



## INFORME FINAL DE PROYECTOS DE I+D+i

**Como paso previo a la realización del informe, se ruega lean detenidamente las instrucciones de elaboración de los informes de seguimiento científico-técnico de proyectos disponible al final de este informe.**

Este informe debe reflejar las actividades desarrolladas **durante todo el proyecto** destacando las realizadas en este segundo periodo de ejecución del proyecto

Se recomienda leer atentamente la información solicitada en los distintos apartados del informe, revisar la memoria y el presupuesto solicitado inicialmente y justificar adecuadamente todas aquellas actividades o gastos que haya sido necesario realizar para la consecución de los objetivos y que no estuvieran previstos o suficientemente detallados en la memoria inicial.

Para completar la justificación final científico-técnica es indispensable rellenar el formulario de indicadores que se encuentra en la aplicación de justificación. Los datos introducidos en este informe deben coincidir con los aportados en el formulario.

**En cada uno de los apartados, puede añadir tantas filas como necesite.**



<b>A. Datos del proyecto</b>	
<i>Relacione los datos actuales del proyecto. En caso de que haya alguna modificación, indíquelo en el apartado A2.</i>	
<b>A1. Datos del proyecto</b>	
Referencia proyecto	TIN 2013-40686-P
Título Proyecto	ANÁLISIS INTELIGENTE DE SEÑALES NEUROLÓGICAS Y CONSTRUCCIÓN DE HIPNOGRAMAS PARA DETECCIÓN E INTERPRETACION DE EVENTOS EN SÍNDROME DE APNEA EN SUEÑO
Investigador Principal 1	VICENTE MORET BONILLO
IP1	Researcher ID: Código Orcid: 0000-0002-9435-3151
Investigador Principal 2*	
IP2	Researcher ID: Código Orcid:
Entidad	UNIVERSIDADE DA CORUÑA
Centro	FACULDADE DE INFORMÁTICA
Fecha de inicio	01/01/2014
Fecha final	31/12/2016
Duración	3 AÑOS
Total concedido (costes directos)	20 570.00 €
<b>A2. Descripción de modificaciones en los datos iniciales del proyecto</b> <i>(Cambio de IP, entidad, centro, modificación del periodo de ejecución...).</i>	
<p>No hay modificaciones en los datos del proyecto, si bien como resultado de las alegaciones presentadas en su momento, y aceptadas por la correspondiente comisión, con motivo del significativo recorte presupuestario que afectó a este proyecto, los objetivos iniciales se restringieron a la mejora de algoritmos y al establecimiento de requisitos de usabilidad. Ver repositorios temáticos del proyecto:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <a href="http://hypnogram.jimdo.com/">http://hypnogram.jimdo.com/</a></li> <li>2. <a href="http://www.lidiagroup.org/index.php/proyectos/hypnogram.html">http://www.lidiagroup.org/index.php/proyectos/hypnogram.html</a></li> <li>3. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=JTnie8FIRaE&amp;feature=em-share_video_user">https://www.youtube.com/watch?v=JTnie8FIRaE&amp;feature=em-share_video_user</a></li> </ol>	

\* Rellenar si procede



<b>B. Personal activo en el proyecto</b>						
<i>Tiene que relacionar la situación de <b>todo</b> el personal de las entidades participantes que haya prestado servicio en el proyecto y cuyos costes (dietas, desplazamientos, etc.) se imputen al mismo.</i>						
<b>B.1. Equipo de investigación</b>						
<b><i>Incluido en la solicitud original</i></b>						
	Nombre	NIF/NIE	Función en el proyecto	Fecha de baja	Observaciones	
1	VICENTE MORET BONILLO	32746092A	INVESTIGADOR PRINCIPAL	NO APLICA	LIDIA-UDC	
2	MARIANO CABRERO CANOSA	34888669S	EQUIPO DE INGENIERIA	NO APLICA	LIDIA-UDC	
3	EDUARDO MOSQUEIRA REY	32805695J	EQUIPO DE USABILIDAD	NO APLICA	LIDIA-UDC	
4	ELENA HERNANDEZ PEREIRA	34990128K	EQUIPO DE SEÑALES	NO APLICA	LIDIA-UDC	
5	ANGEL FERNANDEZ LEAL	32782136Y	EQUIPO DE INGENIERÍA	NO APLICA	LIDIA-UDC	
<b><i>No incluido en la solicitud original</i></b>						
	Nombre	NIF/NIE	Función en el proyecto	Fecha de alta	Fecha de baja	Observaciones
1	ISAAC FERNANDEZ VARELA	45871112G	EQUIPO DE SEÑALES	01/01/2015	NO APLICA	ALTA SOLICITADA Y CONCEDIDA
			<b>Total personal en el equipo de investigación: 6</b>			



<b>B.2. Equipo de Trabajo</b>						
	<b>Nombre</b>	<b>NIF/NIE</b>	<b>Función en el proyecto</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Observaciones</b>
1	DIEGO ALVAREZ ESTEVEZ	36165871G	COLABORADOR EXTERNO SEÑALES Y ALGORITMOS			Medisch Centrum Haaglanden, The Hague · Sleep Centre. NL:
2	BOB KEMP	NN31JF785	ASESOR EXTERNO NEUROFISIOLOGIA			Medisch Centrum Haaglanden, The Hague · Sleep Centre. NL.
3	JOSE C. PRINCIPE	468489700	ASESOR EXTERNO SEÑALES			CNEL de Florida, University of Gainesville, USA.
4	PETER KERKHOF	NP5D15FP0	ASESOR EXTERNO INGENIERIA BIOMEDICA			VU University Amsterdam, Amsterdam, NL.
5	JAN C. DEMUNCK	NXL7P3DK9	ASESOR EXTERNO SISTEMAS BIOMEDICOS Y ALGORITMOS			VU University Amsterdam, Amsterdam, NL.
6	DAVID ALONSO RIOS	44160775Q	COLABORADOR EN TRABAJOS DE USABILIDAD			UDC. Al resultar excluido como miembro del equipo de investigación, fue incorporado como miembro del equipo de trabajo.
			<b>Total personal en el equipo de trabajo: 6</b>			

La solicitud de “Altas” y “Bajas” de nuevos investigadores en el **equipo de investigación** ha debido ser tramitada de acuerdo con **las instrucciones de ejecución y justificación** expuesta en la página web del ministerio. La incorporación de personal que haya participado en el proyecto en el **equipo de trabajo** no necesita autorización por parte del ministerio, pero su actividad debe incluirse y justificarse en este informe.



### C. Resumen del proyecto para difusión pública

**Resuma** los principales avances y logros obtenidos del proyecto con una **extensión máxima de 30 líneas**, teniendo en cuenta su posible difusión pública (páginas webs institucionales).

El mayor logro del proyecto de referencia ha sido el desarrollo de un framework para la construcción de hipnogramas a partir de señales neurofisiológicas. Dicho framework incorpora las más actuales recomendaciones de la American Academy of Sleep Medicine (<http://www.aasmnet.org/>), concretamente las que figuran en su último informe AASM 2015. Para el desarrollo de este entorno ha sido necesario realizar un importante trabajo en las siguientes áreas:

1. Análisis exhaustivo de contribuciones previas: Los resultados han sido publicados y citados ya por diferentes grupos.
2. Propuesta y mejora de diversos algoritmos para extraer información relevante a partir de señales neurofisiológicas y, eventualmente, correlacionar dicha información con la relativa a señales neumológicas: En este caso los avances han sido muy importantes. Los algoritmos diseñados mejoran notablemente a los ya existentes, especialmente los referidos a Sleep Spindles, K-Complexes y Arousals. Los resultados obtenidos han sido publicados en las mejores revistas (JCR Q1 y Q2) y ya referenciados por distintos grupos.
3. Modelado del hipnograma: Para ello se ha utilizado la metodología CommonKADS, que es un estándar para la construcción de Sistemas Basados en Conocimiento. Los resultados han sido publicados en la importante revista Knowledge-Based Systems (JCR-Q1).
4. Evaluación de la usabilidad del interfaz de programación según una taxonomía de diseño propio (ampliamente citada). Actualmente la aproximación seguida está siendo validada por el equipo de colaboradores holandeses.

También es destacable el alto grado de cooperación internacional obtenido durante la realización de este proyecto.

Por último, y en relación con la difusión pública del proyecto, aparte de las publicaciones científicas y de los congresos correspondientes, se han llevado a cabo las siguientes acciones:

1. Creación de una página web temática denominada HYPNOGRAM (<https://hypnogram.jimdo.com/>)
2. Elaboración de un vídeo promocional del proyecto enlazado a Youtube. [https://www.youtube.com/watch?v=JTnie8FIRaE&feature=em-share\\_video\\_user](https://www.youtube.com/watch?v=JTnie8FIRaE&feature=em-share_video_user)
3. Realización de artículo de difusión tecnológica del proyecto, que será próximamente publicado en la revista Código Cero (<https://goo.gl/Lz6Jmk>)
4. Suministro de las publicaciones derivadas del proyecto a la Universidade Da Coruña, para su inclusión en el repositorio institucional de la UDC (<http://ruc.udc.es/dspace/>).
5. Difusión en las Noticias del CITIC-UDC (<http://www.citic.udc.es/noticias/investigadores-de-la-universidade-da-coruna-desarrollan-un-sistema-innovador-sobre-construccion-de-mapas-de-sueno.htm;jsessionid=33A918BAC646902E9380A37161F1EDDB>)



<b>D. Progreso y resultados del proyecto</b>	
<i>Se debe reflejar el progreso de las actividades del proyecto y el cumplimiento de los objetivos propuestos</i>	
<b>D1. Desarrollo de los objetivos planteados.</b>	
<b>Describe los objetivos y el grado de cumplimiento de los mismos (porcentaje estimado respecto al objetivo planteado y, en su caso, indique lo que queda por realizar en cada uno de ellos).</b>	
<p>Tal y como se describe detalladamente en el apartado D3 del presente informe, este proyecto fue objeto de alegaciones que fueron aceptadas por la Comisión correspondiente, que –asimismo- redefinió la vocación original del proyecto, con una orientación más de I+D que de Innovación, fijando también los objetivos en mejora de algoritmos y análisis de usabilidad, lo cual –necesariamente- ha tenido que suponer un replanteamiento metodológico, de acuerdo con las directrices establecidas por la mencionada Comisión de Alegaciones. Ver repositorios temáticos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><a href="http://hypnogram.jimdo.com/">http://hypnogram.jimdo.com/</a></li> <li><a href="http://www.lidiagroup.org/index.php/proyectos/hypnogram.html">http://www.lidiagroup.org/index.php/proyectos/hypnogram.html</a></li> </ol>	
Objetivo 1: Análisis exhaustivo del estado del arte: Problemática, Contribuciones académicas y desarrollos comerciales. Análisis Crítico.	Progreso y consecución del objetivo 1: Este objetivo ha sido completado al 100 % y los resultados obtenidos han sido publicados en la revista de Open Access ‘Sleep Disorders’ (peer review, 2015) como un amplio artículo de revisión, y el work-in-progress en los Proceedings del IEEE Eng. Med. Biol. An. Conf. 2015.
Objetivo 2: Análisis de Señales y Construcción y mejora de algoritmos	<p>Progreso y consecución del objetivo 2: El objetivo implica el estudio de la actividad neurofisiológica durante el sueño, los complejos K, los arousals, los sleep spindles y, eventualmente, los dientes de sierra (que finalmente no fueron analizados por no disponer de una muestra suficiente y suficientemente representativa de registros anotados). Esta información tratada conjuntamente con aspectos fisiológicos del paciente y en el contexto del SAS (Síndrome de Apneas del Sueño), y de otras patologías posibles sirve para la identificación de las fases de sueño y para la construcción del hipnograma. El objetivo ha sido completado al 100% (la relevancia de los dientes de sierra no es en absoluto determinante para el estudio). Los resultados obtenidos han sido publicados (o están en proceso de impresión) en los siguientes medios:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Proc. Europ. Symp. ANNs, Comput. Intell. &amp; Mach. Learn. 2017. (Accepted)</li> <li>Neurocomputing, 2017</li> <li>Computers in Biology and Medicine, 2016</li> <li>Information Sciences, 2016</li> <li>Proc. Europ. Symp. ANNs, Comput. Intell. &amp; Mach. Learn. 2016</li> <li>Innovations in Medicine and Health Care, 2016</li> <li>Biosystems Engineering, 2015</li> </ol>



<p>Objetivo 3: Modelado e Ingeniería del Sistema</p>	<p>Progreso y consecución del objetivo 3: Para modelar, construir y documentar el desarrollo del sistema se optó por seguir la metodología CommonKADS, que es un estándar de facto en la construcción de sistemas basados en conocimiento (SBC). CommonKADS es una metodología completa que cubre la gestión del proyecto, el análisis de la organización y los aspectos relativos a la Ingeniería del Software y a la Ingeniería del Conocimiento relacionados con el desarrollo de los SBCs, centrándose en el modelado, la reutilización y la gestión del riesgo. Este objetivo está completo al 100 % e incluye las últimas recomendaciones de la AASM 2015. Los resultados han sido ya publicados en 2017, y la versión on-line está disponible, en la prestigiosa revista:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Knowledge-Based Systems (2017)</li></ol> <p>Los resultados del work-in-progress fueron publicados en:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Proc. 14<sup>th</sup> Medit. Conf. Med. Biol. Engn. Comput. 2016.</li></ol>
<p>Objetivo 4: Análisis de Usabilidad</p>	<p>Progreso y consecución del objetivo 4: Se han desarrollado criterios de usabilidad para aplicaciones médicas y aplicaciones portables, aunque el objetivo se ha centrado más en evaluar la usabilidad de interfaces de programación (APIs). Para cuantificar y medir la usabilidad del API de la herramienta en desarrollo correspondiente se optó por utilizar una taxonomía de diseño propio, ya publicada y con más de 70 citas, adaptarla al contexto de uso, y proceder a la experimentación. El objetivo se considera cumplido al 100 %. Se han desarrollado heurísticas y guías para la evaluación de cualquier tipo de API que posteriormente se han utilizado para realizar un análisis heurístico del API desarrollado para este proyecto de investigación. También se realizó un análisis subjetivo con usuarios procedentes de los colaboradores de La Haya (NL) identificando puntos fuertes y débiles en materia de usabilidad del API y obteniendo sugerencias de mejora.</p> <p>Las contribuciones derivadas de este objetivo han sido publicadas (o están pendientes de publicación) en:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 32<sup>th</sup> ACM Symposium on Applied Computing, 2017.</li><li>• International Journal Human Computer Interaction, 2017 (enviado, pendiente aceptación)</li><li>• XXIV Reunión Anual de la Sociedad Española de Sueño. SES 2016.</li></ul>





**D2. Actividades realizadas y resultados alcanzados.**

**Describe** las actividades científico-técnicas realizadas para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto. **Indique** para cada actividad los miembros del equipo que han participado\*. **Extensión máxima 2 páginas.**

*En caso de incluir figuras, cítelas en el texto e insértelas en la última página*

*Resalte en negrita las actividades realizadas por el /los IPs.*

**Actividad 1 : Recopilación y Elicitación de Información Básica y Contextual.**

**Miembros del equipo participantes\*:** **Vicente Moret Bonillo**, Angel Fernández Leal, Mariano Cabrero Canosa, Peter Kerkhof, Jan DeMunck, Diego Alvarez Estévez, Bob Kemp.

Esta actividad supuso la realización de un análisis exhaustivo en las siguientes áreas temáticas:

1. Actividad Neurofisiológica, Electroencefalografía, y Estándar AASM 2015. En esta tarea participaron **Vicente Moret Bonillo**, Mariano Cabrero Canosa, Angel Fernández Leal y Bob Kemp. La conclusión de este estudio es que implementar la reglas publicadas por la AASM implica un tratamiento de las señales polisomnográficas (PSG) utilizando una división de los registros en intervalos, continuando la metodología establecida por las reglas R&K. Esta división limita la capacidad de registrar y analizar eventos de menos de 30 segundos, y obvia el hecho de que la evolución de los procesos biológicos ocurre en forma continua, lo que implica una suave transición entre las etapas del sueño. Para vencer las limitaciones de un tratamiento basado en intervalos de un tiempo determinado se han desarrollado varios métodos recientemente, basados en el uso de inferencia difusa para evitar clasificaciones categóricas, y establecer transiciones suaves que permiten una aproximación a la evolución continua del sueño a través de sus diferentes etapas. Los resultados de este método sugieren la conveniencia de avanzar en el estudio de mecanismos de análisis que traten la polisomnografía como un registro continuo, en vez de dividido en intervalos, con un análisis temporal de correlación de eventos y patrones de señales adecuado. Posteriormente se incluyeron las nuevas recomendaciones publicadas en 2015 por la ya mencionada AASM. El estudio es, por lo tanto, completamente actual.
2. Estado del Arte, Desarrollos Académicos, Productos Comerciales, Revisión de Sistemas. En esta tarea participaron **Vicente Moret Bonillo** y Diego Alvarez Estevez. La tarea supuso una revisión exhaustiva de fuentes documentales y dio lugar a dos publicaciones de revisión (peer review), una –muy amplia- publicada en la revista de Open Access ‘Sleep Disorders’, y otra –más sintética- publicada en Proc. IEEE EMB Conf. 2015. La conclusión de este estudio fue que parte de los esfuerzos actuales están centrados hacia el diseño de algoritmos robustos que puedan interpretar con exactitud datos registrados en condiciones ambulatorias y reducir los costes asociados a la prueba de PSG. Otra línea de trabajo es el desarrollo de aproximaciones basadas en conocimiento para realizar el análisis del PSG. Estas aproximaciones también pueden contribuir para revelar patrones y datos nuevos de importancia para mejorar la diagnosis. Algunos aspectos para ser mejorados dentro de las aproximaciones disponibles actuales tienen que tratar la sensibilidad excesiva a la presencia de artefactos y ruido, la dificultad para manejar la variabilidad en las señales, la influencia de los umbrales, la carencia de explicación de sus resultados, o el sesgo debido a las peculiaridades de cada paciente y la subjetividad humana.
3. Implicaciones Fisiológicas. En esta tarea, realizada en colaboración con el Dr. Perlitz de la Universidad de Aachen, participaron **Vicente Moret Bonillo**, Peter Kerkhof y Jan DeMunck, y dio lugar a una publicación (letter to the Editor) en la prestigiosa revista Journal of Applied Physiology. La sugerencia discutida se refiere a que habitualmente la relevancia del SAS está inadecuadamente considerada cuando hay otras complicaciones asociadas. Con el foco en SAS únicamente, el problema global está perdiendo proporciones si no se considera el impacto de enfermedades como diabetes, desórdenes cardiovasculares, o tumores.





<p><b>Actividad 2 : Análisis y Clasificación de Complejos-K</b></p>	<p><b>Miembros del equipo participantes*:</b> Vicente Moret Bonillo, Elena Hernández Pereira, Diego Alvarez Estevez. Recibimos asesoramiento externo del profesor J.C.Principe.</p>
<p>El objetivo principal de esta actividad fue obtener un método que lograra mejorar la precisión, con una tasa baja de falsos positivos, en la clasificación de Complejos-K, una especie de forma de onda transitoria que se encuentra en el electroencefalograma. Teniendo esto en cuenta, las capacidades de varias de las técnicas de aprendizaje máquina fueron ensayadas. Las entradas para los modelos eran un conjunto de características basadas en amplitud y mediciones de duración obtenidas a partir de las señales que debían de ser clasificadas. De todos los clasificadores ensayados, el SVM obtuvo los mejores resultados con una precisión de 88,69 %. Para mejorar la capacidad de generalización de los clasificadores y al mismo tiempo desechar características irrelevantes, se emplearon métodos de selección de características. Después de este proceso, la clasificación mejoró significativamente. El mejor resultado se obtuvo la aplicación de un filtro basado en correlaciones, con una precisión del 91.40 % utilizando sólo el 36 % de las características totales de entrada.</p>	
<p><b>Actividad 3 : Análisis y Clasificación de Arousals</b></p>	<p><b>Miembros del equipo participantes*:</b> Vicente Moret Bonillo, Diego Alvarez Estévez, Elena Hernández Pereira, Isaac Fernández Varela</p>
<p>En esta actividad, la tarea es el desarrollo y mejora de un nuevo método para la detección de EEG arousals en registros polisomnográficos. El algoritmo detecta arousals utilizando la información disponible a través de dos canales de EEG y el electromiograma. El algoritmo efectúa un preprocesado de las señales para extraer la información relevante. A continuación los eventos individuales detectados son correlacionados temporalmente. Finalmente se lleva a cabo la fase de clasificación para confirmar definitivamente el evento. Al respecto se emplean discriminantes lineales y cuadráticos de Fisher, SVM, y RNA, que comparamos entre sí. Los experimentos realizados con datos de 20 pacientes proporcionaron una sensibilidad de 0.86 y una especificidad de 0.76 en la identificación y confirmación de arousals. Para mejorar dichos resultados se estudió la utilización conjunta de varios discriminantes en el mismo algoritmo, alcanzándose una sensibilidad de 0.81 y una especificidad de 0.88. Aunque el proceso es el mismo, fue necesario añadir clasificadores como árboles de decisión y NN. Además, diseñamos dos modelos de combinación, por un lado, basándonos en la teoría de Shortliffe y Buchanan de factores de certidumbre y por otro en combinaciones lineales. Ambas opciones se compararon frente a los ensembles ya conocidos RF y kNN mostrando mejoras. En este sentido, seguimos investigando si se puede prescindir de los métodos de clasificación. Para ello, estudiamos distintas soluciones para encontrar el patrón del arousal sobre la señal, basándonos en diversos parámetros extraídos directamente de la señal. Actualmente, y fruto de la estrecha colaboración con el Haaglanden Medisch Centrum (NL), se ha desarrollado una nueva técnica para la detección automática de arousals en PSGs. El algoritmo desarrollado es sencillo y robusto, y permite una fácil integración en diversas plataformas software. Una de las características más relevante de esta nueva técnica es la tolerancia a fallos y artefactos. Los resultados obtenidos con esta nueva técnica serán publicados en ESANN 2017.</p>	



<p><b>Actividad 4: Análisis de Información Contextual</b></p>	<p><b>Miembros del equipo participantes*:</b> <b>Vicente Moret Bonillo</b>, Elena Hernández Pereira, Diego Alvarez Estevez</p>
<p>Debido a la influencia de la actividad respiratoria en los patrones EEG de pacientes con SAS, lo que indudablemente afecta a la construcción del Hipnograma, llevamos a cabo un análisis (publicado en la revista –peer review- Biosystems Engineering) en el cual se ha realizado un estudio comparativo de la clasificación de patrones respiratorios, involucrando cinco técnicas de tratamiento de valores perdidos y varios métodos de aprendizaje máquina. El principal objetivo era encontrar un clasificador que nos proporcionase los mejores resultados de clasificación usando un método de imputación que fuese escalable en comparación con otros métodos usados previamente. Los resultados han demostrado que, en general, el método de imputación que usa mapas auto-organizativos consigue que los clasificadores no basados en árboles supongan mejoras sobre el resto de métodos de imputación en base a precisión de clasificación, y que las redes de neuronas “feedforward” y el clasificador Random Forest obtienen el mejor rendimiento independientemente del método de imputación empleado. También se ha desarrollado un método general para el tratamiento de conflictos y generación de conocimiento, que combina técnicas difusas y teoría evidencial. Hasta ahora este novedoso método no ha sido probado con información derivada del PSG, pero su generalidad lo hace perfectamente válido. La aplicación de este método al ámbito de la fisiología, y en concreto a la medicina del sueño, es actualmente un work-in-progress. Este método ha sido enviado para su publicación al congreso FUZZY-IEEE 2017 y está pendiente de revisión.</p>	
<p><b>Actividad 5: Modelado CommonKADS</b></p>	<p><b>Miembros del equipo participantes*:</b> <b>Vicente Moret Bonillo</b>, Angel Fernández Leal, Mariano Cabrero Canosa</p>
<p>CommonKADS puede considerarse como una agrupación estructurada de conocimiento que refleja todos aquellos aspectos importantes para que el SBC tenga éxito dentro del contexto organizacional determinado en el que se quiere implantar. Para recoger estos aspectos, CommonKADS ofrece seis modelos: organización, tareas, agentes, conocimiento, comunicación y diseño. Todos ellos están relacionados entre sí y pueden elaborarse gracias a unos formularios que la metodología ofrece para su confección. El proceso de construcción de los modelos de conocimiento incluye tres etapas principales: identificación, especificación y refinamiento de conocimiento. Del modelo de contexto se extrae la tarea intensiva en conocimiento y la información relacionada con ella, para ello se tiene en cuenta la información representada en los formularios OM-3, OM-4 y TM-2 de la metodología. La tarea en la que se centró el desarrollo del modelo de conocimiento es "construcción del hipnograma". Al analizar la tarea de construcción del hipnograma se observa que es una tarea analítica, ya que la tarea se aplica sobre un sistema (en nuestro caso el paciente) ya existente. Explorando las librerías de tareas analíticas de CommonKADS, se ha llegado a la conclusión de que no hay una plantilla que se adapte a la tarea a implementar debido a su complejidad. Por este motivo se procedió a dividir la tarea en varias subtareas y se buscó una plantilla adecuada para cada una de ellas. Una vez que se ha establecido el modelo de conocimiento, se debe intentar completar la adquisición de conocimiento de acuerdo al modelo planteado. Para ello, se ha intentado reunir toda la información necesaria para el desarrollo del SBC de construcción del hipnograma. Durante el proceso anterior se ha definido una base de conocimientos, en la que se tiene la información sobre las reglas que se necesitan para llevar a cabo el proceso de razonamiento. Una vez que se ha establecido un modelo de conocimiento, se completó la adquisición de conocimiento de acuerdo al modelo planteado. Para ello, se ha estructurado metodológica y rigurosamente toda la información necesaria para el desarrollo del SBC de construcción del hipnograma.</p>	



<b>Actividad 6: Análisis de Usabilidad</b>	<b>Miembros del equipo participantes*:</b> <b>Vicente Moret Bonillo</b> , Eduardo Mosqueira Rey, David Alonso Ríos.
<p>Nuestro objetivo inicial dentro de esta actividad fue la de analizar qué atributos de usabilidad eran los más importantes en aplicaciones relacionadas con la medicina del sueño, teniendo en cuenta las necesidades del usuario y del dominio (publicado en el congreso SES 2016). Un caso especial de estas aplicaciones serían las aplicaciones portables, como la que estaba previsto desarrollar dentro de la propuesta de proyecto europeo elaborada de forma paralela a este proyecto. En el ámbito de las aplicaciones portables, y siguiendo una investigación anterior en un campo diferente, se desarrollaron heurísticas que nos permitían analizar la usabilidad de las aplicaciones de segunda pantalla dentro del marco de los dispositivos móviles (congreso SAC-2017). Por otro lado, la experiencia en la propuesta del proyecto europeo nos hizo darnos cuenta de que los puntos fuertes de nuestro software residían en sus capacidades analíticas, y que una aproximación prometedora consistiría en integrar estas capacidades inteligentes en otras herramientas comerciales o desarrollos de investigación. Pero para ello necesitábamos desarrollar un interfaz de programación (un API) que permitiera su fácil uso por terceras partes. Analizar la usabilidad de un API no es sencillo, y la literatura existente es muy diversa en términos de objetivos y nivel de detalle. Por dicho motivo decidimos que sería adecuado elaborar un conjunto de heurísticas y guías que nos sirvieran para desarrollar y analizar un interfaz de programación de forma que garantizase un nivel adecuado de usabilidad. El diseño del interfaz de programación de la herramienta en desarrollo se realizó en base a una metodología propia de Usabilidad que considera una taxonomía y casos de uso. Dicha metodología ha sido ya publicada, ha sido objeto de una reciente tesis doctoral de carácter internacional, y la taxonomía desarrollada es ampliamente citada. En este contexto, después de adaptar la metodología al problema objeto del presente proyecto, se confeccionó un cuestionario con 44 preguntas, que contiene diversos atributos y del cual incluimos un ejemplo (Figura 1). Posteriormente, durante una estancia de uno de los miembros del equipo investigador en La Haya, se procedió a:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Implementar el API desarrollado según la última versión del mismo</li><li>2. Involucrar a personal del Medisch Centrum Haaglanden en Bronovo-Nebo, La Haya. NL, como usuarios del API desarrollado.</li><li>3. Definir un conjunto de heurísticas y verificar que el API las cumple desde el punto de vista del usuario</li><li>4. Recoger las opiniones de los usuarios involucrados para mejorar el API propuesto</li></ol> <p>Como resultado del trabajo anterior, se lograron los siguientes hitos:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Definir nuevos criterios de usabilidad de APIs.</li><li>2. Evitar inconsistencias y mejorar seguridad, confidencialidad, robustez, esfuerzo humano, etc.</li></ol> <p>Los resultados de esta investigación se enviaron a la revista International Journal of Human Computer Interaction y están pendientes de aceptación.</p>	



**D3. Problemas y cambios en el plan de trabajo.**

**Describe** las dificultades y/o problemas que hayan podido surgir durante el desarrollo del proyecto. Indique cualquier cambio que se haya producido respecto a los objetivos o el plan de trabajo inicialmente planteado, así como las soluciones propuestas para resolverlos. **Extensión máxima 1 página.**

El presente proyecto fue objeto de una minoración económica significativa con respecto a la financiación que figuraba en la solicitud, y que afectaba a la posibilidad real de cumplir con los objetivos inicialmente planteados. En este contexto se realizaron las alegaciones oportunas. A continuación se incluye el texto de las alegaciones y la respuesta de la comisión a las alegaciones efectuadas.

TEXTO DE LAS ALEGACIONES: En relación con el proyecto de referencia, y a tenor del enorme recorte presupuestario sufrido, como investigador principal del mismo INFORMO DE QUE: 1. El mencionado recorte afecta fundamentalmente a la contratación de personal para desarrollo de software. 2. Consultados los miembros del equipo español y del grupo de trabajo extranjero que apoyan la realización del proyecto, se llegó a la conclusión de que el proyecto podría ser realizado si: 1. Asumimos parte de las tareas de desarrollo, prescindiendo del personal contratado. Ello, no obstante, incrementa el esfuerzo y la dedicación de los investigadores del proyecto, y 2. Centramos los objetivos en los aspectos más relevantes del proyecto: Mejora de los algoritmos de identificación de la actividad cerebral en SAS y Establecimiento de los requisitos de Usabilidad del interfaz del Hipnograma. En este contexto SOLICITO Un pequeño cambio en la vocación y objetivos del proyecto, orientándolo más hacia una labor de Investigación y Desarrollo centrada en la mejora de algoritmos, que hacia una labor de Innovación que, no obstante, trataremos de asumir también siempre ello sea posible. Atentamente: Vicente Moret Bonillo.

RESPUESTA DE LA COMISIÓN DE ALEGACIONES: Una vez estudiados los argumentos de su alegación, y revisados de nuevo todos los informes elaborados por los expertos, la comisión de alegaciones acepta las alegaciones expuestas y que, por ello, el proyecto centre sus objetivos en la mejora de los algoritmos de identificación de la actividad cerebral en SAS y el establecimiento de los requisitos de Usabilidad del interfaz del Hipnograma con un enfoque de investigación y desarrollo más que de innovación. Le recordamos que esta propuesta de resolución definitiva finaliza el trámite de audiencia de la convocatoria y solo podrá recurrir ante la resolución definitiva, que se publicará próximamente en la sede electrónica de MINECO.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, las tareas de implementación pasaron a ocupar un segundo plano. No obstante, y aunque no era preceptivo, sí que se realizó el modelado completo de la aplicación, siguiendo la metodología Commonkads, e incorporando las recomendaciones totalmente actualizadas de la AASM-2015.



**D4. Colaboraciones con otros grupos de investigación directamente relacionadas con el proyecto.**

**Relacione** las colaboraciones con otros grupos de investigación y el valor añadido que aportan al proyecto. *Describa, si procede, el acceso a equipamientos o infraestructuras de otros grupos o instituciones.*

-Colaboración con el grupo del Dr. Volker Perlitz del RWTH Aachen University, Faculty of Medicine and University Hospital, Aachen, Alemania. La colaboración supuso el establecimiento de relaciones entre el SAS y otras patologías como el HIV. De dicha colaboración surgió una publicación (letter to the Editor) publicada en Journal of Applied Physiology. Actualmente, el Doctor Perlitz ha creado su propia empresa: SIMPLANA, de la que se incluye información: <http://www.simplana.de/>

-Colaboración con el equipo de Machine Learning y Big Data de la UDC, dirigido por la Dra. Amparo Alonso Betanzos, sobre cuestiones relativas a la extracción y selección de características a partir de señales neurofisiológicas. Esta colaboración es fruto de una estrecha relación científico-técnica entre dos equipos consolidados de la UDC, clasificados como de Referencia Competitiva, que se mantiene estable desde hace más de 25 años. Ambos equipos pertenecen al Laboratorio de I+D en Inteligencia Artificial, LIDIA, y son:

1. Machine Learning y Big Data. Coordinado por Amparo Alonso Betanzos.
2. Aplicaciones Informáticas Avanzadas. Coordinado por Vicente Moret Bonillo.

-Seguimos manteniendo una estrecha colaboración con el Medisch Centrum Haaglanden, The Hague, Holanda, con cuyo personal mantenemos una excelente relación que, además, se plasma en resultados prácticos directamente relacionados con este proyecto, como son:

1. Intercambio de información y datos
2. Análisis de señales
3. Movilidad de investigadores del Proyecto objeto del presente informe a sus instalaciones
4. Colaboración en materia de usabilidad, comprobación "in situ" del API desarrollado

-Análogamente sigue activa la colaboración con la VU University Amsterdam, Amsterdam - FMT – Holanda, colaboración que es estable y consolidada ya que, además de la realización del presente proyecto, el IP del mismo es evaluador de artículos del IEEE Trans. Biomed. Engn., revista de alto impacto y de la cual el Profesor Peter Kerkhof es editor asociado. Por otra parte, y fruto de esta estrecha relación, el IP de este proyecto ha sido invitado por el Profesor Kerkhof a colaborar con él en la redacción y publicación de un capítulo de libro titulado "Medical Expert Systems". El contrato de edición ha sido ya firmado, y el material elaborado será publicado en 2017, en la **Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering**, editada por **JOHN WILEY & SONS**. Se incluye información al respecto: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/047134608X>

-La colaboración con el CNEL de Florida, sigue vigente a nivel de asesoría externa, labor que el Profesor J. C. Principe, Distinguished Bell Professor de la Universidad de Gainesville, USA, lleva prestando a nuestro grupo desde 1990, en lo que es una relación de colaboración estable y consolidada.

-Parte de los datos utilizados para el desarrollo del Proyecto objeto del presente informe proceden de La Case Western University and the Sleep Health Heart Study.





**D5. Colaboraciones con empresas o sectores socioeconómicos directamente relacionados con el proyecto.**

*Relacione las colaboraciones con empresas o sectores socioeconómicos y el valor añadido que aportan al proyecto*

1. Con motivo de la preparación de una solicitud de Proyecto Europeo, vinculado al proyecto objeto de este informe, y en el marco de la iniciativa H2020 (PHC 30 – 2015), se mantuvieron contactos y reuniones con las empresas IMAXDI (Spain) y SURGITAIX: Aachen (Germany). En el apartado D7 figuran detalles al respecto.
2. Se ha establecido una línea de contacto con la empresa alemana SIMPLANA (<http://www.simplana.de/>) a través de la colaboración, ya mencionada, con el Dr. Perltz.

**D6. Actividades de formación y movilidad de personal directamente relacionadas con el proyecto.**

*Indique las actividades de formación y movilidad de personal relacionadas con el desarrollo del proyecto. Describa, además, si procede, las actividades realizadas en colaboración con otros grupos o con actividades de formación en medianas o grandes instalaciones.*

	Nombre	Tipo de personal ( <i>becario, técnico, contratado con cargo al proyecto, posdoctoral, otros</i> )	Descripción de las actividades de formación o motivo de la movilidad
1	Isaac Fernández Varela	Ingeniero Informático y Doctorando contratado con cargo al programa de consolidación y estructuración de unidades de investigación competitivas del Sistema Universitario Gallego. Modalidad de Grupos de Referencia Competitiva.	Actividad de Formación consistente en recopilación de información y análisis de métodos en el contexto de la Realización de la Tesis Doctoral titulada: Diseño de algoritmos para análisis de Arousals, Complejos-K, Sleep Spindles y ondas Vértex en señales de EEG.
2	Isaac Fernández Varela	Ingeniero Informático y Doctorando contratado con cargo al programa de consolidación y estructuración de unidades de investigación competitivas del Sistema Universitario Gallego. Modalidad de Grupos de Referencia Competitiva.	Actividad de Movilidad: Estudio y desarrollo de técnicas avanzadas para la detección automática de arousals electroencefalográficos (Medisch Centrum Haaglanden en Bronovo-Nebo, La Haya. NL.
3	Isaac Fernández Varela	Ingeniero Informático y Doctorando contratado con cargo al programa de consolidación y estructuración de unidades de investigación competitivas del Sistema Universitario Gallego. Modalidad de Grupos de Referencia Competitiva.	Actividad de Movilidad: Estudio y desarrollo de nuevas técnicas para el análisis automático de señales neurofisiológicas durante el sueño (Haaglanden Medisch Centrum, La Haya. NL)
4	Isaac Fernández Varela	Ingeniero Informático y Doctorando contratado con cargo al programa de consolidación y estructuración de unidades de investigación competitivas del Sistema Universitario Gallego. Modalidad de Grupos de Referencia Competitiva.	Actividad de Movilidad: Diseño de un cuestionario de usabilidad para la validación del API propuesto para el estudio de las señales neurofisiológicas durante el sueño y entrevistas individuales a los usuarios para recoger sus respuestas (Haaglanden Medisch Centrum, La Haya. NL)



**D7. Actividades de internacionalización y otras colaboraciones relacionadas con el proyecto.**

**Indique** si ha colaborado con otros grupos internacionales. Consigne si ha concurrido, y con qué resultado, a alguna convocatoria de ayudas (proyectos, formación, infraestructuras, otros) de programas europeos y/o programas internacionales, en temáticas relacionadas con la de este proyecto. **Indique** el programa, socios, países y temática y, en su caso, financiación recibida.

1. Los días 7, 8 y 9 de octubre de 2014, con financiación propia derivada de la producción científica del grupo, organizamos en el Laboratorio LIDIA de la UDC una reunión con participación internacional para definir un proyecto –estrictamente relacionado con el proyecto objeto del presente informe- en el marco del programa H2020 (PHC 30 – 2015).
2. El título del proyecto propuesto era: BPS MONITOR - Portable medical decision support system to monitor quality of sleep as an indicator of patient health.
3. La lista de participantes en esta reunion es la siguiente: Vicente Moret (leader), Marta Nuñez, Mariano Cabrero, Eduardo Mosqueira, Elena Hernandez, Angel Fernandez, Javier A. Osuna, Javier Cudeiro, Casto Rivadulla, Volker Perlitz, Diego Alvarez, Peter Kerkhof y Jan DeMunck.
4. Las entidades participantes fueron: 1. Laboratory for Research and Development of Artificial Intelligence (LIDIA): UDC, Spain, 2. Neuroscience and motor control Lab: UDC, Spain, 3. Imaxdi real innovation: Spain and Poland, 4. University Klinik: Aachen, Germany, 5. SURGITAIX: Aachen, Germany, 6. Sleep Center MCH: La Haya, The Netherlands, 7. Physics and medical technology, VU UMC Amsterdam: The Netherlands, 8. CITIC – UDC, Spain.
5. La estructura definida para el Proyecto H2020 fue la siguiente: Figura 2.

Finalmente, a pesar del gran esfuerzo realizado, el proyecto no salió adelante por desavenencias de tipo económico entre los partners.

**E. Difusión de los resultados del proyecto**

*Relacione únicamente los resultados derivados de este proyecto.*

**E1. Publicaciones en revistas indexadas directamente relacionadas con los resultados del proyecto.**

*Indique autores\*, título, referencia de la publicación, año, factor de impacto de la publicación, cuartil....*

1.	<p><b>Eduardo Mosqueira-Rey</b>, David Alonso-Ríos, <b>Vicente Moret-Bonillo</b>, <b>Isaac Fernández Varela</b>, Diego Alvarez-Estévez. Taxonomy-derived Criteria for the Usability of Application Program Interfaces: A Case Study. (Submitted paper) International Journal of Human Computer Interaction, 2017. Impact Factor 2015 = 1.260 Quartile = Q2</p>
2.	<p><b>Isaac Fernández</b>, <b>Elena Hernández</b>, Diego Alvarez, <b>Vicente Moret-Bonillo</b>. Combining machine learning models for the automatic detection of EEG arousals Neurocomputing (Accepted paper), 2017 Impact Factor 2015 = 2.392 Quartile = Q1</p>
3.	<p><b>Angel Fernández</b>, <b>Mariano Cabrero</b>, <b>Eduardo Mosqueira</b>, <b>Vicente Moret-Bonillo</b>. A knowledge Model for the development of a framework for hypnogram construction Knowledge-Based Systems, vol. 118, pp. 140-151, 2017 Impact Factor 2015 = 3.325 Quartile = Q1 <a href="http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705116304737">http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705116304737</a></p>





4.	<p>Diego Alvarez, <b>Vicente Moret-Bonillo</b>. Spectral heart rate variability analysis using the heart timing signal for the screening of the sleep apnea-hypopnea syndrome Computers in Biology and Medicine, vol. 71, pp. 14-23, 2016 Impact Factor 2015 = 1.521 Quartile = Q2 <a href="http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482516300130">http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482516300130</a></p>
5.	<p><b>Elena Hernández</b>, Verónica Bolón, Noelia Sánchez, Diego Alvarez, <b>Vicente Moret-Bonillo</b>, Amparo Alonso. A comparison of performance of K-complex classification methods using feature selection Information Sciences, vol. 328, pp. 1-14, 2016 Impact Factor 2015 = 3.364 Quartile = Q1 <a href="http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020025515006088">http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020025515006088</a></p>
6.	<p><b>Elena Hernández</b>, Diego Alvarez, <b>Vicente Moret-Bonillo</b>. Automatic classification of respiratory patterns involving missing data imputation techniques Biosystems Engineering, vol.138, pp. 65-76, 2015 Impact Factor 2015 = 1.997 Quartile = Q1 <a href="http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511015001117">http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511015001117</a></p>
7.	<p>Volker Perlitz, Peter Kerkhof, Jan de Munck, <b>Vicente Moret-Bonillo</b>. Commentaries on Viewpoint: The ongoing need for good physiological investigation: Obstructive sleep apnea in HIV patients as a paradigm (Letter to the Editor) Journal of Applied Physiology, vol. 118, pp. 247-250, 2015 Impact Factor 2015 = 3.004 Quartile = Q1 <a href="http://jap.physiology.org/content/118/2/247.full">http://jap.physiology.org/content/118/2/247.full</a></p>

\*Resalte en negrita el/los IPs y miembros del equipo de investigación

**Total publicaciones: 6 (+1 submitted)**

**E2. Otras publicaciones científico-técnicas directamente relacionadas con los resultados del proyecto.**

*Indique autores\*, título, referencia de la publicación, año...*

1.	
2.	
n.	

\* Resalte en negrita el/los IPs y miembros del equipo de investigación

**Total publicaciones:**



<b>E3. Publicaciones en libros/capítulos de libros</b>				
<i>Indique autores*, título, referencia de la publicación, año...</i>				
1.	<b>Vicente Moret-Bonillo, Isaac Fernández, Elena Hernández,</b> Diego Alvarez, Volker Perlitz. ON THE AUTOMATION OF MEDICAL KNOWLEDGE AND MEDICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS. <i>Advances in Biomedical Informatics. SPRINGER. 2017 (Book Chapter, In Press)</i>			
* Resalte en negrita el/los IPs y miembros del equipo de investigación				
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: right;"><b>Total libros: 0</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"><b>Total capítulos de libros: 1</b></td> </tr> </table>		<b>Total libros: 0</b>	<b>Total capítulos de libros: 1</b>	
<b>Total libros: 0</b>				
<b>Total capítulos de libros: 1</b>				
<b>E4. Publicaciones en “open access” directamente relacionadas con los resultados del proyecto.</b>				
<i>Indique autores*, título, referencia de la publicación, año...</i>				
1.	Diego Alvarez and <b>Vicente Moret-Bonillo.</b> Computer-Assisted Diagnosis of the Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome: A Review. En: SLEEP DISORDERS (Open Access Peer Review Journal), Vol. 2015, Article ID 237878, 33 páginas, 2015. <a href="https://www.hindawi.com/journals/sd/2015/237878/">https://www.hindawi.com/journals/sd/2015/237878/</a>			
* Resalte en negrita el/los IPs y miembros del equipo de investigación				
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: right;"><b>Total publicaciones: 1</b></td> </tr> </table>		<b>Total publicaciones: 1</b>		
<b>Total publicaciones: 1</b>				
<b>E5. Patentes directamente derivadas de los resultados del proyecto. Indicar si están licenciadas y/o en explotación. Indique autores*, título, referencia, año...</b>				
1.	<b>NINGUNA</b>			
* Resalte en negrita el/los IPs y miembros del equipo de investigación				
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: right;"><b>Total patentes: 0</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"><b>Total patentes licenciadas: 0</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"><b>Total patentes en explotación: 0</b></td> </tr> </table>		<b>Total patentes: 0</b>	<b>Total patentes licenciadas: 0</b>	<b>Total patentes en explotación: 0</b>
<b>Total patentes: 0</b>				
<b>Total patentes licenciadas: 0</b>				
<b>Total patentes en explotación: 0</b>				
<b>E6. Publicaciones derivadas de asistencia a congresos, conferencias o workshops relacionados con el proyecto</b>				
1.	Título del trabajo: Outlining a simple and robust method for the automatic detection of EEG arousals Congreso: Proceedings ESANN 2017. European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning. 2017. (Accepted paper) Tipo de presentación: Póster Autores: Isaac Fernández, Diego Alvarez, Elena Hernández, Vicente Moret-Bonillo <a href="https://www.elen.ucl.ac.be/esann/index.php?pg=pgm">https://www.elen.ucl.ac.be/esann/index.php?pg=pgm</a>			
2.	Título del trabajo: A proposal to solve rule conflicts in the Wang-Mendel algorithm for fuzzy classification using Evidential Theory Congreso: 2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems. 2017. (Submitted paper) Tipo de presentación: Autores: Diego Alvarez, Vicente Moret-Bonillo			
3.	Título del trabajo: Usability Evaluation and Development of Heuristics for Second-Screen Applications Congreso: Proceedings 32 Th ACM Symposium on Applied Computing. 2017. (Accepted paper) Tipo de presentación: Póster Autores: Eduardo Mosqueira, David Alonso, Diego Prado, Vicente Moret-Bonillo			



<p>4. Título del trabajo: Usabilidad de sistemas informáticos en la medicina del sueño Congreso: XXIV Reunión Anual de la Sociedad Española de Sueño. SES 2016. Tipo de presentación: Póster Autores: Eduardo Mosqueira, David Alonso, Vicente Moret-Bonillo</p>
<p>5. Título del trabajo: Automatic detection of EEG arousals. Congreso: Proceedings ESANN 2016. European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning. Vol. 24, pp. 235-240. 2016. Tipo de presentación: Oral. Autores: Isaac Fernández, Elena Hernández, Diego Alvarez, Vicente Moret-Bonillo</p>
<p>6. Título del trabajo: A comparison of performance of sleep spindle classification methods using wavelets. Congreso: Proceedings Innovation in Medicine and Healthcare 2016. Vol. 60 (Series Smart Innovation, Systems and Technologies), pp. 61-70. 2016. Tipo de presentación: Oral. Autores: Elena Hernández, Isaac Fernández, Vicente Moret-Bonillo</p>
<p>7. Título del trabajo: Towards the Standardization of Hypnograms Construction for Sleep Analysis. Congreso: Proceedings IFMBE 2016. 14 Th Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing. Vol. 57, pp. 859-863. 2016. Tipo de presentación: Póster. Autores: Angel Fernández, Vicente Moret-Bonillo, Mariano Cabrero</p>
<p>8. Título del trabajo: Computer-assisted diagnosis of the Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome: An overview of different approaches Congreso: Proceedings 37 Th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Vol. 37, pp. 4544-4549. 2015. Tipo de presentación: Póster. Autores: Diego Alvarez, Vicente Moret-Bonillo</p>
<p><b>Nombre del congreso/conferencia/workshop:</b> <b>Tipo de comunicación:</b> <b>Autores*:</b> <b>Año</b></p>

\* Resalte en negrita el/los IPs y miembros del equipo de investigación

**Total congresos nacionales: 1**  
**Total congresos internacionales: 7**  
**Total conferencia/ workshop: 0**



**E7. Tesis doctorales relacionadas con el proyecto.**

*Indique si están ( en marcha) o finalizadas*

**Nombre:** Isaac Fernández Varela

**Director:** Elena Hernández Pereira y Vicente Moret Bonillo

**Título:** Algorithm design for the analysis of Arousals, K-Complex and Sleep Spindles over EEG signals

**Organismo:** Universidade Da Coruña (Tesis doctoral en fase avanzada de desarrollo)

**Total tesis en marcha: 1**

**Total tesis finalizadas: 0**

**F. Impacto de los resultados del proyecto**

*Indicar el impacto científico-técnico, económico y social de los resultados de la investigación identificando el principal impacto científico-técnico derivado del proyecto de acuerdo con lo indicado en la solicitud y posibles impactos no previstos, el sector o sectores sobre los que tendrán impacto los resultados y actividades realizadas en el proyecto que puedan dar lugar a transferencia de conocimiento.*

**F1. Principal impacto derivado en el proyecto**

El mayor logro del proyecto de referencia ha sido el desarrollo de un framework para la construcción de hipnogramas a partir de señales neurofisiológicas. Dicho framework incorpora importantes avances en procesado de señales, y las más actuales recomendaciones de la American Academy of Sleep Medicine (<http://www.aasmnet.org/>), concretamente las que figuran en su último informe AASM 2015.

**F2. Impacto no previsto derivado del proyecto**

El IP de este proyecto ha sido invitado por el Profesor Kerkhof a colaborar con él en la redacción y publicación de la tercera edición, completamente renovada y actualizada, del capítulo de libro titulado "Medical Expert Systems". El contrato de edición ha sido ya firmado, y el material elaborado será publicado en 2017, en la **Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering**, editada por **JOHN WILEY & SONS**. Se incluye información al respecto: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/047134608X>

**F3. Sector de Impacto de los resultados del proyecto: industria, administración, política, aumento del conocimiento, salud, medioambiente....**

Ambito Sanitario Asistencial. Salud.

**F4. ¿Cuenta con socios que puedan explotar los resultados?**

Estamos en conversaciones con el Dr. Perlitz, de Aachen (Alemania), para estudiar la posibilidad de transferencia del producto desarrollado a través de su empresa Simplana.

**F5. ¿Qué actividades del proyecto pueden generar valorización y transferencia del conocimiento?**

1. Nuevos algoritmos de procesado de señales neurofisiológicas, que mejoran muy notablemente a los ya existentes.
2. Creación de un modelo de contexto y de un modelo de conocimiento, basado en la metodología CommonKADS, y en los últimos criterios de la AASM 2015.
3. Diseño e implementación de un nuevo modelo para el análisis de usabilidad de APIs.



**G. Gastos realizados durante la ejecución del proyecto**

Debe cumplimentarse este apartado **independientemente** de la justificación económica anual enviada por la entidad. Se deben incluir los principales conceptos de gastos con su importe, no el desglose de las facturas del proyecto, para valorar su adecuación a los objetivos y actividades realizadas en el proyecto.

Es **indispensable** especificar si el gasto estaba previsto en la solicitud original.

Cree tantas filas como necesite

**G1. Gastos de personal**

Indique número de personas, situación laboral y función desempeñada

	Nombre	Situación laboral	Función desempeñada	Importe	Previsto en la sol. original (S/N)
1	No aplica				Sí, pero excluido por la comisión de evaluación.
<b>Total gastos de personal:</b>				No aplica	

**G2. Material inventariable** (describa el material adquirido)

	Equipo	Descripción del equipo	Importe	Previsto en la sol. original (S/N)
1	Portátil	PORTÁTIL MICROSOFT SURFACE 3 CON TECLADO SURFACE TYPE COVER	1 765.00 €	Si
2	Ordenador	PC Crunia Intel Core i7-4790 3.6 GHz, 8 GB DDR, 120GB SSD+ 1 TB HD	554.18 €	Si
3	Portátil	Portátil DELL Latitude E5550 (REF:5550-9333)	1 146.00 €	Sí
<b>Total gastos material inventariable</b>			<b>3 465.18 €</b>	



### G3. Material fungible

Describe el tipo de material por concepto o partida, p. ej., reactivos, material de laboratorio, consumibles informáticos, etc.

	<b>Concepto. Nota:</b> De acuerdo con las Instrucciones de ejecución y justificación. Proyectos de Excelencia 2013-P en el apartado 2.2 de Material fungible, suministros y productos similares, se establece que son elegibles elementos como memoria ram, disco duro externo, teclado, ratón, webcam, ampliación de memoria externa, batería externa.		<b>Importe</b>	<b>Previsto en la sol. original (S/N)</b>
1	Teclado y memoria	Teclado Apple y 2 Memorias 8GB DDR 1333 (en lugar de: Ordenador Portátil previsto en la solicitud Original)	147.92 €	En la sol. Original estaba prevista la adquisición de un ordenador portátil. Con el objeto de optimizar gastos decidimos mejorar un ordenador portátil ya existente.
2	Ratón	Microsoft Surface Ratón ARC TOUCH MOUSE	88.93 €	Sí
<b>Total gastos material fungible</b>			<b>236.85 €</b>	



**G4. Viajes y dietas**

Describe la actividad del gasto realizado y **las personas que han realizado la actividad**. Debe incluir aquí los gastos derivados de la asistencia a congresos, conferencias, colaboraciones, reuniones de preparación de propuestas relacionados con este proyecto, etc.

	Concepto	Relación con el proyecto	Importe	Nombre del participante	Previsto en la sol. original (S/N)
1	Desplazamiento en avión Coruña (España) - Larnaca (Chipre) - Coruña (España)	Asistencia al congreso MEDICON'16	615.81 €	Ángel Fernández Leal	Sí
2	Desplazamiento en autobús y taxi Larnaca-Paphos-Larnaca	Asistencia al congreso MEDICON'16	146.50 €	Ángel Fernández Leal	Sí
3	Gastos de manutención	Asistencia al congreso MEDICON'16	183.91 €	Ángel Fernández Leal	Sí
4	Alojamiento	Asistencia al congreso MEDICON'16	155.13 €	Ángel Fernández Leal	Sí
5	Desplazamiento en avión Coruña (España) - Brujas (Bélgica); Lieja (Bélgica) - Coruña (España)	Asistencia al congreso ESANN'16	302.68 €	Isaac Fernández Varela	Sí
6	Desplazamiento en tren Brujas-Lieja	Asistencia al congreso ESANN'16	42.10 €	Isaac Fernández Varela	Sí
7	Gastos de manutención	Asistencia al congreso ESANN'16	373.23 €	Isaac Fernández Varela	Sí
8	Alojamiento	Asistencia al congreso ESANN'16	257.40 €	Isaac Fernández Varela	Sí
9	Desplazamiento en coche Coruña-Valladolid	Asistencia al congreso SES'16	215.80 €	Eduardo Mosqueira Rey	Sí
10	Gastos de manutención	Asistencia al congreso SES'16	149.60 €	Eduardo Mosqueira Rey	Sí
11	Alojamiento	Asistencia al congreso SES'16	166.36 €	Eduardo Mosqueira Rey	Sí
12	Desplazamiento en avión Coruña (España) - Tenerife (España) - Coruña (España)	Asistencia al congreso INMED'16	231.28 €	Isaac Fernández Varela	Sí
13	Gastos de manutención	Asistencia al congreso INMED'16	187.00 €	Isaac Fernández Varela	Sí
14	Alojamiento	Asistencia al congreso INMED'16	187.56	Isaac Fernández Varela	Sí
15	Desplazamiento en avión Coruña (España) - La Haya (Holanda) - Coruña (España)	Estancia de investigación en el Sleep Center MCH: La Haya, The Netherlands	265.91 €	Isaac Fernández Varela	Sí
16	Gastos de manutención	Estancia de investigación en el Sleep Center MCH: La Haya, The Netherlands	1280 €	Isaac Fernández Varela	Sí
17	Alojamiento	Estancia de investigación en el Sleep Center MCH: La Haya, The Netherlands	1495 €	Isaac Fernández Varela	Sí
<b>Total viajes y dietas</b>			<b>6 255.27 €</b>		





<b>G5. Otros gastos</b>					
<i>Describe la actividad del gasto por concepto, y si procede, las personas que han realizado la actividad.</i>					
	<b>Concepto</b>	<b>Relación con el proyecto</b>	<b>Importe</b>	<b>Nombre del participante</b>	<b>Previsto en la sol. original (S/N)</b>
1	Inscripción Congreso EMBC'15	Presentación de Resultados Prospectivos y Revisión de Técnicas. Sólo la financiación de la Inscripción al Congreso fue imputada al proyecto objeto del presente informe	822,63 €	La inscripción del trabajo fue realizada por Vicente Moret y su presentación (por cuestiones de proximidad geográfica, y para optimizar costes), por Diego Álvarez Estévez	Sí
2	Inscripción Congreso MEDICON'16	Presentación de poster realizado para el proyecto	525,00 €	Ángel Fernández Leal	Sí
3	Inscripción Congreso ESANN'16	Presentación de paper realizado para el proyecto	540,00 €	Isaac Fernández Varela	Sí
4	Inscripción Congreso SES'16	Presentación de paper realizado para el proyecto	181,82 €	Eduardo Mosqueira Rey	Sí
5	Inscripción Congreso INMED'16	Presentación de paper realizado para el proyecto	440,00 €	Isaac Fernández Varela	Sí
6	3 Licencias MATLAB, 2 Licencias Fuzzy Logic Toolbox	Desarrollo de Software.	1 710.00 €	NO APLICA	NO
<b>Total otros gastos</b>			<b>4 219.45 €</b>		



#### H. Descripción de gastos no contemplados en la solicitud original

Si ha realizado algún gasto no contemplado en la solicitud original, **justifique** la necesidad de su ejecución en este apartado


Gasto	Justificación
Teclado Apple y 2 Memorias 8GB DDR 1333 (en lugar de: Ordenador Portátil previsto en la solicitud Original)	En la solicitud original estaba prevista la adquisición de un ordenador portátil. Con el objeto de optimizar gastos decidimos mejorar un ordenador portátil ya existente.
3 Licencias MATLAB, 2 Licencias Fuzzy Logic Toolbox	Tal y como se describe detalladamente en el apartado D3 del presente informe, la Comisión de Alegaciones redefinió la vocación original del proyecto, con una orientación más de I+D que de Innovación, fijando también los objetivos, entre otros, en la mejora de algoritmos. Ello ha supuesto un cambio en el tipo de software necesario para adaptarnos a los criterios de la Comisión de Alegaciones.

#### I. Resumen de gastos realizados durante la ejecución del proyecto

Desglose los gastos por conceptos ( <i>costes directos únicamente</i> ):	Importe:
<b>Personal:</b>	<b>0 €</b>
<b>Inventariable:</b>	<b>3 465.18 €</b>
<b>Fungible:</b>	<b>236.85 €</b>
<b>Otros gastos: (G4-viajes y dietas- y G5-otros gastos-)</b>	<b>10 474.72 €</b>
<b>Importe total ejecutado (costes directos únicamente):</b>	<b>14 176.75 €</b>
<b>Importe total concedido:</b>	<b>20 570.00 €</b>



FIGURA 1



## UNIVERSIDADE DA CORUÑA

### API Usability Questionnaire

**1. Knowability → Clarity**

---

**1. Are names self-explanatory?**

Yes     Partially     No     N/A     Other:.....

*Cryptic abbreviations and names should be avoided.  
Be as expressive as possible, do not obscure intent (Hungarian notation, magic numbers, etc.)  
Names should be self-documenting (not much need to consult the documentation).  
Use short variable names for tiny scopes and longer names for big scopes.*

**2. Are data types as specific as possible to make the code more readable?**

Yes     Partially     No     N/A     Other:.....

*Avoid generic types when a specific type can be used.  
Avoid boolean or string types. Use an enumeration value instead:  
list.insert('value', true) vs. list.insert('value', Insert.ORDERED)  
Avoid extra parameters splitting a large function into several smaller functions:  
insert('value'), insertOrdered('value')*

**3. Does the API have long deep inheritance hierarchies?**

Yes     Partially     No     N/A     Other:.....

*The inheritance tree should not be unnecessarily deep.  
The number of children does not have a significant effect on the understandability.*

**4. Is it easy to understand what that code does when reading it?**

Yes     Partially     No     N/A     Other:.....

*The code should be fluent in a clear way.  
But avoid long chains of method delegations that are difficult to track.  
Encapsulate recurrent and complex conditional sentences in functions:  
if (shouldBeDeleted(timer)) ...  
Avoid negative conditionals.  
There should be a correspondence between naming and structure (e.g. use of get & set)*

**5. Does the API expose core API functionality through attributes?**

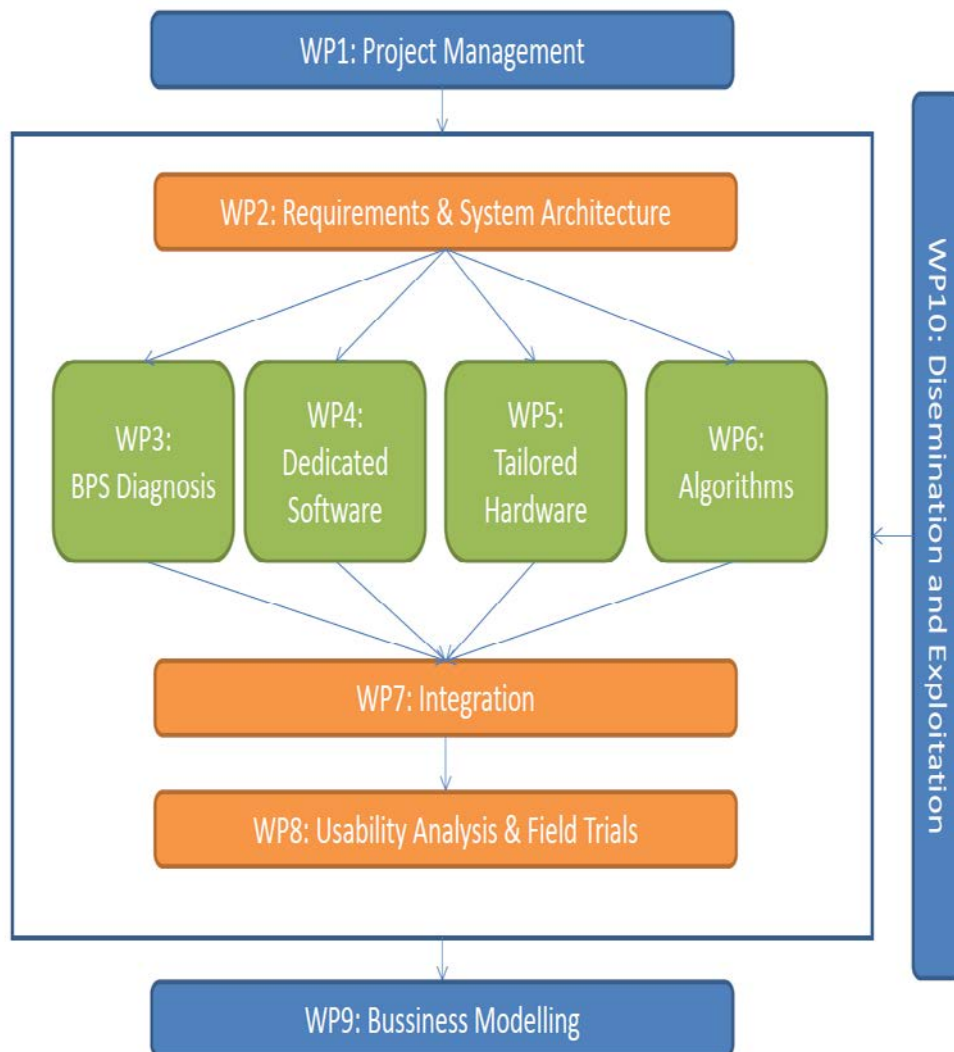
Yes     Partially     No     N/A     Other:.....

*Do not use multiple interacting attributes to achieve specific functionality.  
Combinatorial effects between different attributes should be avoided.*

1



FIGURA 2





## Instrucciones para la elaboración de los informes de seguimiento científico-técnico de proyectos Retos y Excelencia

Para el seguimiento científico-técnico de las convocatorias de Proyectos de I+D Excelencia, y Proyectos de I+D+i Retos, deberá presentarse:

- En proyectos con duración plurianual, un **informe de seguimiento científico-técnico de progreso intermedio**, cuando cumpla la mitad del período de ejecución del proyecto.
- Tanto en los proyectos de duración anual como en los de duración plurianual, un **informe científico-técnico final**.

Los informes de justificación científico-técnica deberán contener la siguiente información:

- Desarrollo de las actividades realizadas hasta el momento, cumplimiento de los objetivos propuestos en la actuación, así como el impacto de los resultados obtenidos evidenciados, entre otros, mediante la difusión de resultados en publicaciones, revistas científicas, libros, presentaciones en congresos, acciones de transferencia, patentes, internacionalización de las actividades, colaboraciones con grupos nacionales e internacionales y, en su caso, en la formación de personal investigador.
- Cualquier cambio que se haya producido respecto a los gastos contemplados en el presupuesto incluido en la solicitud inicial del proyecto, justificando adecuadamente su necesidad para la consecución de los objetivos científico-técnicos del proyecto.
- Cualquier modificación que se haya producido en la composición y/o dedicación del equipo de investigación. Estos cambios deben haber sido previamente autorizados por la Subdivisión de Programas Temáticos Científico-Técnicos.
- Cualquier modificación que se haya producido en la composición del equipo de trabajo respecto al inicialmente previsto en la memoria científico-técnica del proyecto. Estos cambios no necesitan autorización previa por parte de la Subdivisión de Programas Temáticos Científico-Técnicos.
- Cualquier modificación que se haya producido en los objetivos propuestos en la solicitud de la ayuda, detallando justificadamente los motivos que han llevado a ello.

En el caso de proyectos coordinados, se deberá presentar **un informe independiente** por cada uno de los subproyectos.

### Elaboración del Informe Final científico-técnico

**Los datos aportados en este informe deben coincidir con los introducidos en el formulario de indicadores que se encuentra en la aplicación de justificación.**

**Apartado A.** Se debe indicar los datos actuales del proyecto. Si ha habido alguna modificación en los datos iniciales del proyecto debe indicarlo en el Apartado **A2**. Los proyectos que estén dirigidos por dos investigadores principales deberán rellenar también la casilla correspondiente al Investigador Principal 2.



**Apartado B.** Se debe relacionar la situación de **todo** el personal que haya realizado actividades durante la ejecución del proyecto, tanto si forma parte del equipo de investigación como del equipo de trabajo.

**Apartado C.** Se debe hacer un resumen de los principales avances y logros del proyecto durante su ejecución.

**Apartado D:** Se debe reflejar el progreso de las actividades del proyecto y el cumplimiento de los objetivos propuestos, desarrollándolos en los siguientes apartados:

**D1.** Se debe describir el grado de cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto.

**D2.** Se debe describir las actividades científico-técnicas desarrolladas para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto indicando los miembros del equipo que han participado en cada una de las actividades, remarcando las realizadas por el/los investigadores principales.

*Se debe informar sobre el progreso y la consecución de todos los objetivos inicialmente planteados con el detalle suficiente para poder valorar el grado de cumplimiento, así como las actividades realizadas y los resultados alcanzados.*

**D3.** Se debe reflejar las dificultades o problemas que hayan podido surgir en el desarrollo del proyecto, así como su repercusión para el proyecto en su conjunto. Si se hubieran propuesto soluciones para superar dichas dificultades, también es necesario reflejarlas en este apartado.

*Se entiende que estas situaciones son inherentes a la propia actividad científica, pero se debe informar y ayudar a valorar su alcance.*

**D4. y D5.** Se debe relacionar, en el apartado correspondiente, las colaboraciones con otros grupos de investigación que tengan **relación directa** con el proyecto y las colaboraciones con empresas o sectores socioeconómicos.

*Las actividades de colaboración deben detallarse y justificarse adecuadamente, especialmente cuando hayan implicado gasto o cuando no estuvieran contempladas en la solicitud original.*

**D6.** Se debe detallar las actividades de formación y movilidad del personal que participa en el proyecto.

**D7.** Se debe describir las actividades de internacionalización y otras colaboraciones relacionadas con el proyecto, indicando

**Apartado E.** Se debe reflejar las actividades realizadas de difusión de los resultados del proyecto.

**E1.** Se debe relacionar **únicamente** las publicaciones en revistas indexadas en Web of Science o Scopus relacionadas directamente con el proyecto indicando autores, título, referencia, año, índice de impacto de la publicación, cuartil..., remarcando los investigadores del proyecto.

**E2.** Se debe relacionar **otras publicaciones en revista científico-técnicas no indexadas directamente relacionadas con los resultados del proyecto**, indicando autores, título, referencia, año..., remarcando los investigadores del proyecto.

**E3.** Se debe relacionar las **publicaciones en libros/capítulos de libros directamente relacionadas con los resultados del proyecto**, indicando autores, título, referencia, año..., remarcando los investigadores del proyecto.



**E4.** Se debe relacionar las publicaciones “open acces” relacionadas directamente con el proyecto indicando autores, título, referencia, año..., remarcando los investigadores del proyecto.

**E5.** Se debe relacionar las patentes relacionadas directamente con el proyecto indicando autores, título, referencia, año..., si están licenciadas y/o en explotación, remarcando los investigadores del proyecto y si están licenciadas y/o en explotación

**E6.** Se debe relacionar las publicaciones derivadas de la asistencia a congresos, conferencias o workshops relacionados con el proyecto con indicación del título de la ponencia, nombre del congreso/conferencia y de las personas del equipo que hayan asistido.

**E7.** Se debe relacionar las tesis doctorales relacionadas directamente con el proyecto llevadas a cabo o en marcha

**Apartado F.** Se debe detallar el impacto de los resultados del proyecto, desarrollado en los siguientes apartados:

**F1. Principal impacto derivado en el proyecto**

**F2. Impacto no previsto derivado del proyecto**

**F3. Sector de Impacto de los resultados del proyecto, indicando el sector: industria, administración, política, aumento del conocimiento, salud, medioambiente....**

**F4. Se debe indicar los socios existentes o potenciales que pueden explotar los resultados**

**F5. Se debe indicar** las actividades del proyecto pueden generar valorización y transferencia del conocimiento

*Indicar el impacto científico-técnico, económico y social de los resultados de la investigación identificando el principal impacto científico-técnico derivado del proyecto de acuerdo con lo indicado en la solicitud y posibles impactos no previstos, el sector o sectores sobre los que tendrán impacto los resultados y actividades realizadas en el proyecto que puedan dar lugar a transferencia de conocimiento .*

**Apartado G. Gastos realizados durante la ejecución del proyecto**

*Se pretende poder relacionar el gasto realizado en el proyecto con el presupuesto solicitado inicialmente y valorar su adecuación a los objetivos y actividades realizados en el proyecto. En el caso de que el gasto no estuviera previsto inicialmente, deberán justificarse detalladamente las razones de dicho gasto.*

En cada uno de sus apartados: **G1.** Personal, **G2.** Material inventariable, **G3.** Material fungible, **G4.** Viajes y dietas; y **G5.** Otros gastos, se deben mencionar los gastos realizados agrupados por tipo de gasto. Se trata de conocer los principales conceptos de gasto, **no** el desglose de todas las facturas del proyecto.

**Apartado H.** se debe indicar los gastos no contemplados en la solicitud original, es **importante** que se detalle las necesidades de la ejecución del gasto para el desarrollo del proyecto.

**Apartado I.** Se debe detallar de forma general los gastos realizados durante el total del periodo de ejecución del proyecto, agrupados por tipo de gasto.





MINISTERIO  
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA  
Y COMPETITIVIDAD



DIVISIÓN DE COORDINACIÓN,  
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO  
CIENTÍFICO Y TÉCNICO

SUBDIVISIÓN DE PROGRAMAS  
TEMÁTICOS CIENTÍFICO-  
TÉCNICOS

AGENCIA  
ESTATAL DE  
INVESTIGACIÓN