



Informe Técnico Final
Proyecto: Implementación clínica y mejoramiento de prototipo de
prevención de úlceras por presión
(267-2021)

Ejecutor:
Gonzalo Rivera Lillo
Claudio Tapia Malebrán

Fecha: 21 de julio del 2023

Este trabajo fue seleccionado en la Convocatoria de Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales 2021 de la Superintendencia de Seguridad Social (Chile) y fue financiado por la Asociación Chilena de Seguridad, con recursos del Seguro Social de la Ley N°16.744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.

I. Resumen ejecutivo (máximo 250 palabras)

Problema. Las lesiones por presión (LPP) son un problema de salud frecuente a través de todo el mundo y representan una alta carga de enfermedad.

Objetivo. Implementar en entornos clínicos un prototipo de sistema de registro, prevención y monitoreo de generación de LPP.

Método. El desarrollo se implementó en 3 etapas que abarcaron la realización de 7 actividades para cumplir el objetivo general del proyecto: (1) la coordinación con equipos clínicos, (2) el rediseño de prototipo integrado de sistema de *hardware* y *software*, (3) el rediseño de prototipo de *software*, (4) el rediseño de plataforma de monitoreo remoto (5) realización de pruebas técnicas en entorno clínico, (6) implementación y adecuación a contexto clínico y (7) evaluación de adherencia y efectividad.

Resultados. Se optimizó el sistema integrado de *hardware* y *software* desarrollado en la etapa de iniciación de innovación. El nuevo prototipo supero todas las pruebas técnicas realizadas en el proceso de implementación clínica. Su funcionamiento fue evaluado en 20 pacientes con movilidad reducida de Hospital del Trabajador y Clínica Los Coihues. La implementación en contextos clínicos nos permitió recolectar datos cuantitativos y cualitativos relativos al uso del prototipo. Reflejado en los puntajes obtenidos en la escala de usabilidad, la mayoría de los pacientes valoró positivamente el uso del dispositivo. Basado en la información cualitativa se detectó un conjunto de aspectos que afectan la usabilidad por parte del equipo clínico relacionados con la configuración de las propiedades de análisis para generar alarmas del prototipo.

Conclusión. El prototipo desarrollado en la etapa de iniciación de innovación fue optimizado e implementado exitosamente en contexto clínico, tanto en pacientes ambulatorios como hospitalizados. Existió una valoración positiva de su uso por parte de pacientes y profesionales de salud, sin embargo, existen algunos aspectos que afectan negativamente su usabilidad y que pueden ser mejorados en futuras etapas de desarrollo del prototipo.

II. Palabras Clave (revisar tesauro de Biblioteca de SUSES (BIRED))

Innovación

Prevención

Lesiones por presión

Índice de Contenidos

Introducción	4
Definición del problema y relevancia	4
Objetivos	5
Revisión de la literatura	5
Descripción de la metodología y etapas de la innovación	6
Resultados	10
Recomendaciones para Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo	13
Conclusiones	13
Referencias	15
Anexos	17

III. Introducción y antecedentes de la innovación

Las úlceras por presión (UPP) o lesiones por presión (LPP) son un problema de salud frecuente a través de todo el mundo. Representan una alta carga de enfermedad, exponiendo a quienes las padecen y a sus cuidadores a una reducida calidad de vida.¹ El incremento de la mortalidad y la morbilidad asociada a las LPP ha sido extensamente descrito en la literatura,²⁻⁴ y es acompañado de una elevada carga económica para los sistemas de salud.⁵ Adicionalmente, existe un alto costo personal de quien sufre de una LPP, que incluye dolor, stress, ansiedad, depresión, reducción de la autonomía y seguridad, junto a un inmenso deterioro en el desempeño social.^{1 2 6 7}

La evidencia es clara en determinar que el cambio de posición de las personas es una de las principales medidas para prevenir y tratar las LPP (nivel de evidencia A).⁸ La mayoría de los dispositivos tecnológicos desarrollados para prevenir las LPP han puesto el énfasis en medir con precisión la presión a la cual están sometidas diferentes regiones corporales. No obstante, han relegado a un segundo plano el análisis de estos datos para señalar el momento adecuado para efectuar los cambios de posición requeridos para prevenir las LPP. Así, las interfaces desarrolladas generan alertas, las cuales en su mayoría son falsas alarmas, haciéndolas poco efectivas y llevando a una baja usabilidad y adherencia.⁹

La factibilidad de la innovación desarrollada en este proyecto está dada por tres aspectos. En primer lugar, el éxito de la implementación está ligado al análisis de datos provenientes de una interfaz básica de sensores de presión, las cuales se encuentran disponible en el mercado. A diferencia de propuestas anteriores, el desarrollo del *hardware* no es el elemento central y puede ser reemplazado por dispositivos ya existentes en el mercado. Este aspecto simplifica la ejecución y el riesgo del proyecto, ya que no fue necesario hacer un desarrollo de la superficie de sensores. En segundo lugar, el énfasis está dado en la visualización y transferencia de datos al administrador o equipo de salud, proceso para el cual existen múltiples soluciones que fueron analizadas. En tercer lugar, el resultado del proyecto es altamente escalable por las mutualidades, con una relación costo/efectividad que permite una rápida implementación.

IV. Definición del problema, pregunta de investigación o desafío de innovación

Distintos reportes han descrito a nivel mundial que la prevalencia de las úlceras por presión puede llegar hasta un 50%, siendo altamente variable dependiendo de la cultura o de las instancias clínicas analizadas (cuidados intensivos, hogar o cuidados en instituciones especializadas).^{10,11} Personas con lesión medular, neonatos y niños, personas que reciben cuidados paliativos y personas en unidades de cuidados intensivos forman poblaciones que tienen un alto riesgo de generar LPP.^{12,13 14 15}

Este proyecto tenía como objetivo implementar en entornos clínicos un prototipo de sistema de registro, prevención y monitoreo de generación de LPP y contribuir a la reducción de su incidencia

en los grupos de riesgo, desde las unidades de hospitalización hasta los cuidados en el hogar y durante el desempeño de actividades vitales.

Así, el proyecto debía abordar dos problemas centrales para contribuir a la prevención de LPP. El primero de ellos fue implementar en contexto clínico un sistema de detección eficiente y en tiempo real de las áreas corporales con riesgo de desarrollar LPP. En segundo lugar, mejorar y evaluar el algoritmo de adquisición y análisis de datos para maximizar la sensibilidad y confiabilidad del sistema de alarmas del prototipo llevando a una mayor usabilidad y adherencia.

De esta manera, en el proyecto planteamos los siguientes objetivos para dar cuenta de este desafío:

Objetivo General: Implementar en entornos clínicos un prototipo de sistema de registro, prevención y monitoreo de generación de úlceras por presión

Objetivos específicos:

1. Evaluar el funcionamiento del prototipo de prevención de UPP en entornos clínicos reales y en pacientes con diferentes grados de riesgo de sufrir UPP.
2. Optimizar el algoritmo de adquisición y análisis de datos para maximizar la sensibilidad y confiabilidad del sistema de alerta del prototipo.
3. Evaluar el impacto clínico del prototipo.

V. Revisión de la literatura

Distintos reportes han descrito a nivel mundial que la prevalencia de las lesiones por presión puede llegar hasta un 50%, siendo altamente variable dependiendo de la cultura o de las instancias clínicas analizadas (cuidados intensivos, hogar o cuidados en instituciones especializadas). [10,11](#) Personas con lesión medular, neonatos y niños, personas que reciben cuidados paliativos y personas en unidades de cuidados intensivos forman poblaciones que tienen un alto riesgo de generar LPP. [12,13 14 15](#) Existen muchos factores que pueden contribuir a la generación de LPP. Sin embargo, los principales son aquellos relacionados con las fuerzas mecánicas que actúan sobre la superficie corporal. Otras causas que determinan también la generación de LPP incluyen un amplio espectro de factores internos (propios de la condición de salud de cada sujeto) y factores ambientales (condicionados por el ambiente donde está el sujeto). [16](#)

En términos simples, en su mayoría las LPP se producen por una presión sostenida ejercida de la superficie corporal sobre la superficie de apoyo, lo que reduce el suministro de oxígeno y nutrientes, un drenaje deficiente y daño a las células. Similarmente, si un paciente con una LPP existente continúa soportando peso sobre el área afectada, el flujo sanguíneo a los tejidos se detiene y no hay suministro de oxígeno o nutrientes a la herida, necesarios para los procesos de reparación tisular. [17](#) Así, los pacientes que por diferentes condiciones de salud tienen una movilidad reducida y no

pueden cambiar de manera independiente de posición requieren de la ayuda y cuidados de terceros, lo que genera un mayor riesgo de complicaciones. ¹⁸

Las LPP aumentan significativamente los costos hospitalarios. En EE.UU. existen reportes que estiman que los cuidados requeridos debido a LPP se aproximan a los 11 billones de dólares por año, ^{15,19} mientras que en Europa se estima que utiliza el 1,4% del gasto en salud. ²⁰ En este escenario, múltiples organizaciones internacionales han generado consensos y guías clínicas que orientan al manejo y prevención de las LPP basado en la evidencia científica disponible. ⁸

La evidencia científica es clara en determinar que el cambio de posición de las personas es una de las principales medidas para prevenir y tratar las LPP. ²¹ Dado la magnitud del problema, existen dispositivos frecuentemente usados para la prevención y tratamiento de LPP, entre ellos, distintos tipos de superficies adaptadas de apoyo, ²² sistemas automatizados de reposicionamiento, ²³ e incluso trajes especiales sobre la superficie corporal. ²⁴ Pese al extenso uso de algunos de ellos, tales como las superficies de apoyo adaptadas, estos dispositivos no han mostrado evidencia clara que permita sugerir un impacto positivo en la prevención y/o tratamiento de las LPP. ^{25 24 26 27}.

Recientemente se han introducido nuevas herramientas que contribuyen a la prevención de LPP por medio del registro continuo de distintas variables recogidas desde las superficies corporales en contacto con las superficies de apoyo. ²⁸ Un conjunto de estos nuevos dispositivos se centra en recoger continuamente variables de presión que ejercen las áreas de contacto sobre las distintas superficies de apoyo. ⁹ La mayoría de estos últimos dispositivos tecnológicos desarrollados para prevenir las LPP han puesto el énfasis en medir con alta precisión la presión a la cual están sometidas diferentes regiones corporales. ²⁹ No obstante, han relegado a un segundo plano el análisis de estos datos para determinar el momento adecuado para efectuar los cambios de posición requeridos para prevenir las LPP. Así, las interfaces desarrolladas generan alertas, las cuales en su mayoría son falsas alarmas, haciéndolos poco efectivos y llevando a una baja adherencia en su uso. ⁹

Así, en este proyecto se desarrolló un sistema de registro y monitoreo continuo de la presión corporal sobre la superficie de apoyo, haciendo especial énfasis en el algoritmo de procesamiento en línea de los datos para generar alarmas que fueran efectivas para potenciar la adherencia al uso del dispositivo.

VI. Descripción de la metodología o etapas de la innovación

Para lograr el objetivo general, el proyecto se dividió en siete actividades, cada una de ellas asociada a los distintos objetivos específicos del proyecto. Con el fin de describir de manera organizada el desarrollo alcanzado hasta el momento, consolidaremos estas siete actividades propuestas en el proyecto en tres etapas, describiendo las acciones realizadas y resultados obtenidos.

Etapa 1-. Interfaz de sensores y sistema de transmisión de datos: para alcanzar el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto fue necesario rediseñar el prototipo integrado de sistema de *hardware* y *software* para lo cual se implementaron las actividades 1 y 2 del proyecto que consideraron la coordinación con los equipos clínicos e introducir mejoras a los componentes de *hardware* del prototipo y los algoritmos de adquisición de datos.

La primera actividad, requirió la coordinación con los equipos clínicos para fijar una agenda de actividades que permitiera planificar la incorporación de la solución al entorno clínico. La segunda actividad apunta a la optimización del desarrollo alcanzado en la etapa de iniciación de innovación adjudicada el año 2019. En esa fase se diseñó el prototipo del sistema integrado de la superficie de sensores de presión y el desarrollo de una plataforma de monitoreo remoto de estos datos a través de una aplicación web. En esta fase de continuidad se cambió la superficie comercial de sensores de presión implementada en la fase de iniciación que inicialmente consistió en una superficie de 40x40 cm (Figura 1A izquierda) la cual fue complementada con el desarrollo de un sistema de transmisión remoto de datos a los cuales se puede acceder desde cualquier dispositivo móvil. Con el fin de implementarlo en contexto clínico, posteriormente en conjunto con el equipo clínico se decidió integrar en la solución tres nuevas superficies de sensores, permitiendo su uso en silla de ruedas (2 superficies de 40x40cm, Figura 2B), y cama clínica (1 superficie de 200x90cm (Figura 1C). Basado en un sistema robusto de transferencia de datos vía wifi diseñado en la fase de iniciación, los datos pueden ser transmitidos desde las superficies de presión las cuales se enlazan a redes domésticas (hogar), institucionales (hospital) o la zona wifi de un equipo móvil (celular o Tablet). Así, en este proyecto la electrónica que soporta el sistema de adquisición y transmisión de datos fue empaquetado para su uso clínico. Al mismo tiempo, se empaquetó también para las dos superficies pequeñas (uso en silla de ruedas) el sistema de batería que da una autonomía de uso mínimo de 8 horas continuas (Figura 1D). Para la superficie de cama clínica se empaquetó el sistema de transmisión asociado a un sistema de alimentación directo a la corriente alterna (Figura 1D) permitiendo el uso continuo 24/7.

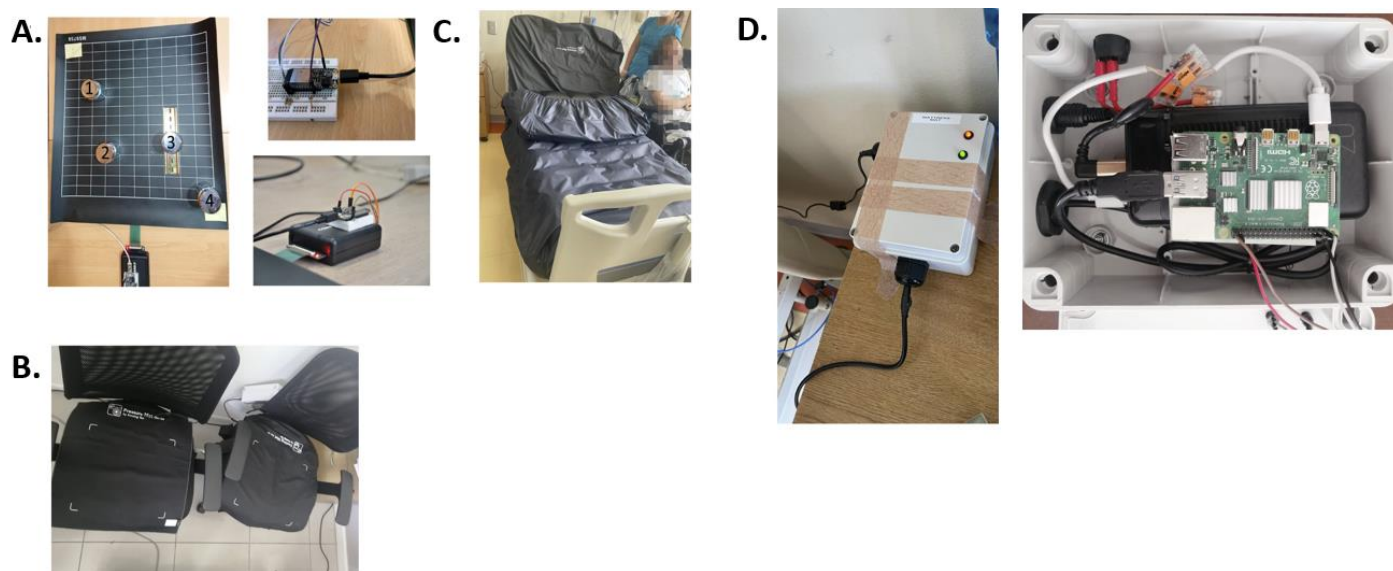


Figura 1. Sistema mejorado de registro, monitoreo y prevención de LPP Se muestra el desarrollo final del producto con sus componentes. **A.** Sistema de *hardware* y transmisión de datos implementado en la etapa de iniciación 2019. **B-D.** Sistema mejorado de *hardware* implementado en la fase de continuidad con sistema empaquetado de transmisión de datos y energía.

Etapa 2. Rediseño de plataforma de monitoreo para la visualización de los datos provenientes de la interfaz de sensores y generación de alarmas.

En esta etapa se llevaron a cabo la actividad 3 y 4 del proyecto que consideraban el rediseño del *software* de la plataforma de monitoreo remoto, tanto para el análisis de los datos y generación de alarmas, así como para la visualización de ellos.

La superficie de sensores es complementada por el desarrollo de un *software* que soporta una interfaz de uso a través de una plataforma web que permite analizar e implementar el sistema de monitoreo y visualización remota de los datos recogidos por los tres sensores (Figura 2A). El alcance de estas actividades implementa en la plataforma web la capacidad de visualizar de manera remota la posición del paciente sobre la superficie de sensores a través de los valores en milímetros de mercurio (mmHg) (figura 2B) y en paralelo para las tres superficies (esto es, al mismo tiempo). La transformación de los valores digitales a mmHg requirió un conjunto de pruebas técnicas ya que la transformación de los datos no era lineal.

También en esta etapa se rediseño la plataforma web, específicamente la organización de los datos para la visualización separando la información en distintas pestañas, aumentando la paleta de colores para los mapas de presión y agregando un conjunto de botones digitales que permitieron simplificar ciertos procedimientos para el manejo del dispositivo, tales como la creación de la línea de base (se detalla más adelante). No obstante estos cambios introducidos, navegar por la plataforma para manejar el dispositivo y extraer información aún resulta poco intuitivo y engorroso para algunos procedimientos lo que impacta la usabilidad del prototipo. Dentro de esos procedimientos, en la plataforma web se configuran los parámetros de análisis de datos para generar alarmas. Brevemente, el sistema de alarmas funciona registrando la actividad de los sensores durante un período de tiempo al que llamamos línea de base. Posteriormente, y basado en la dispersión de datos, los algoritmos de procesamiento comparan los datos de la posición actual del paciente con los de la línea de base para estimar si hubo un cambio de posición. El tiempo de duración de la línea de base, el umbral de presión de los sensores, la magnitud del cambio relativo, el número de datos que son promediados o cual es el umbral de tiempo de un sensor para gatillar una alarma son algunos de los parámetros de configuración que pueden ser ajustados para obtener alarmas confiables según la condición de cada paciente. Este es otro aspecto que hemos detectado que afecta la usabilidad, dado que la configuración de estos parámetros requiere de un entrenamiento incluso en personas con habilidades digitales, por lo cual requiere mejoras que permitan configurar en uno o dos pasos con la mayoría de los parámetros configurados por defecto (Figura 2C).

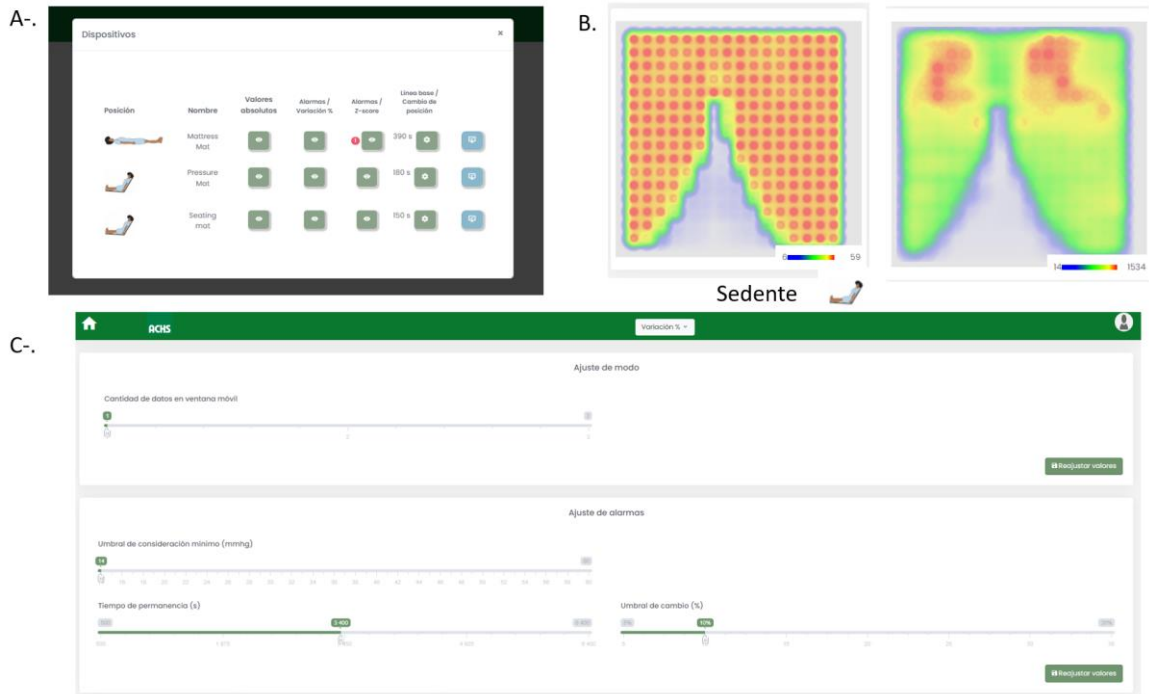


Figura 2. Cambios introducidos a la plataforma web. Se muestran algunos de los cambios introducidos que apuntan a mejorar la usabilidad y adherencia de los usuarios (pacientes como profesionales de salud). La plataforma web despliega y da acceso a las principales funciones de las tres superficies (A). Se despliega en el ejemplo la superficie para ser usada en sedente tanto en sus valores absolutos como relativos y se enriqueció la paleta de colores para mejorar las propiedades de visualización (B). Se incluyeron un conjunto de parámetros de configuración que permiten mejorar la sensibilidad de las alarmas (C).

Etapa 3. Evaluación por usuario final en entornos clínicos recogiendo información de su utilidad, usabilidad y adherencia.

En esta etapa se llevaron a cabo la actividad 5, 6 y 7 del proyecto que consideraban realizar las pruebas técnicas e implementación en entorno clínico y domiciliario. Se ejecutaron pruebas técnicas para examinar en un entorno clínico el comportamiento de las principales dimensiones del prototipo, tales como, transmisión (propiedades de la red) y visualización de los datos provenientes de la superficie de sensores, sistema de alarmas, funcionamiento de las tres superficies de presión, autonomía de energía, entre otras características. Fue necesario realizar varios ajustes principalmente a los métodos de transmisión de datos para poder crear redes móviles que permitieran la transmisión remota y confiable de los datos, logrando una adecuada implementación a través de un dispositivo móvil conectado a la red 4G o 5G y que entregaba la cobertura a los dispositivos. Al mismo tiempo, este dispositivo permitía visualizar los datos al borde de la cama por parte del paciente y equipo de salud.

Las pruebas técnicas fueron complementadas con el reclutamiento de 20 pacientes con movilidad reducida, 10 de los cuales requerían estar en cama clínica y 10 que utilizan silla de ruedas. Este reclutamiento permitió realizar pruebas clínicas y evaluar la adherencia y usabilidad del dispositivo y levantaron desafíos clínicos que nos dan la oportunidad de mejorar el prototipo desarrollado e

implementado apuntando a la optimización de la interfaz de *software* y los algoritmos de análisis de datos y alarmas que favorecen la adherencia y usabilidad de la solución.

VII. Resultados

Los resultados del proyecto serán presentados según las etapas en las cuales se ejecutaron las actividades.

Etapas 1. Las actividades realizadas en esta etapa permitieron rediseñar el prototipo integrado de *software* y *hardware* en un producto empaquetado. Alcanzar los hitos 1 y 2 del proyecto contribuye al logro de los objetivos 1 y 2 de manera progresiva en ambas etapas permitiéndonos contar con una interfaz de sensores de presión y un sistema de transmisión robusto para extraer en tiempo real datos de áreas corporales con riesgo de sufrir LPP versátil para su uso en entornos hospitalarios, domiciliarios y en exterior (para desplazamiento en silla). Actualmente la plataforma es capaz de soportar dos superficies de sensores para ser usados en silla de ruedas y una superficie de sensores para ser usada en cama clínica.

Conclusiones de etapas 1. Esta etapa finalizó con una agenda clínica de actividades y el rediseño de 3 prototipos integrados de *hardware* y *software*, dando cuenta del hito 1 y 2 del proyecto. Esta etapa finaliza con un prototipo de sistema de *hardware* de registro, digitalización y transmisión de datos de presión, el cual está integrado con el *software* mejorado de procesamiento de datos parcialmente implementado en la primera etapa de iniciación para el sistema de alerta, sistema de visualización y sistema de monitoreo. Estas actividades 1 y 2 de esta primera etapa contribuyen al objetivo específico 1 y 2 del proyecto.

Etapas 2. Las actividades realizadas en esta etapa nos permitieron mejorar las propiedades de visualización y el sistema de alarmas del prototipo. Con respecto al sistema de visualización, las modificaciones en la plataforma web nos permitieron acceder de manera remota a las nuevas superficies introducidas al sistema en paralelo, y desplegando la información de interés relacionada con la posición del paciente y la visualización de las alarmas que indican el riesgo de generar LPP (Figura 2). Un aspecto relevante en esta etapa fue que durante las pruebas con pacientes hospitalizados, detectamos que el sistema de alarmas reduce su confiabilidad (aumentan las falsas alarmas) cuando se usa en conjunto con superficies de alivio de presión (cojines de aire o espuma) por lo cual debimos ajustar los algoritmos de análisis para mejorar la confiabilidad, aunque sin alcanzar el rendimiento obtenido al usarlo sin las interfaces de alivio de presión. Así, consideramos que este es uno de los aspectos críticos que requiere ser optimizado para favorecer la adherencia. Al mismo tiempo, la plataforma señala las alarmas a través de una señal visual la que se despliega en la plataforma web dejando registro del horario en que se gatilló la alarma. Si bien este aspecto es positivamente valorado por el equipo clínico, se nos hizo notar lo necesario de contar con alarmas sonoras que informe que el paciente ha permanecido en una posición por un tiempo mayor al establecido.

Conclusiones etapa 2. Las actividades de esta etapa permitieron rediseñar y optimizar el sistema de *software* modificando los algoritmos de visualización, alarma y monitoreo, dando cuenta del hito 3, 4 y 5 del proyecto. Así, esta etapa finaliza con un prototipo rediseñado de la plataforma web que incluye una capacidad mejorada de análisis, procesamiento y visualización de los datos relacionados con el despliegue de la información del paciente y las alarmas que señalan el riesgo de generar LPP. Las actividades de esta etapa contribuyeron a lograr el objetivo 1 y 2 del proyecto.

Etapa 3. En esta etapa levantamos información descriptiva tanto cuantitativa como cualitativa desde los pacientes y/o de los profesionales de salud y cuidadores a cargo de los cuidados de estos pacientes con el fin de alcanzar el objetivo 3 del proyecto relacionado con la evaluación del funcionamiento clínico del prototipo.

Se logró reclutar a los 20 pacientes comprometidos en el proyecto, tanto del Hospital del Trabajador (en su mayoría pacientes ambulatorios) y de Clínica Los Coihues (en su mayoría pacientes hospitalizados) (Anexo 1). Los procedimientos fueron aprobados por los comités de ética de investigación en seres humanos del Hospital del Trabajador y de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. De los 20 pacientes, solo 16 respondieron las encuestas de usabilidad (Anexo 2).³⁰ En términos generales, es posible observar que los encuestados asignaron valores positivos a la usabilidad del sistema, reflejado en las preguntas relacionadas con la intención de usar el sistema de manera frecuente y la facilidad de uso. Sin embargo, ninguno de las respuestas alcanzó el nivel “Muy de acuerdo” de la escala de Likert que usa la encuesta de usabilidad para objetivar la experiencia de los sujetos con el prototipo. Algo similar ocurre con las preguntas de connotación negativa que hacen alusión a lo complejo del uso, donde ninguna de ellas alcanzó el nivel de “Muy en desacuerdo”. Estos resultados de usabilidad si bien reflejan que el dispositivo es amigable y útil para la prevención de LPP, muestran también que es necesario continuar mejorando las características de usabilidad del dispositivo, principalmente aquellas relacionadas con la facilidad de uso.

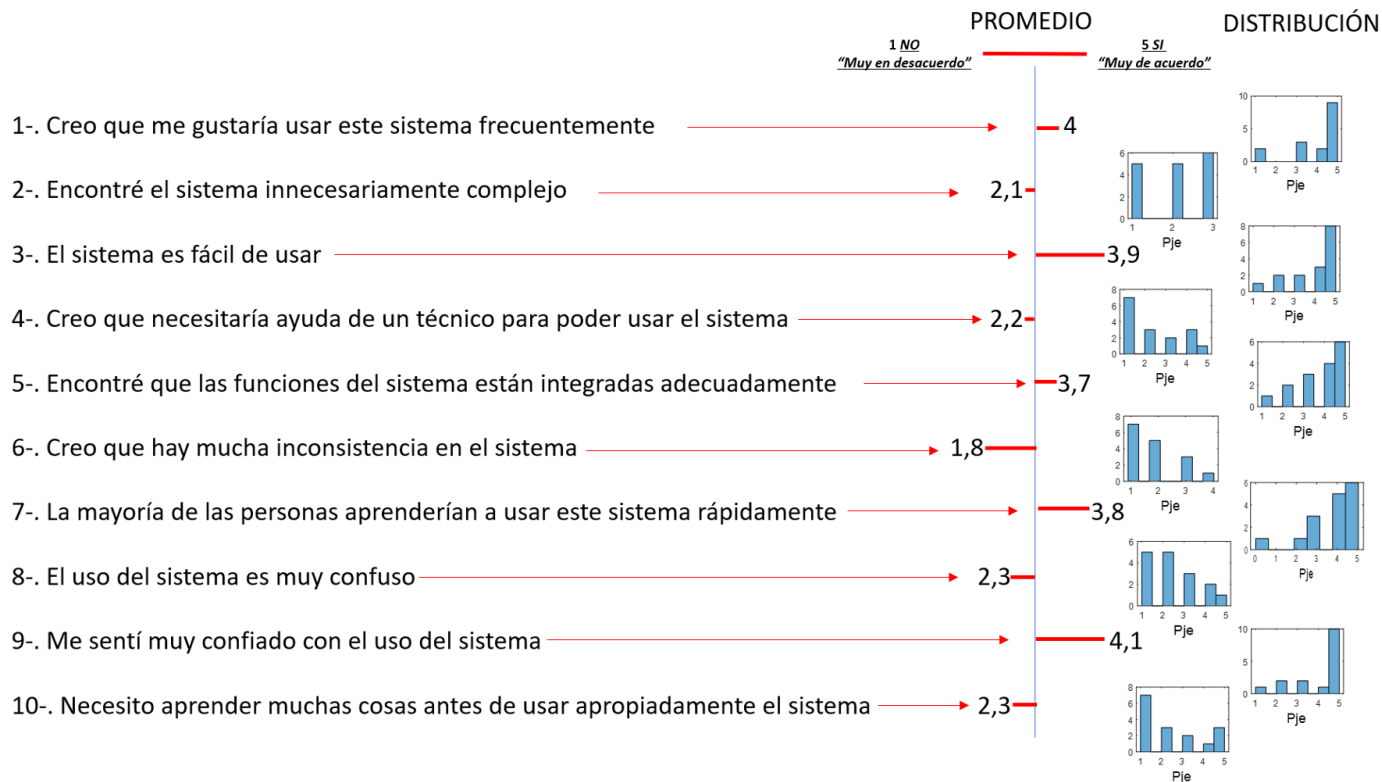


Figura 3. Resultados encuesta SUS de usabilidad. A la izquierda se muestran las preguntas que componen la escala y a la derecha el valor promedio de las respuestas basada en escala de Likert y la distribución de los datos. La escala Likert define 1 Muy en desacuerdo y 5 Muy de acuerdo.

Por otra parte, al consolidar los resultados cualitativos encontramos dos categorías principales relacionados con valoraciones positivas. La primera de ellas tiene relación con las características tecnológicas del dispositivo. Los comentarios de los sujetos valoran positivamente la incorporación de esta tecnología para la prevención de las LPP. Así, por ejemplo, se refiere uno de los usuarios *“Método tecnológico y actualizado de mantener un control efectivo sobre las presiones que la superficie corporal”*. La otra categoría que se detectó en base a la repetición de comentarios fue el involucramiento del paciente en ser activo en prevenir las LPP, así los siguientes ejemplos de comentarios dan cuenta de esta dimensión: *“me permite el auto reconocimiento de zonas del cuerpo de mayor riesgo”*, *“me ayuda a generar conciencia del riesgo, sobre todo pensando en un tercero que requiere concientizarse del riesgo”*, *“me permitió darme cuenta que mantenía carga principalmente de un solo lado, y corregí mi postura por iniciativa propia”*.

Con respecto a las valoraciones negativas encontramos también dos categorías principales. La primera de ellas tiene relación con la dificultad del uso y la otra con las características físicas de algunos componentes del prototipo. Con respecto a la dificultad del uso encontramos comentarios como *“quisiera que fuese más simple la interfaz”*, *“Requiere al menos una capacitación con el sistema electrónico, sobre todo a las personas que les cuesta más los sistemas informáticos”*,

“sistema de registro quita tiempo; por lo que no es amigable”. “no se usarlo”. Mientras que con respecto a las características del equipo algunos comentarios son “me preocupa la duración de la batería”, “tamaño de la contenedora del sistema tiene que tener mejor adherencia y menor tamaño, pienso que se puede dañar”, “Falta una alarma sonora o visual”.

Conclusiones etapa 3. Las actividades de esta etapa permitieron implementar y evaluar el prototipo en entornos clínicos y domiciliarios dando cuenta del hito 6, 7 y 8 del proyecto. Así, esta etapa finaliza con el prototipo implementado y funcionando en contexto clínico y con los resultados cuantitativos y cualitativos que nos permiten evaluar su eficiencia y usabilidad. Las actividades de esta etapa contribuyeron a lograr el objetivo 3 del proyecto.

VIII. Recomendaciones para Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo

El desafío de innovación que abordó este proyecto permitió el desarrollo de un prototipo que contribuye a reducir la incidencia de LPP en la población de pacientes que producto de una enfermedad profesional o accidente del trabajo se encuentran en condiciones de movilidad reducida.

Basado en los resultados expuestos, una de las principales recomendaciones asociadas a este desarrollo es la oportunidad de generar una innovación de proceso, permitiendo establecer un círculo positivo de educación, compromiso y cuidado por parte del usuario y el equipo de salud. El que los pacientes hayan declarado que esta tecnología les permitía ser más conscientes del riesgo de generar una LPP conlleva un activo involucramiento de cada uno de ellos en la responsabilidad y autocuidado para evitar las LPP.

Al mismo tiempo incorporar esta tecnología en desarrollo a las unidades clínicas contribuye a que el equipo de salud al cuidado de los pacientes hospitalizados tenga más información disponible en línea para evaluar el riesgo de cada paciente de generar LPP. Si bien existen un conjunto de otros factores que son determinantes para la generación de LPP, el prototipo desarrollado contribuye a la prevención independiente de la presencia de otros factores, ya que favorece la prestación oportuna de los cuidados de salud que tienen mayor nivel de evidencia como lo son los cambios de posición.

Finalmente, se recomienda continuar con el desarrollo e implementación clínica de este prototipo para la prevención de LPP ya que su impacto contribuye a mejorar la calidad y eficiencia de las prestaciones médicas que reciben los trabajadores atendidos por instituciones de salud dependientes de los organismos administradores del seguro social de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. La prevención de las LPP favorece la rehabilitación y contribuye con la reinserción laboral favoreciendo una mejor calidad de vida de estos trabajadores, al mismo tiempo que reduce los elevados costos económicos que implica sufrir una LPP.

IX. Conclusiones/Discusión

En este proyecto hemos optimizado e implementado en contextos clínicos de manera exitosa un prototipo de *hardware* y *software* con el objetivo de reducir el riesgo de generación de LPP. A través de un trabajo en tres etapas, realizamos siete actividades que nos permitieron aumentar el número de superficies que conforman el sistema de *hardware* e integrarlo con un sistema mejorado de visualización, alerta y transmisión remota de datos que permite acceder a la información que entrega el sistema de prevención de LPP desde cualquier equipo con acceso a internet. La implementación en entornos clínicos reales nos permitió indagar en los principales aspectos relacionados con las ventajas y desventajas del dispositivo para lograr mayor adherencia y usabilidad. Así, basado en la experiencia clínica, el sistema completo fue mejorado y optimizado, cumpliendo con todos los objetivos propuestos en el proyecto para contribuir a la prevención de las LPP. No obstante, durante el proceso de ejecución del proyecto detectamos ciertos aspectos susceptibles de mejora y varios de ellos fueron implementados en el desarrollo de *software* durante la ejecución. Sin embargo, una de las debilidades que surgieron durante la ejecución de este proyecto y que debiesen ser asumidas en sucesivas etapas es mejorar las características de usabilidad del prototipo, favoreciendo la integración armónica con el resto de las funciones del equipo de salud a cargo de los cuidados que llevan a prevenir las LPP. Este punto requiere simplificar distintos aspectos del funcionamiento, con tal que el equipo de salud considere su uso amigable y no como un instrumento que pese a su utilidad les significa una mayor carga laboral. Creemos que continuar con la iteración del prototipo durante pruebas clínicas permitirá continuar introduciendo mejoras que permitan llevar a una mayor usabilidad.

X. Referencias

1. Degenholtz, H. B., Rosen, J., Castle, N., Mittal, V. & Liu, D. The association between changes in health status and nursing home resident quality of life. *Gerontologist* 48, 584–592 (2008).
2. Essex, H. N., Clark, M., Sims, J., Warriner, A. & Cullum, N. Health-related quality of life in hospital inpatients with pressure ulceration: assessment using generic health-related quality of life measures. *Wound Repair Regen.* 17, 797–805 (2009).
3. Galhardo, V. A. C., Garroni Magalhaes, M., Blanes, L., Juliano, Y. & Masako Ferreira, L. Health-related Quality of Life and Depression in Older Patients With Pressure Ulcers. *Wounds* 22, 20–26 (2010).
4. Thein, H.-H., Gomes, T., Krahn, M. D. & Wodchis, W. P. Health status utilities and the impact of pressure ulcers in long-term care residents in Ontario. *Qual. Life Res.* 19, 81–89 (2010).
5. Allman, R. M., Goode, P. S., Burst, N., Bartolucci, A. A. & Thomas, D. R. Pressure ulcers, hospital complications, and disease severity: impact on hospital costs and length of stay. *Adv. Wound Care* 12, 22–30 (1999).
6. Gorecki, C., Closs, S. J., Nixon, J. & Briggs, M. Patient-reported pressure ulcer pain: a mixed-methods systematic review. *J. Pain Symptom Manage.* 42, 443–459 (2011).
7. Gorecki, C., Nixon, J., Madill, A., Firth, J. & Brown, J. M. What influences the impact of pressure ulcers on health-related quality of life? A qualitative patient-focused exploration of contributory factors. *J. Tissue Viability* 21, 3–12 (2012).
8. Haesler, E. National Pressure Ulcer Advisory Panel, European Pressure Ulcer Advisory Panel and Pan Pacific Pressure Injury Alliance. *Prevention and Treatment of Pressure Ulcers: Quick Reference Guide.* (2014.).
9. Chung, P., Rowe, A., Etemadi, M., Lee, H. & Roy, S. Fabric-based pressure sensor array for decubitus ulcer monitoring. *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2013, 6506–6509 (2013).
10. Hiser, B. et al. Implementing a pressure ulcer prevention program and enhancing the role of the CWOCN: impact on outcomes. *Ostomy. Wound. Manage.* 52, 48–59 (2006).
11. Samaniego, I. A. A sore spot in pediatrics: risk factors for pressure ulcers. *Pediatr. Nurs.* 29, 278–282 (2003).
12. Houghton, P. E. & Campbell, K. Canadian best practice guidelines for the prevention and management of pressure ulcers in people with Spinal Cord Injury: a resource handbook for clinicians. (Ontario Neurotrauma Foundation, 2013).
13. Baharestani, M. M. & Ratliff, C. R. Pressure ulcers in neonates and children: an NPUAP white paper. *Adv. Skin Wound Care* 20, 208, 210, 212, 214, 216, 218–20 (2007).
14. Catherine VanGilder, M., Amlung, S., Harrison, P. & Meyer, S. Results of the 2008--2009 International Pressure Ulcer Prevalence™ Survey and a 3-year, acute care, unit-specific analysis. *Ostomy. Wound. Manage.* 55, 39–45 (2009).
15. Cuddigan, J., Berlowitz, D. R. & Ayello, E. A. Pressure ulcers in America: Prevalence, incidence, and implications for the future. *Springhouse* 14, 208 (2001).

16. Mervis, J. S. & Phillips, T. J. Pressure ulcers: Pathophysiology, epidemiology, risk factors, and presentation. *J. Am. Acad. Dermatol.* 81, 881–890 (2019).
17. Al Aboud, A. M. & Manna, B. Wound Pressure Injury Management. in *StatPearls* (StatPearls Publishing, 2020).
18. Orth, J., Li, Y., Simning, A., Zimmerman, S. & Temkin-Greener, H. End-of-Life Care among Nursing Home Residents with Dementia Varies by Nursing Home and Market Characteristics. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* (2020) doi:10.1016/j.jamda.2020.06.021.
19. Young, D. L., Shen, J. J., Estocado, N. & Landers, M. R. Financial impact of improved pressure ulcer staging in the acute hospital with use of a new tool, the NE1 Wound Assessment Tool. *Adv. Skin Wound Care* 25, 158–166 (2012).
20. Schuurman, J.-P., Schoonhoven, L. & Defloor, T. Economic Evaluation of Pressure Ulcer Care: A Cost Minimization Analysis of Preventive Strategies. *Nursing Economics* 27, 390–415 (2009).
21. Avsar, P. et al. Repositioning for preventing pressure ulcers: a systematic review and meta-analysis. *J. Wound Care* 29, 496–508 (2020).
22. Nixon, J. et al. Pressure relieving support surfaces: a randomised evaluation. *Health Technol. Assess.* 10, iii–iv, ix–x, 1–163 (2006).
23. De Meyer, D., Van Hecke, A., Verhaeghe, S. & Beeckman, D. PROTECT - Trial: A cluster RCT to study the effectiveness of a repositioning aid and tailored repositioning to increase repositioning compliance. *J. Adv. Nurs.* 75, 1085–1098 (2019).
24. Kamińska, M. S. et al. Effectiveness of Hydrocolloid Dressings for Treating Pressure Ulcers in Adult Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, (2020).
25. Araujo, S. M., Sousa, P. & Dutra, I. Clinical Decision Support Systems for Pressure Ulcer Management: Systematic Review. *JMIR Med Inform* 8, e21621 (2020).
26. Moore, Z. E. & Webster, J. Dressings and topical agents for preventing pressure ulcers. *Cochrane Database Syst. Rev.* 12, CD009362 (2018).
27. McInnes, E., Jammali-Blasi, A., Bell-Syer, S. E. & Leung, V. Support surfaces for treating pressure ulcers. *Cochrane Database Syst. Rev.* 10, CD009490 (2018).
28. Derakhshandeh, H., Kashaf, S. S., Aghabaglou, F., Ghanavati, I. O. & Tamayol, A. Smart Bandages: The Future of Wound Care. *Trends Biotechnol.* 36, 1259–1274 (2018).
29. Wang, J. et al. Highly Sensitive, Breathable, and Flexible Pressure Sensor Based on Electrospun Membrane with Assistance of AgNW/TPU as Composite Dielectric Layer. *Sensors* 20, (2020).
30. Brooke, J. (1996). Sus: a “quick and dirty” usability. *Usability evaluation in industry*, 189(3), 189-194.

XI. Anexos

Anexo 1

	Edad	Sexo	Lesión
Paciente 1	35	F	Amputación bilateral transfemoral
Paciente 2	49	M	Tetraplejia
Paciente 3	36	M	Tetraplejia
Paciente 4	57	F	TEC grave + politraumatismo
Paciente 5	39	F	Paraplejia
Paciente 6	21	M	Tetraplejia
Paciente 7	45	M	Tetraplejia
Paciente 8	73	M	Paraplejia
Paciente 9	40	M	TEC grave
Paciente 10	38	M	Tetraplejia
Paciente 11	66	M	Tetraplejia
Paciente 12	40	M	Tetraplejia
Paciente 13	54	M	Tetraplejia
Paciente 14	39	M	Paraplejia
Paciente 15	60	M	TEC grave
Paciente 16	54	M	TEC grave
Paciente 17	76	F	Miastenia Gravis
Paciente 18	46	M	Paraplejia
Paciente 19	48	M	Tetraplejia
Paciente 20	38	M	Tetraplejia

Anexo 2. Cuestionario de usabilidad de sistema de prevención LPP

1-. Creo que me gustaría usar este sistema frecuentemente

NO				SI
1	2	3	4	5

2-. Encontré el sistema innecesariamente complejo.

NO				SI
1	2	3	4	5

3-. El sistema es fácil de usar.

NO				SI
1	2	3	4	5

4-. Creo que necesitaría ayuda de un técnico para poder usar el sistema.

NO				SI
1	2	3	4	5

5-. Encontré que las funciones del sistema estaban integradas adecuadamente.

NO				SI
1	2	3	4	5

6-. Creo que hay mucha inconsistencia en el sistema.

NO				SI
1	2	3	4	5

7-. La mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema rápidamente

NO				SI
1	2	3	4	5

8-. El uso del sistema es muy confuso.

NO				SI
1	2	3	4	5

9-. Me sentí muy confiado con el uso del sistema.

NO				SI
1	2	3	4	5

10-. Necesito aprender muchas cosas antes de usar apropiadamente el sistema.

NO				SI
1	2	3	4	5

11-. ¿Cuánto tiempo lo uso al día?

12-. ¿El sistema me ayudó a ser más consciente de mi riesgo de generar lesiones por presión?

COMENTARIOS

ADICIONALES

POSITIVOS _____

NEGATIVOS _____

Referencia: Brooke, J. (1996). Sus: a "quick and dirty" usability. *Usability evaluation in industry*, 189(3), 189-194.