daniel Spaite, Bentley Bobrow. 85, 2014, *Resuscitation* , págs. 182-188.
15. Norman A. Paradis, Henry R. Halperin, Karl B. Kern, Volker Wenzel and Douglas A. Chamberlain. *Cardiac Arrest: The Science and Practice of Resuscitaion Medicine*. Segunda. s.l. : Cambridge, 2007, pág. 579.
16. *Effects of manual high-impulse CPR on myocardial perfusion during cardiac arrest in pigs*. Wilhelm Behringer, Fritz Sterz, Hans Domanovits, Bernhard Hohenberger, Waltraud Schörkhuber, Michael Frass, Udo Losert, Anton N. Laggner. 34, 1997, *Resuscitation*, págs. 271-279.

17. *A randomized comparison of manual, mechanical and high-impulse chest compression in porcine model of prolonged ventricular fibrillation.* Betz AE, Menegazzi JJ, Logue ES, Callaway CW, Wang HE. 69, 2006, Resuscitation, Vol. 3, págs. 495-501.
18. *The effect of compression duration on hemodynamics during mechanical high-impulse CPR.* Swart GL, Mateer JR, DeBehnke DJ, Jameson SJ, Osborn JL. 1, 1994, Acad Emerg Med, Vol. 5, págs. 430-7.
19. *Uniform reporting of measured quality of cardiopulmonary resuscitation (CPR).* Kramer-Johansen J, Edelson DP, Losert H, Köhler K, Abella BS. 3, 2007, Resuscitation, Vol. 74, págs. 406-417.
20. *Compression velocity and release velocity during manual chest compressions in out-of-hospital cardiac arrest.* Digna M. González-Otero, Jesus Ruiz, Sofia Ruiz de Gauna, Mikel González, Mohamud Daya, James K. Russel. 1, 2017, Resuscitation, Vol. 118, pág. e3.

ANEXOS

ANEXO I: Normativa aplicable

ANEXO II: Caracterización de los registros

ANEXO I.- Normativa aplicable

Para el desarrollo de este proyecto, ha sido necesario tener en cuenta dos cuestiones, en lo que a normativa se refiere. La primera está relacionada con el uso de registros con datos de pacientes reales. Por otro lado, la segunda normativa aplicable es la guía de resucitación del año 2015. Cabe mencionar que, a pesar de que las guías de resucitación no son normativas sino recomendaciones, es lo más parecido a una norma existente para la Resucitación Cardiopulmonar.

I.I. Registros

Un total de 102 registros han sido provistos por el grupo GSC, para llevar a cabo este proyecto. Los datos almacenados en dichos registros, fueron extraídos de un subconjunto de episodios de paradas cardiorrespiratorias extra hospitalarias. Los episodios fueron recolectados como parte del trabajo de Resuscitation Outcomes Consortium Epistry en Portland, Estados Unidos.

Las paradas cardiorrespiratorias ocurrieron entre el año 2010 y el 2016 y fueron recolectadas por el “Tualatin Valley Fire and Rescue (TVF&R)”, una agencia de bomberos de soporte vital avanzado que opera en Oregon, Estados Unidos. Todos los bomberos que operan en esta agencia son técnicos médicos de emergencias certificados y dos tercios del personal son paramédicos. Todos los episodios fueron adquiridos con el monitor/desfibrilador HeartStart MRx (Philips Medical System, Andover, MA, USA). Los datos fueron adquiridos cumpliendo la normativa establecida por las autoridades pertinentes y, debido a su carácter anónimo, para la realización de este proyecto no se precisa de una normativa específica aplicable.

I.II Guía de resucitación 2015

Las guías de resucitación son documentos que incluyen una serie de recomendaciones para la realización de una correcta Resucitación Cardiopulmonar a través de la implementación de protocolos de actuación. Son emitidas por organismos como la ERC o la AHA y publicadas cada 5 años.

La guía de resucitación está dividida en 10 secciones, los cuales se publican de forma individual:

1. **Resumen ejecutivo:** resumen de los protocolos y conclusiones más importantes obtenidos del resto de secciones.
2. **Soporte Vital Básico en el adulto y DEA:** tratamientos realizados durante el proceso de Soporte Vital Básico y protocolo a seguir para el uso del DEA en adultos.
3. **Soporte Vital Avanzado del adulto:** tratamientos y protocolos a realizar por profesionales durante el Soporte Vital Avanzado en adultos.
4. **Parada cardíaca en circunstancias especiales:** tratamientos y protocolos para pacientes en circunstancias especiales, como por ejemplo asfixia o hipotermia.
5. **Cuidados post-resucitación:** esta sección es novedosa y ha sido incluida por primera vez en las guías de resucitación.
6. **Soporte Vital Pediátrico:** tratamiento y protocolos para casos de parada cardiorrespiratoria en niños.
7. **Resucitación y soporte de transición de recién nacidos en el paritorio:** recomendaciones para la resucitación en el paritorio.
8. **Manejo inicial de los síndromes coronarios agudos:** diagnóstico y tratamiento de los síndromes coronarios agudos.
9. **Primeros auxilios:** esta sección es novedosa y ha sido incluida por primera vez en las guías de resucitación.
10. **Principios de formación en resucitación:** recomendaciones para la formación en resucitación.

Tras una breve explicación del contenido de cada sección, se procede a explicar los puntos más relevantes de la sección que tiene mayor relación con el contexto de este proyecto. La sección de Soporte Vital Básico (SVB) y desfibrilación externa automática (DEA) contiene la información referida a las técnicas usadas durante la resucitación inicial de un adulto que ha sufrido una parada cardíaca. Además, también incluye técnicas sencillas para el tratamiento de atragantamiento. Uno de los protocolos a seguir es la cadena de supervivencia, la cual resume los pasos vitales a dar para una exitosa resucitación. La mayoría de estos pasos se usan tanto para parada cardíaca como para asfixia.

1. **Reconocimiento precoz y pedir ayuda:** reconocer el origen del dolor en el pecho y llamar a los servicios de emergencia antes de colapsar, permitiendo que puedan llegar antes de que se produzca la parada cardíaca, aumentando las probabilidades de supervivencia. Tras producirse la parada, reconocerla de una forma rápida y eficaz es vital para que los testigos puedan realizar la RCP a la mayor brevedad posible. Los principales signos son, ausencia de respuesta y no respirar con normalidad.
2. **RCP precoz por testigos:** una rápida iniciación de la RCP puede duplicar e incluso cuadruplicar las probabilidades de supervivencia. Si el reanimador está instruido en

la realización de la RCP, deberá comenzar a dar compresiones y ventilaciones. Si no es el caso, el operador telefónico del servicio de urgencias deberá ayudar al reanimador a dar exclusivamente compresiones mientras espera a que llegue ayuda profesional.

- 3. Desfibrilación precoz:** realizar una desfibrilación en los 3-5 primeros minutos desde la parada puede obtener unas tasas de supervivencia de entre el 50 y el 70%. Esto se consigue mediante el uso de DEA en lugares públicos.
- 4. Soporte vital avanzado precoz y cuidados post-resucitación:** En el caso de que los primeros pasos no fuese efectivos sería necesaria la utilización de fármacos y corrección de factores causales, así como manejo de la vía aérea.

Como resumen, el SVB en adultos incluye una secuencia de pasos a seguir para los reanimadores previamente instruidos en la realización de RCP. Esta secuencia recalca la importancia de garantizar la seguridad no solo de la víctima sino también del reanimador y el testigo y puede verse en la siguiente Ilustración.



Ilustración 49.- Algoritmo SVB

Cabe mencionar que a pesar de que la realización de las anteriores secuencias es vital, no sirve de nada sin una correcta realización de las compresiones torácicas. Deben ser realizadas cumpliendo unos criterios mínimos de calidad.

- 1. Profundidad:** estudios recientes sugieren que un rango de profundidad de compresión de 4,5 a 5,5 cm en adultos orienta a la obtención de mejores resultados. El ERC apoya la recomendación del ILCOR de obtener una profundidad de compresión en el tórax de aproximadamente 5 cm, pero no más de 6 cm en un adulto.
- 2. Frecuencia:** el ERC recomienda una frecuencia en las compresiones torácicas de entre 100 y 120 cpm, debido a que frecuencias de compresiones muy altas son asociadas con una disminución en la profundidad.
- 3. Pausas en las compresiones:** en la medida de lo posible hay que intentar minimizar las pausas entre compresiones torácicas. Pausas de un máximo de 10 segundos en pre y postdescargas, así como fracciones de compresiones torácicas de menos del 60%, son asociadas con mejores resultados.
- 4. Superficie firme:** siempre que sea posible se ha de realizar la RCP sobre una superficie firme. Las pruebas sobre el uso de tableros no son concluyentes.
- 5. Reexpansión de la pared torácica:** permitir la completa reexpansión del tórax tras cada compresión resulta en un mejor retorno venoso, pudiendo así mejorar la eficacia de la RCP.
- 6. Porcentaje de tiempo de compresiones en los ciclos de RCP (Duty Cycle):** no existen suficientes evidencias para recomendar cualquier porcentaje de tiempo específico y, por lo tanto, se mantiene la relación de 50% recomendada.
- 7. Retroalimentación en la técnica de compresión:** no hay ningún estudio sobre realimentación que haya demostrado una mejora en la supervivencia mediante el uso de estos dispositivos. Aunque debería tomarse como ayuda, en vez de como una intervención aislada.

ANEXO 2. Caracterización de los registros

Este anexo, muestra una tabla, con los datos más relevantes obtenidos de cada uno de los registros.

Tabla 16.- Caracterización de los registros

<i>Nº registro</i>	<i>Fecha de adquisición</i>	<i>Nº total de compresiones</i>	<i>Compresiones válidas (%)</i>	<i>Longitud (min)</i>	<i>Mediana profundidad (mm)</i>	<i>Mediana frecuencia (cpm)</i>
1	2010-01-27T18:44:28	1735	0,00	47,07	31,51	110,50
2	2010-01-27T20:13:28	2668	23,95	35,37	46,86	112,57
3	2010-02-27T08:43:28	2075	1,30	27,03	41,78	98,20
4	2010-04-29T20:57:44	3973	18,93	52,52	48,02	109,09
5	2010-06-15T22:25:19	1125	1,51	30,32	40,14	107,72
6	2010-07-19T13:48:52	3629	7,58	51,92	40,72	112,36
7	2010-07-30T22:28:34	1217	28,10	34,14	48,98	109,99
8	2010-08-03T15:45:24	1143	8,574	13,42	42,18	104,71
9	2010-09-04T23:41:53	1104	13,31	28,10	46,39	102,56
10	2010-10-13T10:31:09	2020	5,99	31,70	43,42	105,26
11	2010-10-16T19:49:12	3288	20,74	49,46	46,39	111,94
12	2010-10-29T18:24:09	1596	0,00	75,31	28,09	98,52
13	2010-10-29T00:34:27	1486	0,20	42,03	35,08	110,80

14	2011-01-28T12:31:45	3325	15,01	36,40	47,82	105,82
15	2012-01-12T21:27:06	1850	11,40	42,59	46,40	112,57
16	2014-07-09T19:40:00	1438	7,44	19,47	44,17	101,52
17	2014-07-09T19:37:31	2706	9,20	30,92	41,71	112,36
18	2014-07-09T19:36:10	3565	15,76	44,55	46,29	120
19	2014-07-09T19:35:34	3864	14,10	44,15	53,82	121,70
20	2014-07-09T19:33:52	2524	21,04	31,30	47,65	114,94
21	2014-07-09T19:32:52	1360	6,76	18,53	46,54	100,33
22	2013-05-07T19:32:46	3970	58,79	41,03	51,58	108,50
23	2013-05-14T10:56:49	2335	34,39	30,47	53,58	108,70
24	2013-06-10T00:47:28	2190	14,29	32,43	57,76	98,36
25	2013-07-03T09:25:25	3606	14,09	44,60	43,34	111,32
26	2013-07-10T00:05:39	3546	10,66	37,97	47,61	117,88
27	2013-07-16T13:18:57	1906	28,17	22,55	50,16	115,83
28	2013-08-19T08:56:53	2996	20,79	50,42	45,24	108,30
29	2013-08-30T09:38:38	1631	7,29	35,61	43,16	111,73
30	2013-09-13T17:38:44	3278	20,77	38,19	47,48	105,45
31	2013-09-17T16:52:26	1480	24,05	44,28	47,75	111,52

32	2013-09-30T21:09:33	1701	10,64	21,83	46,04	108,50
33	2013-10-14T15:35:06	2358	22,26	41,62	62,08	107,14
34	2013-11-03T00:51:20	1961	23,10	30,81	59,47	109,89
35	2013-11-10T08:46:10	1386	16,52	30,94	57,16	95,389
36	2013-11-10T06:29:18	1595	14,86	37,26	43,67	105,63
37	2013-11-10T08:08:20	1469	37,71	32,10	54,59	119,28
38	2013-11-16T06:13:06	2231	13,67	47,42	61,66	104,89
39	2013-12-01T19:10:28	2455	16,13	23,58	63,56	118,81
40	2013-12-12T08:25:53	1226	13,87	18,06	66,02	102,21
41	2013-12-20T22:11:53	3288	22,29	35,70	45,70	110,50
42	2013-12-28T12:19:27	2424	1,86	28,69	70,05	124,48
43	2014-01-13T18:05:50	1521	28,07	21,97	55,18	121,46
44	2014-01-22T18:23:58	2519	0,44	26,82	36,20	112,78
45	2014-01-30T08:16:01	2081	36,86	26,01	49,98	114,50
46	2014-02-27T02:33:07	1811	52,74	24,93	52,24	103,63
47	2014-03-19T08:28:54	4930	3,31	56,69	38,09	116,96
48	2014-04-01T12:02:32	2736	35,46	27,40	55,22	114,29
49	2014-04-04T18:38:35	1876	13,65	32,34	49,56	126,85

50	2014-03-31T18:42:58	1508	0,07	21,09	41,33	125,52
51	2014-04-22T12:44:44	3890	1,62	50,57	42,82	118,81
52	2014-05-05T13:27:23	3519	18,41	42,92	57,56	109,29
53	2014-05-20T14:39:28	1288	37,96	33,04	50,11	110,50
54	2014-05-28T17:02:37	2061	43,08	23,96	54,59	111,11
55	2014-06-09T20:37:49	3332	9,31	36,07	43,55	118,58
56	2014-06-26T07:44:52	1903	42,51	48,53	49,46	108,11
57	2014-07-13T06:16:05	3468	10,82	49,83	49,03	123,97
58	2014-07-28T12:03:12	4198	11,15	45,81	48,20	120,72
59	2014-08-08T14:27:01	1394	20,95	17,26	50,57	120
60	2014-08-13T12:13:32	2647	27,12	53,25	55,54	117,42
61	2014-08-21T10:19:07	2210	6,83	25,22	44,94	126,05
62	2014-08-24T05:32:07	2681	5,44	42,11	73,25	107,53
63	2014-08-29T16:31:28	1692	0,06	39,10	33,96	110,29
64	2014-11-12T22:50:16	2780	2,45	40,27	37,49	113,85
65	2014-11-24T10:41:23	2072	24,56	40,79	51,21	119,28
66	2014-12-07T01:16:54	3101	4,55	35,93	40,82	117,42
67	2015-01-04T09:04:25	2380	26,13	32,00	59,93	109,09

68	2015-01-06T05:48:41	2230	15,43	27,16	46,66	113,21
69	2015-01-07T07:37:04	2435	23,00	51,34	48,02	113,64
70	2015-01-07T12:59:25	2598	14,21	29,17	51,68	106,95
71	2015-01-10T15:36:07	1647	24,71	29,16	57,75	103,81
72	2015-02-01T21:03:17	2527	23,27	29,22	48,61	105,82
73	2015-02-12T19:48:17	1841	36,28	33,51	55,12	105,63
74	2015-02-13T05:38:17	2885	11,23	30,97	48,19	123,71
75	2015-02-26T14:28:55	1625	3,63	24,64	66,94	121,70
76	2015-02-28T09:06:08	2252	14,48	26,70	58,56	117,65
77	2015-03-08T15:09:38	2755	11,47	29,54	66,11	114,50
78	2015-03-17T19:25:59	2709	30,67	46,13	57,81	110,29
79	2015-03-21T12:07:33	3344	6,82	45,40	62,22	119,05
80	2015-03-20T04:10:46	3143	15,21	40,05	44,92	110,50
81	2015-03-21T14:55:45	1723	0,52	19,55	49,04	130,43
82	2015-03-23T23:50:58	1867	0,00	21,86	36,35	112,15
83	2015-05-12T08:28:11	2231	20,84	29,34	44,36	115,16
84	2015-05-24T19:21:58	1477	0,07	16,30	39,09	111,73
85	2015-06-11T03:27:05	4698	35,12	62,07	54,93	115,38

86	2015-06-21T22:38:25	5744	33,55	65,72	50,92	108,50
87	2015-06-28T11:24:04	1402	35,52	16,82	54,15	111,52
88	2015-07-07T22:10:18	1632	38,11	17,88	59,41	111,52
89	2015-07-05T20:08:04	2789	23,63	30,22	55,02	116,96
90	2015-07-12T08:35:33	4825	12,12	51,09	39,99	119,52
91	2015-07-29T22:13:37	1699	20,78	31,61	62,98	115,38
92	2015-08-14T13:52:56	1997	17,48	25,31	57,94	127,93
93	2015-08-21T18:38:47	2420	54,63	31,50	55,53	111,32
94	2015-09-02T17:56:46	2500	7,48	38,37	60,50	123,20
95	2015-09-10T01:40:59	1645	1,70	17,16	43,62	121,95
96	2015-09-15T19:35:53	4724	7,62	53,96	67,03	108,50
97	2015-09-22T09:56:55	1522	0,92	33,68	40,40	121,46
98	2015-10-20T16:54:46	1604	14,90	17,21	71,68	113,42
99	2015-11-18T21:40:31	1995	25,96	20,44	48,13	112,36
100	2015-11-20T22:57:22	2250	6,62	35,33	61,89	120,24
101	2015-11-24T06:52:34	2448	27,042	27,76	51,51	111,52
102	2015-12-04T09:40:58	2312	59,30	23,42	57,16	114,50