

## RESUMEN EJECUTIVO DEL INFORME TÉCNICO

**ENTIDAD<sup>1</sup>: Institut de Biomecanica Clinica Laboral i Esportiva SL**

**PROYECTO<sup>2</sup>: IDI-20210338**

**TÍTULO PROYECTO: PreFall: Nuevo sistema para el control biomecánico de la rehabilitación funcional**

**PERIODO JUSTIFICADO<sup>3</sup>: 01/04/2021 – 31/07/2022**

Versión vigente			
Versión	Elaborado/Validado	Aprobado	Fecha Aprobación
1.1	División de Control de Proyectos	Jefe División Control de Proyectos	Diciembre 2021

<sup>1</sup> ENTIDAD beneficiaria de la ayuda CDTI (en su caso, entidad líder del consorcio).

<sup>2</sup> Tipología y número de proyecto.

<sup>3</sup> Período: Número de hito o anualidad (según corresponda) objeto de la justificación.

## INSTRUCCIONES PARA SU CUMPLIMENTACIÓN

“Este documento pretende recoger información relevante sobre:

- El trabajo efectivamente realizado durante la ejecución del proyecto.
- Las desviaciones de carácter técnico (por actividades), temporal y económico (por partidas y subpartidas).

La estructuración del documento pretende guiar a la empresa solicitante en la redacción de la información considerada esencial para el entendimiento del devenir del proyecto. En ese sentido, es importante que se cumplimente cada uno de los apartados con el máximo rigor y concreción posible.

Se recomienda prestar especial atención a la coherencia entre lo relatado en este Resumen Ejecutivo y los gastos imputados en la Memoria Económica.

El resumen por actividades solicitado no debe limitarse a una enumeración de tareas previstas. Se resumirá -por tareas- el trabajo efectivamente realizado por la empresa.

En cada actividad se describirán las desviaciones de carácter técnico que vayan más allá de la dificultad inherente a un proyecto de I+D. Se deberá evitar recurrir a respuestas inespecíficas y de carácter generalista del tipo: “...se han hecho más pruebas de las previstas”, “la actividad ha sido más difícil de lo previsto”, etc.

Se identificarán -por actividades- las empresas u organismos que han participado en el proyecto, tanto si estaban previstas como -especialmente- si se ha requerido de su participación tras la aprobación de la ayuda. Se resumirá el trabajo efectivamente realizado por la empresa u organismo subcontratado.

En las desviaciones de carácter económico se explicarán los motivos concretos que han llevado al incremento o minoración de la cada una de las subpartidas. Igualmente, se deberán evitar las respuestas inespecíficas y de carácter generalista del tipo: “la subpartida es mayor/menor de la prevista”, “...se han necesitado más horas de las previstas”, “se han consumido más materiales de lo previsto”, etc.

En la enumeración de resultados (siempre de carácter científico-técnico) se deberá tener en cuenta los objetivos planteados al comienzo del proyecto, y se resaltarán en qué medida se han alcanzado.”

**En el caso de proyectos llevados a cabo en consorcio**, la descripción de las actividades hará referencia a las tareas llevadas a cabo por el conjunto de entidades. Se puede así mismo indicar muy brevemente lo que ha realizado cada socio (se hará más ampliamente en el Anexo 1B – Informe Técnico) y destacar cuándo varios socios han participado conjuntamente en alguna tarea. Con el objetivo de poner de manifiesto la ejecución del proyecto en colaboración, se recomienda destacar si ha habido transferencia de resultados/ muestras entre los

socios; si un socio ha trabajado a partir de los resultados obtenidos por otro, si se han celebrado reuniones de consorcio (de puesta en marcha, de seguimiento), etc.

Igualmente en el caso de las desviaciones técnicas, las conclusiones y resultados, se referirán al global del consorcio. En el caso de las desviaciones, si es el caso, se aportará información sobre si han surgido nuevas formas de cooperación en el marco del proyecto entre los socios no previstas inicialmente, si alguna de las desviaciones tiene impacto en la composición del consorcio, si alguna de las desviaciones tiene implicaciones presupuestarias en el proyecto global, especialmente en cuanto a subcontrataciones a centros de investigación o si alguna de las desviaciones requerirá de una prórroga de ejecución o se trata de desviaciones (o retrasos) que serán corregidas o absorbidos en los próximos hitos.

# 1. OBJETIVOS

## *Descripción de los objetivos del proyecto.*

El proyecto PreFall pretende desarrollar un sistema inteligente de bajo coste de telemetría cinética a distancia basado en tecnologías de IoT que permita una monitorización domiciliaria de la marcha humana en pacientes mayores en riesgo de sufrir alteraciones de la marcha y/o pérdida de movilidad funcional, aspectos directamente relacionados con la posibilidad de sufrir una caída.

### Objetivos específicos:

**OE1:** Identificación de las características técnicas necesarias para generar un sistema de medición ambulante de la marcha

Se analizarán los dispositivos wearables disponibles en el mercado en la actualidad que sean capaces de registrar datos asociados a diferentes aspectos cinemáticos relacionados con la marcha humana. En base a las características de estos dispositivos se definirá el resto de componentes técnicos necesarios para llevar a cabo la solución.

**OE2:** Definición de un proceso de benchmarking que permita corroborar la validez científica del wearable

Se definirá un banco de pruebas en el ámbito del laboratorio de análisis de la marcha de IBC, a las que se someterán una serie de dispositivos wearables seleccionados. Un proceso de benchmarking expresamente diseñado para este ámbito permitirá evaluar no sólo su validez científica sino validar otros aspectos fundamentales para la efectividad y usabilidad de la solución.

**OE3:** Diseño de algoritmo de inteligencia artificial para la evaluación ambulatoria de la marcha

Se diseñará un modelo de aprendizaje automático supervisado de clasificación binaria, que utilizando como entrada los datos obtenidos por el dispositivo de medición, obtenga una clasificación de diversos factores que afecten a la marcha, junto a una probabilidad asociada a la ocurrencia del evento definido por dicha clasificación binaria.

**OE4:** Desarrollo de un sistema experto de apoyo al profesional clínico.

A partir del algoritmo de inteligencia artificial previo, se desarrollará un sistema experto tanto de medidas para la prevención de caídas, como de evaluación de un proceso de rehabilitación a lo largo del tiempo.

**OE5:** Validación y evidencia científica de la prueba de concepto de Pre-Fall.

Se determinarán los procedimientos para la selección de la muestra de pacientes y se realizarán las pruebas necesarias para la validación tecnológica y verificación de la evidencia científica del sistema que permita obtener evidencias de validez de la prueba de concepto de Pre-Fall

## 2. RESUMEN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO POR ACTIVIDADES

### *Resumen de las actividades realizadas durante el periodo*

<b>TÍTULO ACTIVIDAD:</b> <sup>4</sup> PT1: Análisis y diseño	<b>% Previsto</b>	10 0	<b>% Ejecutado</b>	10 0
<b>Resumen de la actividad:</b> En el marco de esta actividad se definió el diseño conceptual del sistema a desarrollar en el proyecto, con todos sus componentes e interrelaciones entre ellos.  Para ello se realizó una búsqueda bibliográfica para seleccionar las metodologías de adquisición y análisis de datos mas adecuados para el propósito del sistema PreFall. Este análisis, junto con la definición de los requisitos que deben cumplir los componentes, permitió determinar un diseño de arquitectura del sistema.  Como resultado de la actividad se han generado 3 entregables:  E1.1: Informe de estado de la técnica E1.2: Catálogo de requisitos E1.3: Diseño conceptual del sistema				
<b>¿Se ha producido alguna desviación respecto a lo previsto?</b>			SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
<b>¿Cuáles han sido los motivos de dicha desviación?</b> Durante duración de esta actividad se solicitó una prórroga de ejecución del Hito de 6 meses. Esto se debió a la dificultad de completar el proceso de contratación de personal técnico por parte de la empresa, necesario para el desarrollo de T1.3 y del resto del proyecto. Una vez contratados los perfiles deseados, el proyecto se reanudó con normalidad. No se trató entonces de una desviación derivada de alguna dificultad en el desarrollo de la actividad sino de una interrupción temporal.				
<b>¿Qué medidas se han tomado para corregir/responder a la mencionada desviación?</b> Una vez seleccionados los profesionales con el visto bueno del CDTI el proyecto siguió su curso de acuerdo con su cronograma.				
<b>Si ha participado alguna otra entidad (como colaboración externa) en esta actividad, identificación y resumen del trabajo realizado.</b>				

<sup>4</sup> Las actividades deben corresponderse con las aprobadas por el CDTI en el contrato/ resolución del proyecto. Indicar claramente para cada actividad las tareas realizadas, tareas adicionales (en su caso) y desviaciones técnicas sobre los resultados previstos. En caso de que haya sido necesario realizar tareas no previstas inicialmente, indicarlo claramente y exponer los motivos para ejecutarlas.

En la actividad ha tenido participación CTIC – fueron responsable de los entregables E1.1, E1.2 y E1.3 aunque en su elaboración ha tenido también un papel relevante los profesionales sanitarios de la empresa.



<b>TÍTULO ACTIVIDAD:</b> <sup>5</sup> PT2: Wearable de medición de la marcha humana	<b>% Previsto</b>	100	<b>% Ejecutado</b>	80
<b>Resumen de la actividad:</b> <p>Durante el Hito 1 se ha definido el protocolo del banco de pruebas situado en el laboratorio para estudios biomecánicos clínicos de la empresa equipado con la tecnología necesaria para la realización de las pruebas. Se han evaluado 5 pruebas de evaluación de riesgo de caída de entre los descritos en la literatura.</p> <p>A continuación, se han seleccionado 3 sensores inerciales IMUs y se ha desarrollado un proceso de puntuación para seleccionar el mas adecuado para el sistema PreFall.</p> <p>Finalmente se ha definido un plan de captación de datos para la selección de sujetos de estudio y se han realizado las primeras adquisiciones de datos.</p>				
<b>¿Se ha producido alguna desviación respecto a lo previsto?</b>			SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
<b>¿Cuáles han sido los motivos de dicha desviación?</b>				
<p>El tamaño de población de muestras de los pacientes ha sido mermado por la situación sanitaria y la imposibilidad de poder acceder a pacientes con riesgo de caída (residencias) y también no ha sido posible realizar todas las pruebas a los pacientes sin riesgo de caída.</p> <p>Como consecuencia no se han podido realizar los experimentos que se tenían programados en la Tara 2.3.</p>				
<b>¿Qué medidas se han tomado para corregir/responder a la mencionada desviación?</b>				
<p>El retraso en la realización de pruebas no afecta el inicio del PT3</p> <p>La única modificación que se va a plantear es la reestructuración del tamaño de muestras o experimentos realizados para que el modelo sea entrenado y sus resultados válidos. El sistema experto puede trabajar con muy pocos casos positivos (con riesgo de caída) no obstante se establecerá un número mínimo de casos positivos y negativos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Realización de registros de baterías pruebas a pacientes con riesgo de caída: n =&gt; 5</li><li>- Realización de registros de baterías de pruebas a pacientes sin riesgo de caída: n =&gt; 15</li></ul> <p>Dichas muestras se irán realizando al principio del Hito 2. Las Tareas 3.1, 3.2, y 3.5 pueden realizarse sin tener previamente un número de experimentos mínimo. Se plantea la toma paralela de muestras que cumplan el mínimo para la validación del sistema experto.</p> <p>La toma de muestras es un proceso que conforme se pueda acceder a los pacientes se seguirá realizando a lo largo de todo el PT3 y también del PT4, dado que cuanto mayor sea el tamaño de la muestra, mayor será el índice de validación del modelo.</p> <p>Como conclusiones, no se va a variar el cronograma de tiempo conforme está planteado el cronograma con los cambios que se han realizado. No se prevé realizar</p>				

<sup>5</sup> Las actividades deben corresponderse con las aprobadas por el CDTI en el contrato/ resolución del proyecto. Indicar claramente para cada actividad las tareas realizadas, tareas adicionales (en su caso) y desviaciones técnicas sobre los resultados previstos. En caso de que haya sido necesario realizar tareas no previstas inicialmente, indicarlo claramente y exponer los motivos para ejecutarlas.

ningún cambio de temporización para los siguientes paquetes de trabajo.

**Si ha participado alguna otra entidad (como colaboración externa) en esta actividad, identificación y resumen del trabajo realizado.**

CTIC ha participado en esta actividad colaborando con la empresa en la diseño y realización de las pruebas.

<b>TÍTULO ACTIVIDAD:</b> PT3: Sistema experto de prevención de caídas	<b>% Previsto</b>	5	<b>% Ejecutado</b>	5
<b>Resumen de la actividad</b> En el Hito 1 solo se han iniciado los trabajos de la tarea 3.1: se ha recibido un conjunto de datos de prueba con la estructura propia de los datos de la base de datos real por el sistema diseñado a lo largo del PT2, y que ha servido para iniciar la puesta en marcha del proceso de depuración y preprocesado de dicho tipo de datos a utilizar para el modelado a acometer a lo largo del PT3				
<b>¿Se ha producido alguna desviación respecto a lo previsto?</b>			SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>¿Cuáles han sido los motivos de dicha desviación?</b> NA				
<b>¿Qué medidas se han tomado para corregir/responder a la mencionada desviación?</b> NA				
<b>Si ha participado alguna otra entidad (como colaboración externa) en esta actividad,</b>				



<b>identificación y resumen del trabajo realizado.</b>
En la actividad participa CTIC, liderando la misma. En el Hito 1 se han iniciado las interacciones entre la empresa y el centro.

### 3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

<b>Enumeración de los resultados (cualitativos y/o cuantitativos) obtenidos.</b>	
<p>En el Hito 1 del proyecto se han completado los siguientes entregables, todos en forma del Informe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- E1.1 Informe de estado de la técnica</li> <li>- E1.2 Catálogo de requisitos</li> <li>- E1.3. Diseño conceptual del sistema</li> <li>- E2.1 Banco de pruebas</li> <li>- E2.2 Protocolo de benchmarking para la evaluación de dispositivos inerciales de medición de la marcha</li> <li>- E2.3 Plan de captura de datos</li> </ul> <p>Como resultado final del hito se ha obtenido el <i>Dispositivo de captación de datos</i> identificado, validado y probado</p>	
<b>¿Los resultados obtenidos están en línea con los objetivos definidos al inicio del proyecto?</b>	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
<b>Si los resultados no son los esperados (no se han alcanzado los objetivos definidos o, por el contrario, se han superado), identificación y explicación de la relevancia y/o utilidad de los mismos.</b>	
No aplica	

<b>Enumeración de las conclusiones obtenidas tras la ejecución del hito / proyecto.</b>
<p>Al final del Hito 1 se ha completado el objetivo de disponer de <i>Dispositivo de captación de datos identificado, validado y probado</i></p> <p>Aunque el tamaño de muestra para la validación del sistema ha sido menor de lo estimado inicialmente, es suficiente para el inicio de la realización del demostrador. A lo largo del Hito 2 se irán adquiriendo mas datos para el entrenamiento de algoritmo.</p>

#### 4. DESVIACIONES TÉCNICAS Y/O TEMPORALES DEL PROYECTO

El hito 1 tuvo una prórroga de ejecución de 6 meses debido al retraso en el proceso de selección y contratación de dos ingenieros previstos en la solicitud de la ayuda, debido a la dificultad de encontrar perfiles profesionales adecuados.

No se trata de un retraso derivado de la necesidad de tiempo adicional para la ejecución de las tareas del proyecto, sino de la parada de su desarrollo. Una vez incorporados los dos profesionales le proyecto reanudó su marcha.

Adicionalmente se experimentó las dificultades en la realización de las pruebas de adquisición de datos, debido a la imposibilidad de acceder a los pacientes por las limitaciones impuestas por la situación sanitaria. En consecuencia, no se ha podido conseguir el tamaño de muestra establecida en el Entregable E2.3.

Este hecho no ha afectado el inicio del PT3. En colaboración con el CTIC se ha tomado la decisión de alargar la tarea 2.3 en el tiempo para adquirir los datos para el entrenamiento de los algoritmos desarrollados en el PT3 y su posterior validación.

## 5. DESVIACIONES ECONÓMICAS

### COMPRA DE APARATOS Y EQUIPOS

**En aquellos conceptos en los que se identifiquen desviaciones, explicación de a qué han sido debidas.**

NA

**En caso de justificación de gastos de un concepto no previsto inicialmente, explicación de la necesidad del gasto.**

NA

**En caso de no imputar gastos en algún concepto, explicación de los motivos.**

NA

### AMORTIZACIÓN DE ACTIVOS FIJOS

**Si se han utilizado activos no previstos inicialmente, identificación y justificación de la necesidad de su utilización en el proyecto.**

Se han imputado menos gasto de lo inicialmente previsto debido a que, en el momento de la ejecución del PT2, los activos usados para la realización de la tarea ya habían sido amortizados y, por lo tanto, su uso no supuso gasto para el proyecto

<p><b>Si el % de amortización y/o meses imputables al proyecto es distinto al previsto, explicación de los motivos que han llevado a esta desviación en cada uno de los equipos afectados.</b></p> <p>No aplica.</p>
<p><b>PERSONAL</b></p>
<p><b>Si el número de horas justificadas por actividades es distinto al estimado inicialmente, justificación de dicha desviación.</b></p> <p>No se aprecia diferencias significativas entre las horas previstas y justificadas</p>
<p><b>Si el número de horas justificadas por categoría profesional es distinto al estimado inicialmente, justificación de dicha desviación.</b></p> <p>Se observa diferencias en el número total de horas por categoría. Se debe a que se ha calificado el profesional Terapeuta con titulación de Grado, como titulado medio (en la solicitud se calificó como Superior).</p>
<p><b>Si el coste hora real medio es diferente al estimado, explicación de los motivos por los que se ha producido dicho cambio.</b></p> <p>Coste/hora es superior al inicialmente previsto. Se debe a varios motivos: aumento de costes salariales respecto las fechas de solicitud (primer semestre 2020) y que la retribución de los ingenieros es superior de lo estimado dada la situación del mercado laboral.</p>

<p><b>Si se han imputado horas a perfiles directivos y/o perfiles no técnicos:</b>  <b>Identificación de dichos perfiles, porcentaje de dedicación de su jornada laboral al proyecto y especificación de las tareas ejecutadas por los mismos.</b></p>
<p>No aplica.</p>
<p><b>MATERIALES</b></p>
<p><b>En aquellos conceptos en los que se identifiquen desviaciones, explicación de a qué han sido debidas.</b></p>
<p>El coste del material usado en el proyecto fue mas alto de lo inicialmente estimado.</p>
<p><b>En caso de justificación de gastos de un concepto no previsto inicialmente, explicación de la necesidad del gasto.</b></p>
<p>NA</p>
<p><b>En caso de no imputar gastos en algún concepto, explicación de los motivos.</b></p>
<p>NA</p>

## COLABORACIONES

**En aquellos conceptos (Centros de Investigación; Centros Tecnológicos / Innovación u Otras Colaboraciones) en los que se identifiquen desviaciones, explicación de los motivos.**

CTIC: se traspasa el presupuesto de PT3 para el Hito 2 ya que el centro facturará el total de trabajos realizados en esta actividad al final de su ejecución.

José Luis Parreño: No se ha realizado la colaboración a Jose Luis Parreño (director del proyecto) ya que finalmente pasó a formar parte de la plantilla de la empresa y su dedicación se imputa en la partida de personal

**Si se ha requerido la participación de Centros de Investigación; Centros Tecnológicos / Innovación u Otras Colaboraciones no considerados inicialmente, identificación y explicación de su necesidad e idoneidad en el proyecto.**

Se imputa el coste de colaboraciones inicialmente no previstas:

- Entorno de pruebas del proyecto

En el proyecto se plantea un sistema web que se comunice con el Sistema Experto y con la aplicación Desktop. Es necesario disponer de una arquitectura Cloud VPS para integrar la parte Web, Visualización y Sistema Experto. Por lo que los ingenieros asignados al proyecto están dedicados al diseño de aplicaciones, pero no a su integración y despliegue en servidores Cloud ni tampoco al alquiler, instalación y administración de estas infraestructuras Cloud IT, por lo que se hace necesario externalizarlas. Se subcontratan las siguientes tareas:

- 1) Integración de aplicación web. Incluye API para conectar los servicios de la aplicación Desktop con la parte Web en la nube privada. Necesario que el proveedor de la nube privada (VPS) provea de todos estos mecanismos para integrar las aplicaciones realizadas en PreFall (factura nº 99).
- 2) Servidor Virtual Dedicado VPS C2 80Gb/año: Sistema Operativo Virtualizado basado en Linux Debian necesario para el despliegue de la parte de aplicación Web, el sistema de Visualización y Sistema Experto. Incluye gestión de dominios y hosting de todas las aplicaciones necesarias para la parte Cloud/Web del proyecto PreFall. Incluye Servidor de Aplicaciones Web (NGINX), tecnología Django/Python/Flask, contenedor de aplicaciones Docker, aplicaciones de colas de procesos (Celery), Gestor de Base de datos (MySQL 8.0) (factura nº 100).
- 3) Administración de servidor VPS: Mantenimiento de servicios, seguridad y criptografía en las comunicaciones y accesos a aplicaciones, cuentas de usuarios, rendimiento, monitorización, copias de seguridad del servicio web, sistema experto y bases de datos. Procesos de despliegues de nuevos modelos del Sistema Expertos y Visualización. Servicio de Integración Continua (CI). Gestión y Soporte HelpDesk de incidencias y Errores (factura nº 18).
- 4) Servicios integración y despliegue de modelos de Inteligencia Artificial: incluye API de comunicación, gestión de colas, microservicios y sincronización con bases de datos (factura nº 59).

- Acciones de calibración y actualización del equipo de Electromiografía de superficie – inicialmente estaba prevista adquisición de un equipo nuevo. Se ha obtenido por actualizar y puesta a punto de un equipo disponible en la entidad.

<p><b>Si se ha prescindido de la colaboración de Centros de Investigación; Centros Tecnológicos / Innovación u Otras Colaboraciones considerados inicialmente, identificación y explicación de los motivos por los que se prescinde de los mismos.</b></p>
<p>Aunque no se justifica la partida correspondiente a la colaboración con José Luis Parreño, no se ha prescindido de la colaboración sino que la persona pasó a formar parte del personal de la empresa.</p>
<p><b>OTROS GASTOS</b></p>
<p>No se observan desviaciones</p>