

ANEXO N°45

INFORME FINAL



SUSESO

Proyectos de Investigación e Innovación en prevención de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales

Santiago - Chile

Implementación clínica y optimización de prototipo desarrollado en etapa 1 para el reconocimiento de gestos faciales, basado en visión computacional, para la asistencia de pacientes con discapacidad motora severa de Mutual de Seguridad CChC.

INFORME FINAL

Claudio Tapia Malebrán, Ph.D., M.Sc.
Bárbara Torres Acin, E.U.



SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD

SOCIAL

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: investigaciones@suseso.cl.

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: www.suseso.cl.

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendencia of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed by the resources of Law Insurance 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author (s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendencia of Social Security.

For further information, please write to: investigaciones@suseso.cl.

For other publications, research papers and projects of the Superintendencia of Social Security, please visit our website: www.suseso.cl.

Superintendencia de Seguridad Social
Huérfanos 1376
Santiago,
Chile.



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE



Implementación clínica y optimización de
prototipo desarrollado en etapa 1 para el
reconocimiento de gestos faciales, basado en
visión computacional, para la asistencia de
pacientes con discapacidad motora severa de
Mutual de Seguridad CChC.

Innovador principal: Claudio Tapia Malebrán, Ph.D., M.Sc.

Innovador Alterno: Bárbara Torres Acin, E.U.

Universidad de Chile

Septiembre 2024

Santiago, Chile.

TÍTULO

Implementación clínica y optimización de prototipo desarrollado en etapa 1 para el reconocimiento de gestos faciales, basado en visión computacional, para la asistencia de pacientes con discapacidad motora severa de Mutual de Seguridad CChC.

AUTORES

Innovador principal: Claudio Tapia Malebrán, Ph.D., M.Sc.

Innovador Alterno: Bárbara Torres Acin, E.U.

Facultad de Medicina, Universidad de Chile

RESUMEN

El problema principal que abordó el proyecto fue “La Dependencia Severa” (DS) de pacientes con discapacidad motora severa crónica hospitalizados en centros de salud y domicilio de Mutual de Seguridad, definida como un problema priorizado y declarado en el eje 5, Funcionamiento y Discapacidad, de la estrategia Nacional de Salud para los Objetivos Sanitarios al 2030. La magnitud del problema requiere de propuestas innovadoras que permitan reducir la prevalencia de la dependencia severa, aumentar la autonomía de las personas, optimizar la eficiencia en los cuidados y reducir los tiempos de respuesta, mejorando la gestión de recursos y aumentando la seguridad del paciente y del personal de salud.

El objetivo fue optimizar el prototipo desarrollado en etapa de iniciación para validar clínicamente el sistema de reconocimiento de gestos faciales, basado en visión computacional, usado en la asistencia y acompañamiento de pacientes con discapacidad motora severa hospitalizados en Mutual de Seguridad o con hospitalización domiciliaria.

Como resultado se logró la optimización del software de detección de puntos de interés y de algoritmo de reconocimiento de patrones gestuales de rostro mediante el procesamiento de imágenes de video, se optimizó y aumentó la capacidad del sistema de comunicación, permitiendo ahora el encendido/apagado y cambio de canal de un televisor. La solución propuesta fue validada en 6 pacientes con hospitalización domiciliaria y uno con hospitalización institucional, en quienes se evaluó la usabilidad y satisfacción. Se observaron resultados positivos para todas las pruebas realizadas, destacando el impacto positivo en el cuidado y autonomía del paciente.

Palabras claves: Visión computacional, Dependencia severa, Cuidados, Autonomía.

Indice

Introducción y Antecedentes.....	6
Definición del problema y desafío de innovación.....	7
Objetivos generales y específicos.....	9
Revisión de la literatura o experiencias relevantes.....	10
Descripción de la metodología o etapas de la innovación.....	12
Resultados.....	16
Conclusiones.....	22
Recomendaciones.....	22
Caso Participante hospitalizado en institución.....	23
Conclusiones principales.....	27
Referencias.....	29

Introducción y Antecedentes

El problema principal que enfrentó el proyecto fue la Dependencia Severa (DS) de pacientes con discapacidad motora severa crónica hospitalizados en centro de salud y domicilio de Mutual de Seguridad. La DS está definida como un problema priorizado y declarado en el *eje 5, Funcionamiento y Discapacidad, de la estrategia Nacional de Salud para los Objetivos Sanitarios al 2030* (Ministerio de Salud, 2022). La magnitud del problema requiere de propuestas innovadoras que permitan reducir la prevalencia de la dependencia severa, aumentar la autonomía de las personas, optimizar la eficiencia en los cuidados y reducir los tiempos de respuesta, mejorando la gestión de recursos y aumentando la seguridad del paciente y del personal de salud. Así, también se alinea con objetivos sanitarios internacionales, como la *“Agenda de Salud Sostenible para las Américas”* (CEPAL, 2028)(OPS, 2017).

La relevancia de este problema es evidente al considerar que en Chile el 8% de la población se encuentra en situación de dependencia funcional y discapacidad, y que el 40% de las personas con discapacidad se halla en situación de dependencia funcional, siendo la mayoría personas con discapacidad severa (SENADIS, 2023). Según la Encuesta de Discapacidad y Dependencia 2022, en Chile hay 430.279 personas en situación de DS (ENDIDE, 2022). El 41,2% de las personas con discapacidad recibe asistencia personal para las Actividades Básicas de la Vida Diaria (ABVD), en su mayoría son mujeres los cuidadores de la población adulta con discapacidad (73,9%). Se observa también que el porcentaje de personas en situación de dependencia disminuye a medida que aumentan los quintiles de ingreso, lo que muestra una mayor vulnerabilidad financiera en los hogares con personas en situación de dependencia (ENDIDE, 2022) (Ministerio de Salud, 2022). Esto implica, además, un componente sociodemográfico relevante en el enfrentamiento de este problema. Por otro lado, de acuerdo con la encuesta CASEN 2017, el 14,2% de los mayores de 60 años presenta algún grado de dependencia funcional, cifra que aumenta con el envejecimiento, alcanzando casi el 40% en las personas mayores de 80 años (CASEN, 2017). Estas cifras sólo irán en aumento si se considera que para 2050 un 22% de la población mundial corresponderá a personas mayores de 60 años (CEPAL, 2018).

La situación de DS no solo se asocia a costos elevados por concepto de cuidados y asistencia para las familias y el sistema de salud, sino que también releva la importancia y necesidad de desarrollar intervenciones interdisciplinarias que transformen los cuidados y la asistencia a personas en situación de DS.

Solución Desarrollada en Etapas Anteriores y Resultados

En la fase anterior, se implementó el proyecto: “Desarrollo de un sistema de reconocimiento de gestos faciales basado en visión computacional para la asistencia de pacientes con discapacidad motora severa”. Este proyecto permitió desarrollar un prototipo de sistema de reconocimiento de gestos faciales utilizando visión computacional, para asistir a pacientes con discapacidad motora severa, hospitalizados en Mutual de Seguridad CChC. La solución implementada permitió que los pacientes lograran realizar tareas a partir de diferentes gestos faciales. Las tareas logradas fueron: solicitar asistencia en caso de requerirlo y controlar la iluminación de su habitación, favoreciendo así su autonomía e independencia. El prototipo fue testeado en 4 pacientes con daño neurológico que sólo poseían control del movimiento de su cabeza y expresión facial, obteniendo resultados favorables en todas las métricas estudiadas. Sensibilidad, Especificidad y Accuracy. Cada participante realizó 5 pruebas para activar con sus gestos faciales el llamado de asistencia y el encendido/apagado de la iluminación de su habitación

Dicha validación se realizó en condiciones clínicas, considerando factores como iluminación, posición del paciente, entorno y condición de salud. Todas las pruebas se realizaron en el Hospital Mutual de Seguridad CChC.

Como fortaleza del prototipo desarrollado, destaca el hecho de no ser invasivo; no requerir contacto con el paciente, disminuyendo todos los factores de riesgo asociados al contacto físico; tampoco requiere personal técnico especializado para su operación. Dada su portabilidad, puede ser usado en cualquier entorno, incluso domiciliario. El sistema puede ser personalizado, ajustado en cuanto a umbrales de activación, permitiendo el uso en casos donde el control de movimientos se encuentre restringido parcialmente, como ocurrió en uno de los pacientes en los que el prototipo fue validado.

El sistema, además, permitió al usuario reforzar su correcto uso, pues entregó retroalimentación a través de un semáforo de luces leds, lo que facilitó la comprensión y disminuyó el tiempo de aprendizaje por parte del paciente.

En cuanto los resultados generales del proyecto, se consiguió lo siguiente:

- Se diseñó e implementó un software de reconocimiento gestual de rostro.
- Se desarrolló e implementó un sistema integrado de control para comunicación con dispositivos eléctricos o electrónicos disponibles en el entorno inmediato del paciente, particularmente el encendido/apagado de la luz de su habitación.
- Se implementó un prototipo de sistema de asistencia para pacientes con discapacidad motora severa crónica de Mutual de Seguridad CChC. Particularmente, llamado de asistencia a enfermería o cuidador.
- Se validó clínicamente el prototipo desarrollado en 4 pacientes en situación de dependencia motora con discapacidad motora severa crónica (tres personas con diagnóstico de tetraplejia y una persona con secuela de traumatismo encéfalo craneano).

Definición del problema y desafío de innovación

De acuerdo al Estudio Nacional de Discapacidad de 2015, el 20% de la población adulta chilena posee algún grado de discapacidad, de ésta el 8,3% posee discapacidad severa. Particularmente, 8 de cada 10 personas en situación de discapacidad severa es inactivo, esto es, no participa del mercado laboral (Ministerio de Desarrollo Social, 2016).

El presente proyecto abordó una muestra de la población con discapacidad motora severa crónica hospitalizada en Hospital Mutual de Seguridad, quienes ven afectada su autonomía, independencia, participación y muchas veces presentan una gran carga emocional asociada a su condición de salud y dependencia total de terceras personas (González et al., 2012)(Mota & Ribeiro, 2016). Este proyecto tiene el potencial de favorecer la reinserción y autonomía de las y los trabajadores a través del desarrollo de un prototipo basado en el uso de visión computacional (inteligencia artificial) que reconoce gestos faciales para controlar diferentes dispositivos disponibles en la habitación del paciente.

Una de las principales condiciones de salud que genera discapacidad severa y crónica es la lesión de médula espinal (Pinchi et al., 2019). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, entre 250.000 y 500.000 personas sufren cada año lesiones medulares en todo el mundo, la mayoría se deben a causas traumáticas prevenibles como accidentes de tránsito, caídas o actos de violencia (World Health Organization, 2011). Particularmente el traumatismo raquímedular (TRM) resulta de la lesión de estructuras óseas, ligamentosas y/o neurológicas de la columna vertebral, afectando la conducción de las señales motoras y sensitivas en el o los sitios de la lesión, generando deterioro motor y diferentes niveles de discapacidad (Lamontagne et al., 2013)(Lynch & Cahalan, 2017)(Barclay, 2016).

Distintos reportes han descrito a nivel mundial que la incidencia de un TRM alcanza 10,5 casos por 100.000 personas, aumentando en países con menores ingresos, llegando a 13,7 casos por

100.000, mientras que en países con ingresos altos esta relación disminuye a 8,7 casos por 100.000 personas (Kumar et al., 2018). En Chile, de acuerdo al Global Burden Disease del Institute for Health Metrics and Evaluation de la Universidad de Washington, en el año 2017 se reportó una prevalencia de 51.616 con una incidencia de 1.618 casos (James et al., 2019). Esta condición afecta más a hombres que mujeres, se sugiere que esto puede estar determinado por peligros ocupacionales únicos o comportamientos más riesgosos que los hacen vulnerables a traumas (Kumar et al., 2018). Si se considera que el promedio de edad, a nivel mundial, de las personas que presentan esta condición es de 40 años, resulta evidente el impacto que esto tiene a nivel laboral. En estricto rigor, la principal causa de TRM corresponde a los accidentes de tránsito, llegando a 41,6% de los casos reportados, seguido por caídas, las que ocurren principalmente en el trabajo (Menter et al., 1991)(WHO, 2011).

Esta condición afecta el bienestar físico, psicológico y social del paciente (Darwish et al., 2020)(Nas et al., 2015). Por lo tanto, mejorar el acceso y calidad de la atención médica y el acceso a rehabilitación oportuna, mejora la supervivencia y reduce la morbilidad, discapacidad y dependencia (MINSAL, 2019). Un estudio realizado en pacientes con discapacidad producto de lesión medular en Chile, describe la vivencia de tener una discapacidad por daño a la médula espinal, lo difícil que es asumir esta condición y disponerse a la rehabilitación, describiendo diferentes etapas en el proceso de rehabilitación; desde una fase marcada por la depresión, hasta alcanzar en los mejores casos la independencia absoluta (González Echeverría et al., 2011). Desde este punto de vista, resulta pertinente enfatizar la discapacidad y dependencia a la que se enfrenta una persona con lesión medular. De acuerdo al Segundo Estudio Nacional de la Discapacidad, ésta se entiende como “una construcción simbólica, un término genérico y relacional que incluye condiciones de salud y déficits, limitaciones en la actividad, y restricciones en la participación”. Este concepto indica los aspectos negativos de la interacción, entre un individuo y sus factores contextuales, considerando los ambientales y personales (Ministerio de Desarrollo Social, 2016). Una persona con lesión medular y con secuelas motoras severas podría ver impedida su participación y autonomía, generando un aumento del nivel y percepción de dependencia, aumentando con ello su discapacidad (Chesani et al., 2018)(González et al., 2012).

Las lesiones medulares o condiciones de salud que impliquen secuela de dependencia severa aumentan también significativamente los costos hospitalarios, generando una carga financiera sustancial en los sistemas de atención médica asociado a los altos costos de atención de la salud en esta población (Badhiwala et al., 2019). Además, de manera indirecta, esta carga financiera del sistema se agrava producto de la pérdida de productividad. El manejo del TRM requiere de importantes recursos sanitarios y puede representar una carga financiera considerable para los pacientes, sus familias y la comunidad. Estos costos se deben, en gran medida, a la necesidad de cuidados agudos a corto plazo en la Unidad de Paciente Crítico (UPC) y las complicaciones secundarias asociadas que ocurren a corto, mediano y largo plazo (MINSAL, 2019). La pérdida de autonomía, con la consiguiente discapacidad asociada lo exponen a un aumento del riesgo de dichas complicaciones, entre las que se encuentran: las fracturas asociadas a osteoporosis por desuso, compromiso de funciones vitales, atrofia muscular y la presencia de úlceras por presión (UPP) (Mota & Ribeiro, 2016). Por ejemplo, se estima que en EE. UU. los costos asociados debido al manejo de UPP se aproximan a los 11 billones de dólares por año, mientras que en Europa se estima que corresponden el 1,4% del gasto en salud (Nussbaum et al., 2018)(Statement, 2014).

Desafío de Innovación

De lo antes expuesto, el principal desafío que se enfrenta, a través de este proyecto, es permitir la interacción temprana con su entorno a pacientes con discapacidad motora severa crónica de Mutual de Seguridad CChC. De particular interés resulta la población con lesión medular alta. Sin embargo, esta situación de discapacidad se presenta de igual manera en

otras poblaciones, como pacientes secuestrados de traumatismo encéfalo craneano (sin trastorno de conciencia) y grandes amputados. Por tal motivo, este proyecto puede impactar en estas tres poblaciones, teniendo siempre en cuenta que el problema se identifica en la situación de discapacidad motora severa crónica, no en la patología respectiva. Este proyecto buscó además potenciar la independencia de los usuarios en acciones cotidianas que actualmente sin el apoyo de terceras personas son inviables de realizar. Por otra parte, de acuerdo al Servicio Nacional de Discapacidad, para promover estrategias que permitan mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad en situación de dependencia, se debe fortalecer su autonomía e independencia individual; este proyecto va ligado directamente a lo anterior a modo de promover su inclusión en la comunidad y vinculación con el entorno familiar (Política Nacional para la Inclusión Social de las Personas con Discapacidad, SENADIS).

En base a lo anterior, el desafío de este proyecto consistió en optimizar el prototipo de reconocimiento de gestos faciales, basado en visión computacional, e implementar clínicamente el sistema desarrollado en la fase de iniciación, para aumentar la autonomía en pacientes con discapacidad motora severa crónica, de Mutual de Seguridad CChC. El valor agregado de esta solución se puede abordar desde diferentes puntos de vista, entre otros:

- No implica contacto físico con el paciente, situación de vital importancia en entornos hospitalarios, sobre todo considerando los riesgos asociados a la pandemia por Covid-19 y a la condición de salud del paciente.
- Constituye un sistema de asistencia para personas en situación de dependencia motora, aumentando su autonomía.
- Impacta en la salud mental del paciente, pues permite el logro de objetivos sin la asistencia de un tercero.
- Disminuye los costos asociados al cuidado y asistencia de estos pacientes.
- La solución presentada es altamente escalable, pudiendo ser utilizada en etapas posteriores en ámbitos como el reconocimiento de emociones, o como interfaz hombre máquina.
- Puede ser utilizado en cualquier entorno, incluso el domiciliario.
- El sistema de reconocimiento de gestos faciales, para asistencia de personas en situación de dependencia motora, es personalizable de acuerdo a las capacidades del paciente.

Objetivos Generales y Específicos

Objetivo general:

Optimizar el prototipo desarrollado en etapa de iniciación para validar clínicamente el sistema de reconocimiento de gestos faciales, basado en visión computacional, usado en la asistencia y acompañamiento de pacientes con discapacidad motora severa hospitalizados en Mutual de Seguridad o con hospitalización domiciliaria.

Objetivos específicos:

- i. Optimizar el sistema de reconocimiento de gestos faciales, basado en visión computacional, para la interacción autónoma paciente-entorno (llamado asistencia, alarma, luz, televisión) en contexto domiciliario y en entorno hospitalario.

- ii. Evaluar la percepción de autonomía de las personas en situación discapacidad motora severa con el uso del sistema de asistencia.
- iii. Evaluar el nivel de satisfacción del sistema de asistencia en las personas en situación discapacidad motora, familiares, y personal sanitario.

Revisión de la literatura o experiencias relevantes

Condiciones que determinan la existencia de este problema de salud

Las personas en situación de DS ven afectada su autonomía, independencia, participación y muchas veces presentan una gran carga emocional asociada a su condición de salud y dependencia total de terceras personas (González, 2012)(Mota, 2016)(Quejereta, 2003). Actualmente, una persona en situación de DS requiere la asistencia de un tercero, habitualmente familiar o cuidador, para interactuar con el entorno. En efecto, la “Dependencia”, según el Consejo de Europa, es la necesidad permanente de asistencia para las actividades de la vida cotidiana (Quejereta, 2003) y de acuerdo a la Ley 20.422, la dependencia es el estado de carácter permanente en que se encuentran las personas que, por razones derivadas de una o más deficiencias de causa física, mental o sensorial, ligadas a la falta o pérdida de autonomía, requieren de la atención de otra u otras personas o ayudas importantes para realizar las actividades esenciales de la vida (SENADIS, 2023)(M de Planificación, 2010).

El problema de la DS tradicionalmente se ha enfrentado con recurso humano, considerando sólo algunos facilitadores¹, como adaptaciones del entorno o políticas de apoyo a los cuidados. Este proyecto ofrece una solución transformadora al abordaje de la DS, constituyendo una alternativa a las estrategias existentes (enfocadas principalmente en rehabilitación de capacidades remanentes y adaptación del entorno). La solución propuesta en este proyecto permite a la persona en situación de DS, principalmente de tipo motora, interactuar de manera directa con su entorno inmediato a través del reconocimiento de gestos faciales. Respondiendo con una solución eficaz y eficiente al problema de la DS, favoreciendo la autonomía (Ministerio de Salud, 2022)(Ministerio de Desarrollo Social, 2013)(Batista, 2019) y disminuyendo la dependencia de otras personas. Alineándose con el objetivo específico de *investigación, desarrollo e innovación del Servicio Nacional de Discapacidad*, dando énfasis en la promoción de la autonomía personal y atención a las personas con discapacidad en situación de dependencia (Ministerio de Desarrollo Social, 2013). La falta de interacción oportuna con el entorno, de las personas en situación de DS, genera mayores costos asociados al manejo de su condición, tanto por los recursos directos debido a su cuidado, como por los recursos necesarios para el manejo de las complicaciones, aumentando significativamente los costos hospitalarios, generando una carga financiera sustancial en los sistemas de atención de salud (González, 2012)(Quejereta, 2003)(Badhiwala, 2019)(Naciones Unidas, 2017).

Por otra parte, esta misma falta de interacción con su entorno aumenta su discapacidad, favorece la depresión y limita su autonomía (Ness, 2023)(Lynch, 2017)(González, 2011)(Nas, 2015)(Boyle, 2005)(Cahoon, 2012). Desde el ámbito emocional, los usuarios con secuelas de DS son propensos a presentar diagnósticos de depresión, lo cual además de repercutir significativamente en su estado anímico e interacción con el entorno, puede aumentar las complicaciones clínicas asociadas a la escasa motivación de autocuidado (González, 2012)(Peter, 2012). Dependier de terceras personas en todas las actividades de la vida diaria

¹ Facilitadores (factores ambientales facilitadores): Son todos aquellos factores contextuales ambientales en el entorno de una persona que mejoran su funcionamiento. Pueden ser del medio físico, técnicos o personales y también de servicios, sistemas y políticas [ENDIDE, 2022].

influye directamente en su percepción de autonomía (Boyle, 2005)(Muchinsky, 2012)(Sánchez-García, 2019).

Si bien, la dependencia es una condición que puede estar presente en cualquier momento de la vida, es a partir de los 60 años que comienza a adquirir mayor prevalencia e importancia (CEPAL, 2018). La longevidad implica una mayor prevalencia de discapacidad que afecta la vida cotidiana de los adultos mayores (Ministerio de Salud, 2022)(Ministerio de Desarrollo Social, 2013). Esta nueva realidad genera la creciente necesidad en el sector salud de proveer servicios de rehabilitación asequibles, integrales, multidisciplinarios, incluyendo ayudas técnicas, centrados en la persona y sus necesidades a lo largo del curso de vida (Ministerio de Desarrollo Social, 2013).

Vacío de conocimiento que justifican la realización del proyecto

El problema de la DS se ha abordado históricamente a través de cuidados y asistencias entregadas por humanos, esto es: apoyo de cuidador(a), familia, profesionales y técnicos de salud. Sumado a lo anterior se encuentran las ayudas técnicas o elementos de apoyo (OPS, 2020).

A pesar de las nuevas perspectivas adoptadas, tanto a nivel nacional como internacional(Ministerio de Salud, 2022)(OPS, 2017)(CEPAL, 2018), no existen experiencias de uso de tecnología de comunicación humano-máquina en el cuidado y asistencia de personas en situación de DS que les permitan interactuar directamente con el entorno o controlar dispositivos electrónicos según sus necesidades. Este proyecto propone la comunicación del paciente con su entorno basada en inteligencia artificial, particularmente visión computacional para enfrentar este problema. En nuestro desarrollo previo, esta capacidad ha sido utilizada en entornos de sala hospitalaria como tecnología de asistencia, permitiéndonos reconocer gestos faciales generadas por personas con DS que son transformadas en instrucciones para controlar dispositivos del entorno.

La visión computacional (VC) es una disciplina dentro de la inteligencia artificial que se dedica al análisis de estructuras y patrones presentes en las imágenes digitales. Para ello, emplea tecnologías avanzadas de captura y procesamiento de datos que componen dichas imágenes (Suo, 2021)(Leeds, 2013). El uso de VC en contextos de salud aún constituye una herramienta en desarrollo y es escasamente usada en aplicaciones para soluciones a problemáticas de interés público. Su máximo desarrollo se ha centrado especialmente en el reconocimiento de patrones en imágenes de radiología, como radiografías, tomografía axial computarizada o ecografía (Rebouças, 2017)(do Nascimento, 2018). Sin embargo, a partir del año 2020 se observó un incremento importante del uso de métodos de VC asociada al diagnóstico, prevención y control, manejo clínico y tratamiento en condiciones de salud asociadas al Covid-19 (Ulhaq, 2020). En cuanto a la asistencia y cuidados de personas en situación de dependencia severa, sólo se ha utilizado como interfaz para controlar el cursor del mouse en un computador a partir del movimiento de la cabeza o el ojo de un participante (Kumar Raja, 2023)(Xu, 2010)(Zhang, 2015)(Zhang & Yu, 2015)(Kanakaprabha, 2023), control del mouse a través de gestos faciales (Dongre, 2020)(Ballard, 1995)(Mohamed, 2007), control de robot móvil a partir del seguimiento del movimiento del ojo (Zhang & Yu, 2015)(Flores-Calero, 2020). Comercialmente existen productos como *Tobii* (<https://www.tobii.com/>) que usa el seguimiento ocular como marcador de algunas patologías o para entrenar la coordinación oculo-motora. No obstante, es incapaz de permitir el control de dispositivos domésticos y requiere una cámara que registre permanentemente el ojo de la persona, limitando su campo visual. Situación crítica en una persona con DS.

Ninguno de los estudios o productos señalados ha abordado el cuidado, asistencia y la interacción directa de la persona con los dispositivos de su entorno, como el control de un llamado de asistencia, el control de encendido y apagado de luces de su habitación o el control

del televisor (encender, apagar y elegir canal). Tampoco se ha logrado establecer una validación clínica en personas con DS.

Cuantificación y dimensión del problema

De acuerdo al III Estudio Nacional de la Discapacidad de 2022, un 9,8% de la población adulta de Chile se encuentra en situación de dependencia, lo que corresponde a un 55,4% de la población adulta con discapacidad, equivalente a 1.498.977 personas, mientras que 420.279 personas se encuentran en situación de dependencia severa, de las cuales 258.054 son mujeres y 162.225 son hombres (SENADIS, 2023)(ENDIDE, 2022). Por otra parte, con el envejecimiento aumentan las probabilidades de ser dependiente en términos funcionales, según estimaciones de la OMS, al año 2050, un 22% de la población mundial corresponderá a personas de 60 años y más, superando los 2.000 millones, siendo el grupo etario de 80 años y más el que muestra una mayor prevalencia de dependencia funcional, además de mayores niveles de aislamiento social, percepción de falta de apoyo social y mayores niveles de depresión y ansiedad (Ministerio de Salud, 2022)(CEPAL, 2018). En Chile, casi un 40% de este grupo etario tienen algún grado de dependencia (Ministerio de Salud, 2022). La presente propuesta y su resultado tecnológico esperado son pertinentes, además, con la ley N° 19.966, que establece el Régimen General de Garantías en Salud (GES) que, dentro de las 85 condiciones de salud con garantías de acceso, calidad, protección financiera y oportunidad, incluye el problema No 36: “Ayudas técnicas para personas de 65 años y más” (Ministerio de Salud, 2012). De este modo, el sistema de comunicación del paciente con el entorno, basado en visión computacional para el cuidado y asistencia de personas con discapacidad en situación de DS puede constituirse en una solución transformadora para el problema de la dependencia severa en un contexto alineado con la legislación vigente y con las políticas del país.

Descripción de la metodología o etapas de la innovación

El proyecto desarrollado correspondió a la optimización de una innovación de producto con un alto impacto en la inclusión y autonomía de pacientes con discapacidad motora severa crónica de Mutual de Seguridad CChC.

Las fases requeridas para lograr el objetivo general del proyecto se dividieron en 4 actividades.

- Actividad 1. Optimización de software de detección de puntos de interés y de algoritmo de reconocimiento de patrones gestuales de rostro mediante el procesamiento de imágenes de video.

Esta fase tuvo una duración de tres meses y fue ejecutada por el investigador principal, la investigadora alterna y el resto del equipo de innovadores. Se optimizó el algoritmo de detección de puntos de interés y el algoritmo de reconocimiento de gestos faciales para aumentar el espectro de gestos reconocibles (en la figura 1 se muestra el resultado del software implementado).

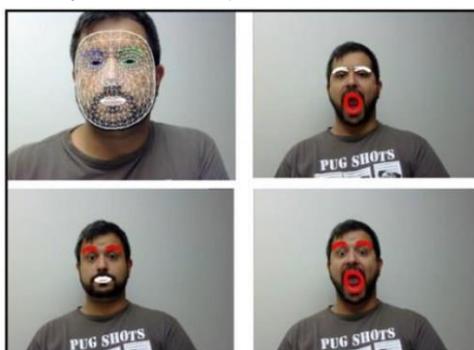


Figura 1: Malla para detección de puntos de interés facial, Reconocimiento de movimiento de boca, Reconocimiento de movimiento de ceja, Reconocimiento de movimiento de ceja y boca.

Esta etapa no se realizó con pacientes, ya que para el desarrollo del software no se requirió la condición clínica. Se utilizaron bases de datos públicas y muestreo en voluntarios, disponibles para estos efectos (por ejemplo: <https://www.face-rec.org/databases/>).

Producto o servicio comprometido: Software de detección y reconocimiento de patrones actualizado, reconociendo al menos tres nuevos patrones de gestos faciales.

- Actividad 2. Optimización y aumento de capacidades del sistema de comunicación para control de dispositivos en tiempo real.

Esta fase se extendió por dos meses y estuvo a cargo del innovador principal del proyecto, la innovadora alterna y el equipo de profesionales clínicos de Mutual de Seguridad.

Esta actividad implicó al aumento de las capacidades del sistema de comunicación (formato micro-ordenador) para permitir la ejecución de más instrucciones en un dispositivo eléctrico o electrónico que facilite la asistencia del paciente, a partir de la detección de un patrón del gesto facial, obtenido desde el software desarrollado en la etapa 1 (iniciación). Este sistema se implementó en la habitación del paciente, ya sea en entorno hospitalario (1 paciente) o domiciliario (6 pacientes), permitiendo la ejecución de instrucciones que favorecieron la interacción con su entorno inmediato. Se logró la ejecución de las siguientes acciones: Llamado de asistencia a personal de salud o cuidador, control de iluminación y control del televisor, esto es: encendido/apagado y cambio de canal.

Producto o servicio comprometido: El paciente pudo ejecutar las siguientes acciones: Llamado de asistencia, encender y apagar la luz de la habitación, encender y apagar el televisor, cambiar de canal el televisor.

- Actividad 3. Validación clínica de la solución desarrollada y evaluación de autonomía de las personas en situación de dependencia con discapacidad motora severa crónica de Mutual de Seguridad CChC.

La validación clínica consistió en evaluar el prototipo en condiciones de uso reales tanto en el entorno domiciliario como en un entorno hospitalario, involucrando a 6 pacientes con discapacidad motora severa en su domicilio y a un paciente hospitalizado en Mutual de Seguridad. Se probó la capacidad del sistema de reconocer gestos faciales para realizar tareas específicas, como el encendido/apagado de luces, el cambio de canal de televisión, y la activación de alarmas de asistencia.

Durante esta fase, se verificó que el sistema lograba producir el efecto deseado en la población objetivo, mejorando su autonomía e interacción con el entorno sin apoyo constante de terceros. Además, se evaluaron aspectos de seguridad para garantizar que el dispositivo no causara efectos adversos significativos en los pacientes, registrando los eventos de usabilidad y la satisfacción del usuario (ver Actividad 4). Finalmente, se confirmó que los resultados del sistema eran clínicamente significativos (ver sección Resultados).

Esta fase se extendió por 8 meses y tuvo como objetivo realizar las pruebas de validación del prototipo con las mejoras implementadas, tanto en entorno hospitalario como domiciliario. Fue ejecutada por el innovador principal, la innovadora alterna y el equipo de profesionales clínicos de Mutual de Seguridad. La estrategia propuesta consistió en la entrega de un kit para el uso del sistema propuesto, el cual fue instalado inicialmente por un miembro del equipo innovador. El kit que fue entregado al paciente y su representante (cuidador o familia) consistió en: Una cámara web, un atril

regulable (personalizado), un semáforo led para retroalimentación del usuario, un microcomputador, cables de conexión y fuente de poder.

Este dispositivo quedó en uso por un periodo de dos semanas, sólo en hospital, y fue evaluado semanalmente por el equipo innovador. Además, se llevó un registro de usabilidad especialmente diseñada para la ocasión. Debido a las diversas condiciones de accesibilidad de los pacientes con hospitalización domiciliaria, se decidió realizar las pruebas en una sola oportunidad (sin realizar la entrega del kit).

Dado que el objetivo de este proyecto fue: *Optimizar el prototipo desarrollado en etapa de iniciación para validar clínicamente el sistema de reconocimiento de gestos faciales, basado en visión computacional, usado en la asistencia y acompañamiento de pacientes con discapacidad motora severa hospitalizados en Mutual de Seguridad o con hospitalización domiciliaria*, no se realizó comparación entre pacientes hospitalizados en domicilio y en centro de salud. Esto obedeció a que las pruebas realizadas fueron las mismas en ambos casos y a que sólo se tuvo acceso a un paciente hospitalizado en Hospital Mutual de Seguridad.

Producto o servicio comprometido: Evaluación de autonomía acerca del uso del sistema de reconocimiento de gestos faciales basado en visión computacional para la asistencia en tiempo real de pacientes con discapacidad motora severa crónica.

- Actividad 4. Evaluación del nivel de satisfacción del sistema de asistencia en las personas en situación discapacidad motora, familiares y personal sanitario.

Esta fase tomó 8 meses en ser implementada. Esta Actividad se complementó con la Actividad 3. En esta etapa se recolectaron datos correspondientes al nivel de satisfacción en el paciente, respecto al uso del prototipo desarrollado.

La evaluación de la satisfacción y efectividad se realizó a través de una metodología cualitativa y una metodología cuantitativa.

Este proyecto sigue un diseño de investigación evaluativa mediante métodos mixtos para validar el sistema de asistencia basado en el reconocimiento de gestos faciales. Las variables principales incluyen:

- Variable independiente: Sistema de reconocimiento de gestos faciales.
- Variables dependientes: Autonomía del usuario, satisfacción del usuario, efectividad en la ejecución de comandos.
- Variables de control: Condiciones de iluminación y posición del paciente en el entorno domiciliario y hospitalario.

En canto a las fuentes de información y muestreo, la población de estudio incluyó pacientes con discapacidad motora severa de Mutual de Seguridad, considerando tanto el entorno domiciliario (6 pacientes) como el hospitalario (1 paciente). Se utilizó un muestreo intencional de casos específicos para quienes el sistema podría tener un impacto positivo en su autonomía y calidad de vida (pacientes entregados por Mutual de Seguridad).

Los instrumentos de medición utilizados fueron:

- Cuestionario de Satisfacción: Evaluación de la percepción de satisfacción y utilidad del sistema en los usuarios.
- Lista de Chequeo de Usabilidad: Incluye criterios de instalación, reconocimiento de gestos, y desempeño en el uso del sistema.
- Escala SUS (System Usability Scale): Para cuantificar la percepción de facilidad de uso y aceptación del sistema.

- Observación Directa: Documentación de interacciones y efectividad en el uso del sistema en las tareas específicas (llamado de asistencia, control de luz y televisión)

Respecto a las técnicas de análisis se realizó una aproximación cualitativa y cuantitativa.

Análisis cuantitativo para las respuestas en la escala SUS y desempeño en la lista de chequeo.

Análisis cualitativo a partir de observaciones de campo y retroalimentación de los participantes y personal de salud, para explorar experiencias individuales, percepciones de independencia y sugerencias de mejora

La metodología cualitativa buscó explorar en los aspectos positivos y negativos que los usuarios consideraron que tuvieron impacto en la satisfacción, considerando la adherencia y efectividad del uso del prototipo.

Producto o servicio comprometido: Un informe de salida basado en metodología cualitativa y cuantitativa respecto a la satisfacción del paciente, de los cuidadores y familia respecto al uso del prototipo desarrollado.

Implicancias Éticas

Para el análisis de las implicancias éticas del estudio, el equipo de investigación consideró los siguientes puntos clave:

- **Consentimiento Informado**
Fue esencial que todos los participantes comprendieran plenamente los objetivos, procedimientos y posibles riesgos del estudio. El equipo se aseguró que cada paciente, o su representante legal si fuera necesario, firmara un consentimiento informado detallado, explicando los beneficios potenciales y riesgos de usar el sistema de asistencia.
- **Privacidad y Confidencialidad**
Dado que el estudio incluyó datos personales y de salud de pacientes en situación de dependencia, se tomaron todas las precauciones para proteger la privacidad y confidencialidad de esta información. Esto incluyó asegurar que los datos recogidos fueran anónimos o anonimizados y que solo el personal autorizado tuviera acceso a la información identificable.
- **No Maleficencia**
Se aseguró que el sistema no generase efectos adversos en los pacientes, como fatiga o incomodidad al realizar gestos repetidos. También se monitoreó cualquier incidente relacionado con la frustración o efectos psicológicos de dependencia del dispositivo (no ocurrió ninguno).
- **Beneficencia**
Se buscó maximizar los beneficios para los participantes, especialmente en cuanto a la mejora de su autonomía y calidad de vida. Ya que cualquier hallazgo que demuestre mejoras o limitaciones significativas debe ser comunicado para mejorar la intervención y adaptarla a sus necesidades.
- **Justicia**
La selección de los participantes se realizó en base a los requerimientos que ellos tenían, Siendo Mutual de Seguridad, quien lo canalizó. Se aseguró que el sistema fuera probado en una variedad de entornos (hospitalario y domiciliario) y en distintos ambientes domiciliarios.

- Respeto por la Autonomía
Los pacientes tuvieron la libertad de aceptar o rechazar el uso del sistema sin que ello afecte su tratamiento o los cuidados recibidos. Además, si en algún momento deseaban retirarse del estudio, se debía respetar esta decisión sin consecuencias negativas (no ocurrió).
- Evaluación de Riesgos y Beneficios
Se realizaron evaluaciones continuas para garantizar que los beneficios potenciales del sistema superasen cualquier riesgo. No se identificó un riesgo significativo.

Resultados

El segundo proyecto se centró en la Implementación clínica y optimización de prototipo desarrollado en etapa 1, para ello se testeó el prototipo en 6 pacientes con hospitalización domiciliaria, todos con lesión medular alta. Adicionalmente se evaluó un participante con diagnóstico de TEC, quien no pudo ser considerado en el estudio al no cumplir con el requisito de poseer movimiento facial voluntario. También se evaluó un paciente Hospitalizado en institución.

En cuanto a las acciones que el sistema permitió ejecutar, en esta oportunidad, se agregó el control del televisor, mediante la función de encendido/apagado y cambio de canal.

Resultado de Pruebas Clínicas

En cada caso se realizó una evaluación consistente en una lista de chequeo que permitió homogeneizar las pruebas realizadas.

La lista de chequeo consideró aspectos relacionados con la configuración y operación del sistema y aspectos relacionados con el desempeño del paciente en el uso de la interfaz.

Aspectos relacionados con la configuración y operación del equipo: Instalación del equipo; Encendido del equipo; Inicio de programa (secuencia de luces del semáforo incorporado como feedback); Inicio de programa (Visualización de la imagen en el monitor del sistema); Reconocimiento de gestos (movimiento de cejas, movimiento de boca); Apagado de equipo.

Aspectos relacionados con el desempeño del paciente en el uso de la interfaz: Entrenamiento de cinco minutos; Control de luz. Lámpara (ceja-sonrisa); Alarma de llamado de asistencia (sonrisa-sonrisa-ceja); Encender/Apagar Tv (ceja-ceja-sonrisa); Cambio de canales Tv (ceja-ceja-ceja-sonrisa / sonrisa-ceja-sonrisa).

Cada participante realizó cinco pruebas para cada aspecto relacionado con su desempeño. Es decir, realizó 5 pruebas para encender y apagar la luz, 5 pruebas para activar el llamado de asistencia, 5 pruebas para encender y apagar el televisor, y 5 pruebas para cambiar de canal el televisor.

Cabe destacar que las pruebas se realizaron en el entorno domiciliario sin intervenir variables como iluminación o posición del paciente.

A continuación, en la tabla 1 se describe la lista de chequeo realizada en cada participante. Se debe considerar que las condiciones clínicas de 3 participantes implicaban dificultad para controlar gestos faciales, Sin embargo, lograron realizar la mayoría de las tareas solicitadas.

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6
Se instala equipo	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Enciende equipo	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Inicia Programa. ¿Despliegan luces del semáforo?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Inicia Programa. ¿Se visualiza imagen de cámara en pantalla?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Prueba de gestos. ¿Reconoce Sonrisa?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Prueba de gestos. ¿Reconoce Elevación de cejas?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Entrenamiento de 5 minutos	Sonrisa o boca, Cejas, Semáforo, Secuencias					
Control de luz. Lámpara (ceja-sonrisa)	5	5	3	2	4	4
Alarma de llamado de asistencia (sonrisa-sonrisa-ceja)	5	4	4	2	4	4
Encender/Apagar Tv (ceja-ceja-sonrisa)	5	5	5	2	5	5
Cambio de canales Tv (ceja-ceja-ceja-sonrisa / sonrisa-ceja-sonrisa)	5	4	4	1	4	3
Apagar equipo	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla 1. Lista de chequeo realizada en cada participante.

Recall o Sensibilidad

La Sensibilidad o Recall (equivalente a la tasa de verdaderos positivos) corresponde a la proporción de casos positivos que están bien reconocidos por el sistema, de acuerdo a lo solicitado o elegido. Específicamente, mide la frecuencia con la que un modelo de aprendizaje automático identifica correctamente instancias positivas (verdaderos positivos) de todas las muestras positivas reales en el conjunto de datos. La expresión matemática es:

$$Sensibilidad = \frac{VP}{(VP + FN)}$$

Para esta validación, si la sensibilidad obtenida es 1,0 implica que un gesto facial ejecutado por el participante con el fin de realizar una acción determinada tiene un 100% de probabilidad de ser correctamente detectado por el sistema de reconocimiento de gestos faciales basado en visión computacional desarrollado.

Para calcular la sensibilidad por participante, se consideró los verdaderos positivos (TP), falsos negativos (FN) (en este caso no hubo), y el total de posibles eventos. Se calculó la sensibilidad de cada prueba en cada uno de los participantes. La tabla 2 describe la sensibilidad para cada participante.

Sensibilidad	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6
Control de luz. Lámpara (ceja-sonrisa)	1	1	0,6	0,4	0,8	0,8
Alarma de llamado de asistencia (sonrisa-sonrisa-ceja) Encender/Apagar Tv (ceja-ceja-sonrisa)	1	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8
Cambio de canales	1	1	1	0,4	1	1
Tv (ceja-ceja-ceja-sonrisa / sonrisa-ceja-sonrisa)	1	0,8	0,8	0,2	0,8	0,4

Tabla 2. Sensibilidad para cada participante.

Precisión

Cuando se habla de precisión, se hace referencia a una medición realizada con una herramienta o implemento en particular y cuyo resultado siempre es similar cada vez que se lleva a cabo. Particularmente en esta validación se realizaron 5 test para cada acción en cada participante, además de las acciones seleccionadas por el participante. En ingeniería se evalúa la precisión como una medida de la desviación estándar observada. En este caso no hubo dispersión de datos, lo que muestra una notable precisión. Su representación matemática es:

$$Precisión = \frac{VP}{(VP + FP)}$$

De lo anterior se desprende, en función de los resultados observados en la matriz de confusión, que el sistema presenta gran precisión. Perfecta para los casos observados.

Para calcular la Precisión, se consideró los verdaderos positivos y falsos positivos (en estas pruebas no hubo). Se calculó la Precisión de cada prueba en cada uno de los participantes. La tabla 3 describe la precisión para cada participante.

Precisión	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6
Control de luz. Lámpara (ceja-sonrisa)	1	1	1	1	1	1
Alarma de llamado de asistencia	1	1	1	1	1	1

(sonrisa-sonrisa- ceja)						
Encender/Apagar Tv (ceja-ceja- sonrisa)	1	1	1	1	1	1
Cambio de canales Tv (ceja-ceja-ceja- sonrisa / sonrisa- ceja-sonrisa)	1	1	1	1	1	1

Tabla 3. Precisión para cada participante.

F1-Score

El F1-score es la media armónica entre la precisión y la sensibilidad. Su fórmula es:

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precisión \times Sensibilidad}{Precisión + Sensibilidad}$$

Se calculó el F1-Score de cada prueba en cada uno de los participantes. A continuación, se presenta la tabla 4 que describe el F1-Score (en los casos en que la celda está vacía, corresponde a que el cálculo se indefine al multiplicar por cero).

F1-Score	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6
Control de luz. Lámpara (ceja- sonrisa)	1	1	0,8	0,6	0,9	0,9
Alarma de llamado de asistencia (sonrisa-sonrisa- ceja)	1	0,9	0,9	0,6	0,9	0,9
Encender/Apagar Tv (ceja-ceja- sonrisa)	1	1	1	0,6	1	1
Cambio de canales Tv (ceja-ceja-ceja- sonrisa / sonrisa- ceja-sonrisa)	1	0,9	0,9	0,3	0,9	0,6

Tabla 4. F1-Score para cada participante.

Curva ROC-AUC

Para calcular la curva ROC y el AUC (Área Bajo la Curva) se requieren datos que incluyan tasa de verdaderos positivos (TPR) y tasa de falsos positivos (FPR). La curva ROC se genera trazando la TPR contra la FPR en diferentes umbrales.

En el caso de los datos obtenidos, no se cuenta con falsos positivos (FP) necesarios para construir la curva ROC. Dado que no hubo falsos positivos, el cálculo de la curva ROC y el AUC no es aplicable, ya que la FPR siempre sería 0 y la TPR sería 1 en cada caso.

Esto llevaría a una curva ROC que sería una línea vertical en el punto (0,1), con un AUC de 1.0 en todos los casos. Esto indica un clasificador perfecto en estos datos, ya que no existen falsos positivos.

Usabilidad y Adherencia

La evaluación del uso de la solución propuesta consideró aspectos como facilidad de uso, intuitividad y satisfacción del usuario al interactuar con el sistema. La metodología de evaluación empleada incluyó el Cuestionario de Usabilidad "System Usability Scale (SUS)". A continuación, la tabla 5 describe las impresiones de los participantes respecto al uso del sistema.

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6
Creo que me gustaría usar este sistema frecuentemente	5 (SI)	4	5 (SI)	3	5 (SI)	5 (SI)
Encontré el sistema innecesariamente complejo.	1 (NO)	2	1 (NO)	5 (NO)	1 (NO)	2
El sistema es fácil de usar.	5 (SI)	4	5 (SI)	5 (SI)	5 (SI)	5 (SI)
Creo que necesitaría ayuda de un técnico para poder usar el sistema	3	1 (NO)	3	5 (SI)	1 (NO)	1 (NO)
Encontré que las funciones del sistema estaban integradas adecuadamente.	5 (SI)					
Creo que hay mucha inconsistencia en el sistema.	1 (NO)					
La mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema rápidamente	5 (SI)					
El uso del sistema es muy confuso.	1 (NO)	1 (NO)	1 (NO)	3	1 (NO)	1 (NO)
Me sentí muy confiado con el uso del sistema.	5 (SI)	5 (SI)	5 (SI)	4	5 (SI)	5 (SI)
Necesito aprender muchas cosas antes de usar apropiadamente el sistema.	1 (NO)	1 (NO)	3	5 (SI)	1 (NO)	3

Tabla 5. Usabilidad y adherencia.

Interpretación de los Puntajes SUS

Los puntajes del *System Usability Scale (SUS)* se interpretan en una escala de 0 a 100, con ciertos rangos indicativos de la percepción de usabilidad:

- Por debajo de 50: Indica que el sistema es percibido como poco usable o inadecuado.
- 50-70: Sugiere una usabilidad aceptable, aunque puede haber problemas menores.
- 70-85: Considerado un buen puntaje de usabilidad, con algunas oportunidades de mejora.
- 85-100: Sugiere una excelente usabilidad, con pocas o ninguna mejora necesaria.

Análisis de Resultados

1. Participantes 1, 2, 3 y 5: Con puntajes de 95.0, 92.5, 90.0 y 100.0 respectivamente, estos participantes consideraron el sistema como altamente usable. Esto indica una percepción de usabilidad excelente, lo que sugiere que el sistema cumple con las expectativas de los usuarios en términos de facilidad de uso y funcionalidad.
2. Participante 4: Con un puntaje de 57.5, este participante percibió el sistema como marginalmente aceptable, con áreas de mejora. Esto podría indicar que este usuario experimentó dificultades o inconvenientes con el sistema que afectaron su experiencia de usabilidad.
3. Tendencia General: La mayoría de los usuarios encontraron el sistema muy usable, con un promedio alto de satisfacción general. Esto sugiere que, en general, el sistema es bien recibido y tiene pocas barreras de uso para la mayoría de los usuarios. Sin embargo, el puntaje del Participante 4 destaca como un área que requiere atención.

Interpretación de Resultados

- Alta Satisfacción General: La mayoría de los puntajes están en el rango superior de usabilidad, lo cual indica que el sistema ha sido percibido como intuitivo, efectivo y funcional por la mayoría de los usuarios.
- Posible Necesidad de Mejora para Grupos Específicos: Aunque el sistema ha sido bien recibido en términos generales, el puntaje del Participante 4 sugiere que algunas características del sistema podrían no ser completamente intuitivas o satisfactorias para ciertos usuarios. Sería útil investigar más en profundidad para identificar las dificultades específicas de este usuario y si otros usuarios con perfiles similares podrían tener una experiencia comparable.
- Recomendación: En el caso del participante 4 se podría realizar entrevista o una encuesta de seguimiento para comprender sus desafíos y mejorar la experiencia de usabilidad.

Se entregó la posibilidad para que cada participante o cuidador formule comentarios positivos y negativos acerca del sistema. A continuación, la tabla 6 presenta los comentarios formulados. Cabe destacar que se transcribieron de manera exacta a como fueron emitidos:

	Comentario positivo	Comentario negativo
Participante 1	Lo entré interesante y bueno el sistema, porque uno se hace más independiente porque uno no necesita estar pidiendo que a uno le apaguen l tele, uno se siente más autovalente que es lo que uno quiere.	No le veo nada negativo, lo encontré bueno.
Participante 2	Lo encuentro super útil en su propósito.	Como oportunidad de mejora, la secuencia de comandos podría ser más intuitiva, como que la alarma no sean tanta sonrisa y subir y bajar canal sean similares.
Participante 3	Está bueno, le gusta la función que cumple, porque le haría mucho más fácil las cosas, como prender la tele y personas que vienen mayor afección, con mayor razón.	No nada negativo.
Participante 4	Se puede mejorar la detección de los gestos.	No detecta bien el gesto de las cejas, pueden incluir otro movimiento facial, la

		sonrisa la detecta bien, se puede añadir el cerrar un solo ojo, por ejemplo.
Participante 5	Me gustó y que bueno que lo implementen, porque la gente queda en el olvido y es muy bueno, porque uno no quiere depender siempre de alguien.	No le encuentro nada malo.
Participante 6	Se puede aprender a utilizar sin problemas.	Que hay memorizar los comandos (pero se puede aprender).

Tabla 6. Comentarios formulados por los participantes con respecto a la usabilidad del sistema desarrollado.

Conclusiones

Efectividad del Prototipo: La implementación del prototipo de reconocimiento de gestos faciales para pacientes con discapacidad motora severa mostró mejoras significativas, permitiendo controlar luces, televisores y solicitar asistencia sin ayuda física. Esto representa un avance importante en la autonomía de los pacientes y en su interacción con el entorno.

Validación Clínica y Satisfacción: La validación en pacientes hospitalizados en domicilio evidenció alta precisión y sensibilidad del sistema. Se observó una alta satisfacción entre los usuarios, con puntajes SUS que reflejan una percepción positiva de la usabilidad. Sin embargo, algunos pacientes experimentaron ciertas dificultades con el reconocimiento de gestos específicos, lo que sugiere que se pueden realizar ajustes para mejorar su accesibilidad.

Impacto Social y en la Salud: El sistema promueve la independencia, reduciendo el aislamiento y la dependencia. Además, al facilitar la realización de tareas básicas, puede contribuir a mejorar la calidad de vida y reducir costos asociados a la asistencia constante, lo que es particularmente beneficioso en el largo plazo.

Potencial de Escalabilidad y Aplicación: La tecnología es adaptable a otros entornos y para más dispositivos, lo que sugiere que podría tener aplicaciones adicionales, como el reconocimiento de emociones o el control de otros equipos electrónicos. Esto podría ampliarse para incluir otros tipos de discapacidad, lo que incrementaría su impacto en la población.

Recomendaciones

Investigación Adicional para Grupos Específicos: Se recomienda realizar estudios de seguimiento con pacientes que experimentaron dificultades para identificar áreas de mejora específicas, optimizando el sistema para satisfacer un rango más amplio de necesidades y capacidades.

Consideración para Implementación Nacional: Debido al éxito y la alta satisfacción en esta etapa, el sistema podría ser considerado para una implementación más amplia en el contexto nacional, alineado con políticas de inclusión y apoyo a personas con discapacidad.

Caso Participante Hospitalizado en Institución.

Se evaluó a una persona hospitalizada en Hospital Mutual de Seguridad, quien presenta tetraplejía secuela de traumatismo raquímedular. Las evaluaciones realizadas consistieron en evaluar la capacidad del sistema para reconocer gestos faciales y ejecutar las siguientes funciones:

1. Encender/apagar una lámpara en su habitación.
2. Solicitar asistencia a través de una alarma.
3. Encender/apagar un televisor.
4. Cambiar de canales en el televisor.

Todas las funciones evaluadas fueron ejecutadas de manera correcta en cada uno de los 5 ensayos realizados (tabla 7).

Ensayos (5)	Control de luz. Lámpara (ceja-sonrisa)	Alarma de llamado de asistencia (sonrisa-sonrisa-ceja)	Encender/Apagar Tv (ceja-ceja-sonrisa)	Cambio de canales Tv (ceja-ceja-ceja-sonrisa / sonrisa-ceja-sonrisa)
Participante	Si	Si	Si	Si

Tabla 7. Lista de chequeo realizada en el participante.

Además, se realizó una entrevista de satisfacción al usuario, a su cuidadora, y personal de salud. A continuación, se presentan los resultados:

- Cuidadora

Desde tu perspectiva, ¿cómo ha afectado el dispositivo en la vida diaria del usuario?

R: Positivamente, porque tiene más independencia.

¿Te parece fácil o difícil el uso del dispositivo?

R: Para mi fue fácil, ya que me dieron una hoja con indicaciones.

¿El dispositivo ha cambiado la forma en que se realizan los cuidados?

R: En el horario del almuerzo, cuando yo no estoy, nos ayuda para que el usuario pueda llamar a la enfermera.

¿Has notado alguna limitación en el dispositivo que debiera ser abordado?

R: EL cambio de canal, cuando son cambios grandes.

¿Cuáles son los aspectos positivos que tú destacas de este sistema?

R: Nos ayuda al equipo y al usuario para su vida cotidiana.

¿Tienes alguna sugerencia para mejorar el uso o funcionamiento de este dispositivo?

R: No.

¿Qué aspecto del dispositivo valoras más y por qué?

R: El llamado a la enfermera, porque en el momento en que está solo puede llamarla y estar en contacto con ella.

¿Si pudieses cambiar algo del dispositivo, qué sería y por qué?

R: El atril.

Describe cualquier dificultad técnica que hayas encontrado y cómo lo resolviste

R: En algún momento se colocaban unas letras y teníamos que reiniciarlo.

¿Hay algún comentario adicional o sugerencia que te gustaría compartir?

R: No.

- Personal de Salud 1

¿Desde tu experiencia profesional, cómo evaluarías la eficacia del dispositivo en ayudar a personas en la condición del usuario?

R: Es bastante bueno, me gusta porque da mucha más independencia.

¿Consideras que el dispositivo es intuitivo y de fácil uso?

R: No. Hay patrones que tiene que aprenderlo la persona, también el personal. También la instalación, cómo comenzar a utilizarlo no es intuitivo, pero sí es rápidamente adaptable el proceso.

¿Cómo crees que el dispositivo se compara con otras herramientas o tecnologías similares que tú conozcas?

R: La verdad, no conozco mucho. Conozco el cintillo (basado en electromiografía), es más portátil, pero tiene menos funciones que este software.

¿El dispositivo ha tenido algún impacto en los procedimientos que tú practicas?

R: Si, de hecho, tenemos momentos de fragilidad y el usuario ha podido avisar cuándo se siente así, el encender las luces y dar aviso si necesita algo le da más independencia. Entonces, no es necesario que esté todo el tiempo acompañado.

¿Qué aspecto del dispositivo valoras más y por qué?

R: El que más valoro es la independencia que le da al usuario.

¿Si pudieses cambiar algo del dispositivo, qué sería y por qué?

R: Algo con menos cables, ojalá sin el atril, que se pudiese adaptar y que no tener que estar colocando y sacando todo el tiempo. Como estamos en constantes procedimientos, algo que se mantenga y que el equipo pueda utilizar en el momento en que se necesita.

Describe cualquier dificultad técnica que hayas encontrado y cómo lo resolviste

R: La luz, costó un poco. Después se pudo revertir.

¿Hay algún comentario adicional o sugerencia que te gustaría compartir?

R: Me gustó bastante el dispositivo. Creo que debería tener nombre. Se podría compartir información con el resto del equipo y que no sea tratante dependiente. Esto es importante para el fin de semana.

- Personal de Salud 2

¿Desde tu experiencia profesional, cómo evaluarías la eficacia del dispositivo en ayudar a personas en la condición del usuario?

R: Al principio costó que se adaptara. Primeramente, no lo ocupaba, privilegiaba a la cuidadora. Requiere que esté constantemente instalado. Adaptándose, ha funcionado bien y lo ha ocupado sin mayores dificultades. Sí es un poco lento el proceso. Ahora lo está usando.

¿Consideras que el dispositivo es intuitivo y de fácil uso?

R: Intuitivo no sé, es fácil en la medida que aprende de memoria los comandos.

¿En términos de diseño y funcionalidad del dispositivo qué mejoras sugieres que se haga?

R: Tal vez menos aparatoso. Es un poco difícil hacer los procedimientos.

¿Cómo crees que el dispositivo se compara con otras herramientas o tecnologías similares que tú conozcas?

R: La otra que he escuchado es el cintillo. Eso no funcionaba porque los comandos no eran específicos. Este funciona bastante bien.

¿El dispositivo ha tenido algún impacto en los procedimientos que tú practicas?

R: No sé si tan grande. Sí en las directrices que el usuario requiere, como la televisión o el timbre. Como es aparatoso, no siempre está funcionando, pero sí en que el usuario se sienta más autosuficiente. En una oportunidad el usuario llamó porque requería asistencia para aspirar secreciones.

¿Qué aspecto del dispositivo valoras más y por qué?

R: Es específico, lo que el usuario dice, se cumple.

¿Si pudieses cambiar algo del dispositivo, qué sería y por qué?

R: El aparataje, es bien grande.

Describe cualquier dificultad técnica que hayas encontrado y cómo lo resolviste

R: Conmigo no.

¿Hay algún comentario adicional o sugerencia que te gustaría compartir?

R: No.

- Personal de Salud 3

¿Desde tu experiencia profesional, cómo evaluarías la eficacia del dispositivo en ayudar a personas en la condición del usuario?

R: Es un dispositivo bastante bueno para trabajar la autonomía del paciente. Que tenga la capacidad de sentir que pueda tomar decisiones o hacer cosas que son significativas para él.

¿Consideras que el dispositivo es intuitivo y de fácil uso?

R: Sí, totalmente. Nos pasó que algunos gestos coincidían con un patrón.

¿En términos de diseño y funcionalidad del dispositivo qué mejoras sugieres que se haga?

R: Eliminaría los cables, el atril es inestable. Al moverlo hay riesgo. Que sea lo menos aparatoso posible.

¿Cómo crees que el dispositivo se compara con otras herramientas o tecnologías similares que tú conozcas?

R: Tuve la experiencia de conocer el cintillo, este dispositivo, me parece que este es menos aparatoso y no hay que colocarlo en el usuario. Además, este sistema es personalizable.

¿El dispositivo ha tenido algún impacto en los procedimientos que tú practicas?

R: Sí, totalmente. Sobre todo, el fin de semana, el usuario queda con menos supervisión. Él ha podido llamar a enfermería, ver canales de televisión sin tener el apoyo de otra persona. Si no tuviera cuidador, sería de gran impacto para el usuario.

¿Qué aspecto del dispositivo valoras más y por qué?

R: EL que demande poca función motora al usuario.

¿Si pudieses cambiar algo del dispositivo, qué sería y por qué?

R: El atril, cables y que haga más cosas. Por ejemplo, que pueda usar plataformas o videojuegos. Que le permita hacer otras actividades.

Describe cualquier dificultad técnica que hayas encontrado y cómo lo resolviste

R: Un pantallazo de advertencia, se formateo solo, así que no tuve inconveniente.

¿Hay algún comentario adicional o sugerencia que te gustaría compartir?

R: Ojalá que sea accesible, que el prototipo sea alcanzable por cualquier usuario y que pueda llegar a más personas. O que sea ayuda técnica de SENADIS.

- Usuario

¿Cómo fue la experiencia al usar este sistema de comunicación?

R: Adaptación es bueno, fácil de usar y muy útil.

¿Qué tan fácil o difícil te resultó usar?

R: Para mi, los comandos resultaron fáciles, cuando son más de tres comandos es más de adaptación, cuesta aprender más de uno. Es relativamente fácil. Algunos costaron más de un día, aún cuesta algunos.

¿Qué funciones del sistema encuentras que son más útiles y por qué?

R: La alarma de la enfermera es lo más útil, porque cuando quedo sólo es lo principal. El cambiar de canal es súper útil, es lo que más se usa.

He tenido que llamar a la enfermera en dos ocasiones. Lo necesité por temas de salud, si requería atención.

¿Cómo crees que el dispositivo ha impactado en tu independencia y en la calidad de vida?

R: Impacta mucho, de verdad es útil. Porque uno no puede hacer nada en estas condiciones, ni siquiera algo tan básico como cambiar de canal el televisor. Entonces esa posibilidad de poder hacerlo uno y no un tercero es muy útil, demasiado útil.

¿Hay alguna función que te gustaría que el dispositivo tuviera que actualmente no tiene?

R: He pensado en tener los números del control remoto. Me resulta un poco incomodo cambiar la televisión de muchos canales. Tener un comando que ayude en esto. Cansa cuando es mucho. A veces no se genera el movimiento.

He tenido que entrenar los movimientos de la cara.

¿Recomendarías este sistema a otra persona en una condición similar? ¿Por qué sí y por qué no?

R: Es recomendable, por la independencia de ocupar cosas que son simples para el común de la gente, pero que uno no puede. Poder cambiar un canal es algo que da placer o llamar a la enfermera. Me da más independencia.

¿Qué aspecto del dispositivo valoras más y por qué?

R: La cámara es destacable.

Si pudieras cambiar algo del dispositivo, ¿qué sería y por qué?

R: Quizás un poco el aspecto, que sea más compacto.

¿Tuviste alguna dificultad técnica para el uso del dispositivo cómo se resolvió?

R: A veces los gestos, costaba hacerlos. Es el cansancio o fatiga.

¿Hay algún comentario adicional o sugerencia que te gustaría compartir?

R: A parte de que es muy útil, fue una buena experiencia, fue grato ocuparlo y no tan engorroso o pesado como se pensó en un comienzo. Si es muy que sea menos aparatoso, sin cables.

Conclusiones Principales

1. Independencia y Autonomía del Usuario:

- El sistema ha permitido a los usuarios realizar acciones autónomas, como encender y apagar dispositivos, y solicitar asistencia mediante una alarma. Esta capacidad ha sido valorada especialmente en situaciones en las que el usuario se encuentra solo, mejorando su independencia y calidad de vida.
- La alarma de llamado a enfermería fue destacada como una función crítica, ya que permite al usuario comunicar necesidades de salud urgentes sin depender de la presencia constante de un cuidador.

2. Satisfacción y Facilidad de Uso:

- Los usuarios, cuidadores y personal de salud manifestaron satisfacción con el sistema, reconociendo su utilidad y facilidad de adaptación. Sin embargo, se señalaron dificultades en términos de la necesidad de memorizar comandos específicos, lo cual puede ser desafiante para algunos.
- Se observó que los participantes valoran especialmente la capacidad del dispositivo de integrarse en el entorno sin ser invasivo, aunque las limitaciones actuales en términos de cables y el atril fueron mencionadas como áreas a mejorar.

3. Desempeño Técnico y Recomendaciones de Mejora:

- A nivel técnico, se mostró una alta eficacia en el reconocimiento de gestos faciales y la ejecución de funciones esperadas. Esto sugiere que el prototipo cumple con su objetivo inicial de facilitar el control de dispositivos para personas con discapacidad motora severa.
- No obstante, tanto usuarios como personal de salud sugirieron que el dispositivo podría beneficiarse de mejoras en su diseño, particularmente en la eliminación de cables para reducir la carga física y simplificar su uso.

4. Percepción del Personal de Salud:

- El personal de salud expresó que, aunque el sistema no es completamente intuitivo, su aprendizaje es rápido, y destacaron la independencia que otorga al paciente, lo cual reduce la carga de trabajo en ciertos procedimientos.

- Una recomendación fue mejorar la portabilidad y reducir el tamaño del dispositivo para facilitar su uso en un entorno hospitalario con limitaciones de espacio y alta actividad.
-

5. Impacto en el Usuario y sus Cuidadoras:

- Los cuidadores resaltaron cómo el sistema facilita sus labores, especialmente en horarios en los que no están presentes. Las mejoras propuestas por ellos incluyen optimizar el cambio de canales en el televisor y mejorar el atril.
- El usuario directo destacó cómo el dispositivo ha impactado positivamente en su percepción de autonomía, permitiéndole realizar tareas cotidianas con menor dependencia de terceros.

REFERENCIAS

A. Dongre, A. Patkar, R. Pinto, Computer Cursor Control Using Eye and Face Gestures, UTC from IEEE Xplore. (2020).

Agenda de Salud Sostenible para las Américas 2018-2030, Organ. Mund. La Salud. Organ. Panamericana La Salud. (2017).

A. Kumar Raja, C. Sugandhi, G. Nymish, N. Sai Havish, M. Rashmi, Face Gesture Based Virtual Mouse Using Mediapipe, 2023 IEEE 8th Int. Conf. Conver. Technol. I2CT 2023. (2023) 1–6.
<https://doi.org/10.1109/I2CT57861.2023.10126453>.

A.W. Mohamed, R. Koggalage, Control of mouse movements using human facial expressions, Proc. 2007 3rd Int. Conf. Inf. Autom. Sustain. ICIAFS. (2007) 13–18.
<https://doi.org/10.1109/ICIAFS.2007.4544773>.

Badhiwala, J. H., Wilson, J. R., & Fehlings, M. G. (2019). Global burden of traumatic brain and spinal cord injury. *The Lancet Neurology*, 18(1), 24–25. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30444-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30444-7)

Barclay, L., McDonald, R., Lentin, P., & Bourke-Taylor, H. (2016). Facilitators and barriers to social and community participation following spinal cord injury. *Australian Occupational Therapy Journal*, 63(1), 19–28. <https://doi.org/10.1111/1440-1630.12241>

Batista, K.G., Reis, K.B., Campelo, R. de C.L. Lana, M.R.V. Polese, J.C. Comparação da incapacidade percebida e independência funcional em indivíduos com lesão medular atletas e não atletas, *Fisioter. e Pesqui.* 26 (2019) 433–438. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/18046626042019>.

Boyle, G. The role of autonomy in explaining mental ill-health and depression among older people in long-term care settings, *Ageing Soc.* 25 (2005) 731–748.
<https://doi.org/10.1017/S0144686X05003703>.

C. Zhang, T. Ishimatsu, J. Yu, L. Murray, L. Shi, Vision-based displacement sensor for people with serious spinal cord injury, 2015 IEEE Int. Conf. Mechatronics Autom. ICMA 2015. (2015) 772–777.
<https://doi.org/10.1109/ICMA.2015.7237583>.

C. Zhang, J. Yu, T. Ishimatsu, N. Shiraishi, L. Murray, Vision-based interface for people with serious spinal cord injury, 2015 IEEE SENSORS - Proc. (2015).
<https://doi.org/10.1109/ICSENS.2015.7370686>.

Cahoon, C.G. Depression in older adults, *Am. J. Nurs.* 112 (2012) 22–30.
<https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000422251.65212.4b>

CASEN, Encuesta CASEN 2017, Minist. Desarro. Soc. 1 (2017) 1–204.
http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen-multidimensional/casen/docs/Resultados_pobreza_Casen_2017.pdf.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), Envejecimiento, personas mayores y Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: perspectiva regional y de derechos humanos., 2018.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44369/1/S1800629_es.pdf.

Chesani, F. H., Mezadri, T., Lacerda, L. L. V. de, Mandy, A., & Nalin, F. (2018). A percepção de qualidade de vida de pessoas com deficiência motora: diferenças entre cadeirantes e deambuladores. *Fisioterapia e Pesquisa*, 25(4), 418–424. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/17018525042018>

Darwish, S., Tsirikos, A. I., & Maguire, S. (2020). Rehabilitation following spinal cord injury. *Orthopaedics and Trauma*, 34(5), 315–319. <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2020.06.009>

D.D. Leeds, D.A. Seibert, J.A. Pyles, M.J. Tarr, Comparing visual representations across human fMRI and computational vision, *J. Vis.* 13 (2013) 1–27.

M.Z. do Nascimento, A.S. Martins, T.A. Azevedo Tosta, L.A. Neves, Lymphoma images analysis using morphological and non-morphological descriptors for classification, *Comput. Methods Programs Biomed.* 163 (2018) 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.05.035>.

ENDIDE, ENDIDE, Encuesta de Discapacidad y Dependencia, Minist. Desarro. Soc. (2022).

González Echeverría, L., Price, Y., & Muñoz, L. A. (2011). Vivencia De Discapacidad Por Traumatismo De La Médula Espinal Y El Proceso De Rehabilitación. *Ciencia y Enfermería*, 17(1), 81–94. <https://doi.org/10.4067/s0717-95532011000100009>

González, S., Tello, J., Silva, P., Lüders, C., Butelmann, S., Fristch, R., Solar, F., Rigo-righi, C., & David, P. (2012). Calidad de vida en pacientes con discapacidad motora to socio-demographic factors and mental health. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría*, 50(1), 23–34.

G. Xu, Y. Wang, X. Zhang, Human computer interaction for the disabled with upper limbs amputation, *Proc. - 2nd IEEE Int. Conf. Adv. Comput. Control. ICACC 2010.* 3 (2010) 120–123. <https://doi.org/10.1109/ICACC.2010.5486755>.

James, S. L., Bannick, M. S., Montjoy-Venning, W. C., Lucchesi, L. R., Dandona, L., Dandona, R., Hawley, C., Hay, S. I., Jakovljevic, M., Khalil, I., Krohn, K. J., Mokdad, A. H., Naghavi, M., Nichols, E., Reiner, R. C., Smith, M., Feigin, V. L., Vos, T., Murray, C. J. L., ... Zaman, S. B. (2019). Global, regional, and national burden of traumatic brain injury and spinal cord injury, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Neurology*, 18(1), 56–87. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30415-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30415-0)

Kumar, R., Lim, J., Mekary, R. A., Rattani, A., Dewan, M. C., Sharif, S. Y., Osorio-Fonseca, E., & Park, K. B. (2018). Traumatic Spinal Injury: Global Epidemiology and Worldwide Volume. *World Neurosurgery*, 113, e345–e363. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.02.033>

Lamontagne, M. E., Gagnon, C., Allaire, A. S., & Noreau, L. (2013). Effect of rehabilitation length of stay on outcomes in individuals with traumatic brain injury or spinal cord injury: a systematic review protocol. *Systematic Reviews*, 2, 59. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-2-59>

Lynch, J., & Cahalan, R. (2017). The impact of spinal cord injury on the quality of life of primary family caregivers: A literature review. *Spinal Cord*, 55(11), 964–978. <https://doi.org/10.1038/sc.2017.56>

Menter, R. R., Whiteneck, G. G., Chariifue, S. W., Gerhart, K., Solnick, S. J., Brooks, C. A., & Hughes, L. (1991). Impairment, disability, handicap and medical expenses of persons aging with spinal cord injury. *Paraplegia*, 29(9), 613–619. <https://doi.org/10.1038/sc.1991.90>

Ministerio de Desarrollo Social, (2013). Política Nacional para la Inclusión Social de las Personas con Discapacidad, Serv. Nac. La Discapac. 47.

Ministerio de Desarrollo Social. (2016). II Estudio Nacional de Discapacidad. In *II Estudio Nacional de la Discapacidad en Chile*. www.senadis.cl

Ministerio de Salud - Gobierno de Chile, Estrategia nacional de salud para los objetivos sanitarios al 2030, 2022. <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2022/03/Estrategia-Nacional-de-Salud-2022-MINSAL-V8.pdf>.

MINSAL, Ley 19.966, Minist. Salud Chile. s (2012) 99.

http://www.unav.es/SI/manuales/Redes_Internet/indice.html.

MINSAL. (2019). Guía de Práctica Clínica Rehabilitación en Personas con Lesión Medular en Unidad de Paciente Crítico (UPC). *Diprece*.

Mota, D., & Ribeiro, M. B. (2016). Calidad de vida en portadores de lesión medular con úlceras por presión TT - Qualidade de vida em portadores de lesão medular com úlceras por pressão TT - Quality of life in patients with spinal cord injury and pressure ulcers. *Enferm. Glob*, 15(42), 13–21.

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412016002200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

M. DE PLANIFICACIÓN, Ley 20.422, Bibl. Del Congr. Nac. (2010) 121–127.

<https://www.leychile.cl/N?i=1010903&f=2018-04-01&p=>

M. Flores-Calero, M. Torres-Torriti, F. Retamales-Ortega, F. Rosas-Díaz, Plataforma de presencia virtual de bajo costo para personas con discapacidades motoras severas, *Rev. Iberoam. Automática e Informática Ind.* 17 (2020) 215. <https://doi.org/10.4995/riai.2019.10634>.

M. Querejeta, Discapacidad/Dependencia, Discapacidad/Dependencia Unificación Criterios Valoración y Clasif. 1 (2003). <https://sid-inico.usal.es/documentacion/discapacidad-dependencia-unificacion-de-criterios-de-valoracion-y-clasificacion/>.

Paul M. Muchinsky, *Psychol. Appl. to Work An Introd. to Ind. Organ. Psychol.* Tenth Ed. Paul. 53 (2012) 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

P. Ballard, G.C. Stockman, *Controlling a Computer*, 25 (1995).

P.P. Rebouças Filho, P.C. Cortez, A.C. da Silva Barros, V.H. Victor, R.S.J.M. Tavares, Novel and powerful 3D adaptive crisp active contour method applied in the segmentation of CT lung images, *Med. Image Anal.* 35 (2017) 503–516. <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.09.002>.

S. Sánchez-García, C. García-Peña, E. Ramírez-García, K. Moreno-Tamayo, G.R. Cantú-Quintanilla, Decreased autonomy in community-dwelling older adults, *Clin. Interv. Aging.* 14 (2019) 2041–2053. <https://doi.org/10.2147/CIA.S225479>.

Nas, K., Yazmalar, L., Şah, V., Aydin, A., & Öneş, K. (2015). Rehabilitation of spinal cord injuries. *World Journal of Orthopedics*, 6(1), 8–16. <https://doi.org/10.5312/wjo.v6.i1.8>

Ness, T, Barclay, L. Disability, Transition Costs, and the Things That Really Matter, *J. Med. Philos.* 48 (2023) 591–602. <https://doi.org/10.1093/jmp/jhad034>.

Nussbaum, S. R., Carter, M. J., Fife, C. E., DaVanzo, J., Haught, R., Nusgart, M., & Cartwright, D. (2018). An Economic Evaluation of the Impact, Cost, and Medicare Policy Implications of Chronic Nonhealing Wounds. *Value in Health*, 21(1), 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2017.07.007>

Organización Panamericana de la Salud, Guía sobre la evaluación y los esquemas de atención centrados en la persona en la atención primaria, (2020) 1–96.

Peter, C, Müller, R, Cieza, A, Geyh, S. Psychological resources in spinal cord injury: A systematic literature review, *Spinal Cord.* 50 (2012) 188–201. <https://doi.org/10.1038/sc.2011.125>.

Pinchi, E., Frati, A., Cantatore, S., D'errico, S., La Russa, R., Maiese, A., Palmieri, M., Pesce, A., Viola, R. V., Frati, P., & Fineschi, V. (2019). Acute spinal cord injury: A systematic review investigating miRNA

families involved. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(8).

<https://doi.org/10.3390/ijms20081841>

SENADIS, Estudio nacional de la discapacidad, 2023.

https://www.senadis.gob.cl/pag/693/2004/iii_estudio_nacional_de_la_discapacidad.

Statement, O. C. (2014). Putting NICE guidance into practice Costing statement : Pressure ulcers Implementing the NICE guideline on. *National Institute for Health and Care Excellence*, June, 1–9.

<https://www.nice.org.uk/guidance/cg179/resources/costing-statement-248688109>

S. Kanakaprabha, P. Arulprakash, S. Praveena, G. Preethi, T.S. Hussain, V. Vignesh, Mouse Cursor Controlled by Eye Movement for Individuals with Disabilities, Proc. 7th Int. Conf. Intell. Comput. Control Syst. ICICCS 2023. (2023) 1750–1758. <https://doi.org/10.1109/ICICCS56967.2023.10142467>.

J. Suo, W. Zhang, J. Gong, X. Yuan, D.J. Brady, Q. Dai, Computational Imaging and Artificial Intelligence: The Next Revolution of Mobile Vision, (2021) 1–23. <http://arxiv.org/abs/2109.08880>.

A. Ulhaq, J. Born, A. Khan, D.P.S. Gomes, S. Chakraborty, M. Paul, COVID-19 control by computer vision approaches: A survey, *IEEE Access*. 8 (2020) 179437–179456.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3027685>.

United Nations. Department of Economic and Social Affairs Population Division, World Population Ageing 2017, United Nations. (2017) 1–124.

http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WPA2017_Report.pdf.

WHO. (2011). International perspectives on spinal cord injury (IPSCI). *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 16, 99–100.

<http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed10&NEWS=N&AN=70724512>

World Health Organization. (2011). Summary World Report On Disability. *World Health*, 1–24.

www.who.int/about/licensing/copyright_form/en/index.html
<http://www.larchetoronto.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/01/launch-of-World-Report-on-Disability-Jan-27-121.pdf>