

UN MARCO DE DISEÑO INCLUSIVO PARA ESTUDIANTES NOVATOS EN DISEÑO DE BIOINGENIERÍA Y REHABILITACIÓN

AN INCLUSIVE DESIGN FRAMEWORK FOR NOVICE STUDENTS DOING BIOENGINEERING AND REHABILITATION DESIGN

GLORIA GÓMEZ^{1,2}, SARAH WAKES³

1 OCEANBROWSER LTD, DUNEDIN, NEW ZEALAND

2 SAVE SIGHT INSTITUTE, UNIVERSITY OF SYDNEY, SYDNEY, AUSTRALIA

3 DEPARTMENT OF MATHEMATICS & STATISTICS, UNIVERSITY OF OTAGO, DUNEDIN, NEW ZEALAND

RECIBIDO: 2 DE MARZO DE 2022 // ACEPTADO: 30 DE ABRIL DE 2022 • RECEIVED: 2 MARCH 2022 // ACCEPTED: 30 APRIL 2022

UN MARCO DE REFERENCIA SE TESTEÓ EN UN CURSO DE DISEÑO DE BIOINGENIERÍA PARA AYUDAR Y GUIAR EL DISEÑO INCLUSIVO EN TORNO AL TEMA DE LA REHABILITACIÓN. SE ANIMÓ A LOS ESTUDIANTES A ADAPTARLO Y USARLO COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL EN PUNTOS CLAVE DE SUS PROYECTOS. ALGUNOS ALUMNOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO HABÍAN VIVIDO EXPERIENCIAS CON REHABILITACIÓN Y ALGUNOS TAMBIÉN CON DISEÑO INCLUSIVO. EL MARCO AYUDA A DESARROLLAR COMPORTAMIENTOS EMPÁTICOS Y DE CUIDADO DURANTE UN PROCESO DE DISEÑO. POR EJEMPLO, LOS ESTUDIANTES ENTENDIERON QUE LAS SOLUCIONES DE DISEÑO INCLUSIVO PARA PREVENIR LESIONES DEBEN TENER EN CUENTA LAS SITUACIONES DE LA VIDA DE LAS PERSONAS (POR EJEMPLO, DISEÑAR PARA MUJERES DE MEDIANA EDAD CON OBLIGACIONES FAMILIARES QUE TAMBIÉN SON EL SOSTÉN DE LA FAMILIA) O QUE, PARA UNA PERSONA CON DISCAPACIDAD VISUAL, LAS SOLUCIONES DEBEN SER SENCILLAS, FLEXIBLES, NO ESTIGMATIZANTES Y FIABLES. EL MARCO PERMITIÓ A LOS ESTUDIANTES MANTENER LA SALUD Y EL BIENESTAR DE SUS USUARIOS COMO EJE DEL PROCESO DE DISEÑO, LO QUE MEJORÓ LOS RESULTADOS DEL DISEÑO AL FINAL DEL PROYECTO. LA RETROALIMENTACIÓN A TRAVÉS DE ENTREVISTAS Y ENCUESTAS SOBRE SU EFECTIVIDAD DEMOSTRÓ QUE UNA HERRAMIENTA DE ESTE TIPO ES NECESARIA. SIN EMBARGO, QUEDÓ CLARO QUE NO ES UNA HERRAMIENTA DE AUTOAPRENDIZAJE Y SE REQUIERE LA INTERVENCIÓN DEL DOCENTE, LA EXPLICACIÓN Y EL ESTÍMULO DEL PROPIETARIO DEL MARCO PARA QUE SE UTILICE POR COMPLETO.

PALABRAS CLAVE:

MARCO DE EVALUACIÓN, ENSEÑANZA DEL DISEÑO INCLUSIVO, CONCEPTO DE DISEÑO, DISEÑO DE BIOINGENIERÍA, REHABILITACIÓN

A FRAMEWORK WAS TRIALLED IN A BIOENGINEERING DESIGN COURSE TO ASSIST AND GUIDE INCLUSIVE DESIGN AROUND THE THEME OF REHABILITATION. STUDENTS WERE ENCOURAGED TO ADAPT AND USE IT AS A TOUCHSTONE AT KEY POINTS IN THEIR PROJECTS. SOME STUDENTS PARTICIPATING IN THE STUDY HAD LIVED EXPERIENCE WITH REHABILITATION AND SOME ALSO WITH INCLUSIVE DESIGN. THE FRAMEWORK AIDS TO DEVELOP EMPATHIC AND CARE BEHAVIOURS DURING A DESIGN PROCESS. FOR EXAMPLE, STUDENTS UNDERSTOOD THAT INCLUSIVE DESIGN SOLUTIONS FOR PREVENTING INJURY HAVE TO TAKE INTO CONSIDERATION PEOPLE'S LIFE SITUATIONS (E.G. DESIGNING FOR MIDDLE-AGE WOMEN WITH FAMILY OBLIGATIONS WHO ARE ALSO THE BREADWINNERS) OR A PERSON WITH VISION IMPAIRMENT HAVE TO BE UNCOMPLICATED, FLEXIBLE, NON-STIGMATISING, RELIABLE. THE FRAMEWORK ALLOWED THE STUDENTS TO KEEP THE HEALTH AND WELL-BEING OF THEIR USERS AT THE FOREFRONT OF THE DESIGN PROCESS, WHICH ENHANCED THE DESIGN OUTCOMES AT THE END OF THE PROJECT. FEEDBACK VIA INTERVIEWS AND SURVEYS ON ITS EFFECTIVENESS DEMONSTRATED HOW SUCH A TOOL IS NEEDED. HOWEVER, IT WAS CLEAR THAT IT IS NOT A SELF-LEARNING TOOL AND TEACHER INTERVENTION, EXPLANATION, AND ENCOURAGEMENT IS REQUIRED FROM THE OWNER OF THE FRAMEWORK TO BE FULLY UTILISED.

KEYWORDS:

EVALUATION FRAMEWORK, TEACHING INCLUSIVE DESIGN, DESIGN CONCEPT, BIOENGINEERING DESIGN, REHABILITATION

INTRODUCCIÓN

La salud y el bienestar no se limitan únicamente a las personas sin discapacidad, esto significa que las personas con todo tipo de capacidades corporales, edades, contextos y culturas deben tenerse en cuenta al diseñar productos, sistemas y servicios. Esta conciencia de las necesidades de las personas diversas aumenta la presión para que los diseñadores las tengan en cuenta en su proceso de diseño para encontrar soluciones inclusivas (BSI, 2005; Clarkson et al., 2003; Gomez & Wakes, 2020; Pullin, 2009; Tosi et al., 2020). La consecuencia de diseñar sin tener en cuenta los conceptos de inclusión puede dar lugar a productos, sistemas y servicios que a menudo excluyen a sectores importantes de la población, son socialmente estigmatizantes y no se integran bien en la vida de las personas. A su vez, estos diseños inadecuados podrían conducir a resultados de salud y bienestar subóptimos (Harris, 2008; Harris, 2010; World Health Organization, 2011). Durante al menos dos décadas, la literatura en investigación ha demostrado que los principios de diseño inclusivo están bien desarrollados y disponibles, pero aún no se enseñan ni aplican universalmente como sería ideal. Puede ser un desafío embarcarse en un proyecto de diseño inclusivo por primera vez cuando no se está familiarizado con los principios fundamentales y los grupos específicos de usuarios con diversas necesidades y habilidades (Gomez & Wakes, 2020).

Los productos socialmente inclusivos exitosos son la excepción y no la regla en el desarrollo de productos. Una de las barreras identificadas es que los diseñadores instintivamente proyectan utilidades para alguien con sus propias capacidades físicas y habilidades (Keates & Clarkson, 2003). Mientras no tengan conciencia sobre la discapacidad, no aumenta intencionadamente la consideración de la inclusión durante el proceso de diseño (Altay & Demirkan, 2014). Otra barrera es la falta de conocimiento sobre la práctica y los recursos disponibles para desarrollar un buen producto de diseño inclusivo (McAdams & Kostovich, 2011). Estas barreras se han abordado con conocimiento adecuado y desarrollo de productos en los últimos 15 años (Clarkson et al., 2007; Clarkson et al., 2003; Coleman, 2006; Helen Hamlyn Centre for Design, 2016; Keates & Clarkson, 2003; Pullin, 2009; Tosi et al., 2020). Tras la evaluación, muchos productos en el mercado que han sido diseñados para ayudar a las personas con discapacidad en su vida cotidiana suelen ser costosos, tecnológicamente desafiantes o pueden requerir cambios importantes en la rutina o la infraestructura. También pueden ser estigmatizantes, no integrarse bien con el diseño cotidiano existente y lograr poco o ningún impacto en la reducción de la exclusión social (Contreras et al., 2019; Harris, 2008; Harris, 2010; World Health Organization, 2011).

Los diseñadores novatos y experimentados deben ser exhaustivos en su investigación con grupos de usuarios para determinar cuál es el problema para el cual se requiere una solución de diseño. Cuando los grupos de usuarios tienen necesidades complejas, a menudo contradictorias, puede ser difícil abarcarlas en una sola persona o usuario ideal, y en consecuencia existe el peligro de que el diseño se vea comprometido. Los autores identificaron esta brecha en una clase de diseño industrial donde los estudiantes y el personal académico fueron introducidos en los conceptos de diseño inclusivo y diseño universal a través de profesores invitados e interacciones con comunidades de personas mayores con discapacidad visual. Para llenar el vacío descrito, se desarrolló un marco con el objetivo de: 1) mejorar la aplicabilidad

INTRODUCTION

Health and well-being are not restricted to the able bodied and people of all abilities, ages, contexts and cultures need to be considered when designing products, systems and services. This awareness of the needs of diverse people is therefore increasing pressure for designers to account for these in their design process to find inclusive solutions (BSI, 2005; Clarkson et al., 2003; Gomez & Wakes, 2020; Pullin, 2009; Tosi et al., 2020). The consequence of designing without taking inclusion concepts into consideration can lead to products, systems, and services that often exclude significant sections of the population, are socially stigmatising, and do not integrate well into people's lives. In turn, these unsuitable designs could lead to suboptimum health and well-being outcomes (Harris, 2008; Harris, 2010; World Health Organization, 2011).

For at least two decades, the research literature has shown that inclusive design principles are well developed and available but are still not being taught or applied as universally as would be ideal. It can be challenging to embark on an inclusive design project for the first time when unfamiliar with the guiding principles and specific groups of users with diverse needs and abilities (Gomez & Wakes, 2020).

Successful socially inclusive products are the exception and not the rule in product development. One barrier identified is that designers instinctively provide utilities for someone with their own physical and skill capabilities (Keates & Clarkson, 2003), if the designers awareness of impairment is not increased during the design process (Altay & Demirkan, 2014). Another barrier is the lack of knowledge regarding the practice and resources available to develop a good inclusive design product (McAdams & Kostovich, 2011). These barriers have been addressed with suitable knowledge and product development in the last 15 years (Clarkson et al., 2007; Clarkson et al., 2003; Coleman, 2006; Helen Hamlyn Centre for Design, 2016; Keates & Clarkson, 2003; Pullin, 2009; Tosi et al., 2020). Upon evaluation, many products on the market designed to aid impaired people in their everyday life are often expensive, technologically challenging or might require major changes in routine or infrastructure. They can also be stigmatizing, do not integrate well with existing everyday design, and have little or no impact in reducing social exclusion (Contreras et al., 2019; Harris, 2008; Harris, 2010; World Health Organization, 2011).

Novice and experienced designers need to be thorough in their research with user groups in order to ascertain what the problem for which a design solution is required. When user groups have complex, often contradictory needs, it can be difficult to embrace these in one persona or ideal user, and there is then a danger that the design is compromised as a result. This gap was recognised by the authors when an industrial design class (i.e. students and academic staff) were introduced to inclusive and universal design concepts through guest lectures and interactions with a community group of elderly people with vision impairment. To fill the gap just described, a framework was developed and aimed to: 1) enhance the applicability of inclusive design concepts, 2) guide students, teachers, and their user communities in the assessment of potential solutions, and 3) address three problematic situations encountered in the teaching of inclusive design. The retrospective study giving birth to the framework has been reported elsewhere (Gomez & Wakes, 2020).

The aim of this project was therefore to trial the framework as

de los conceptos de diseño inclusivo, 2) guiar a los estudiantes, académicos y sus comunidades de usuarios en la evaluación de posibles soluciones, y 3) abordar tres situaciones problemáticas encontradas en la enseñanza del diseño inclusivo. El estudio retrospectivo que dio origen al marco se ha informado en otra publicación (Gomez & Wakes, 2020).

El objetivo de este proyecto consistió en testear el marco como una herramienta de enseñanza para permitir una mayor comprensión del diseño inclusivo y los diversos usuarios. Los participantes elegidos como una cohorte apropiada para este estudio fueron estudiantes de último año de nivel terciario, realizando un proyecto de Rehabilitación en un curso de diseño para no diseñadores en Nueva Zelanda. El marco se les presentó a los estudiantes y ellos refinaron los conjuntos de criterios en el contexto de su interpretación del tema del proyecto y de sus usuarios percibidos. Se alentó a los estudiantes a utilizarlo como una estructura de referencia en puntos clave de su proyecto para así mantener su enfoque en las necesidades, deseos y valores de su grupo de usuarios. Esto fue importante ya que los temas del proyecto eran variados, desde discapacidad visual, lesión de la médula espinal, cirugía de la mano, hasta la pre habilitación a través del ejercicio con diversos usuarios, como mujeres de mediana edad que practican deportes, personas mayores que mantienen una vida independiente y víctimas de accidentes. La calidad de vida fue un objetivo general de todos los proyectos y consideró tanto aspectos de salud como de bienestar para los usuarios. La retroalimentación acerca de la eficacia de las soluciones realizada a través de entrevistas y encuestas se informa junto con ejemplos de uso de los proyectos de los estudiantes y los resultados finales del diseño. Una discusión más amplia se centra en su potencial para garantizar que el diseño inclusivo se enseñe de manera efectiva dentro de los programas de diseño o de desarrollo de productos inmersivos o no inmersivos.

EL MARCO

Se ha desarrollado un marco para evaluar cómo un producto, sistema o servicio potencial encaja dentro de un sistema integrado de la vida cotidiana que abarca la salud y el bienestar como centrales para cumplir con conceptos clave de diseño inclusivo. Se ha desarrollado un conjunto de cinco criterios a partir del conocimiento existente (principios de diseño universal e inclusivos) y una base empírica sustancial de los usuarios en un contexto de diseño particular para resolver un problema. La novedad de nuestro trabajo radica en organizar dicho conocimiento existente en un marco que aborde las situaciones problemáticas de enseñanza identificadas en el estudio retrospectivo (Gomez & Wakes, 2020). Inicialmente, estaba dirigido a estudiantes terciarios, ya que se consideró que estos diseñadores novatos serían el grupo que tendría más dificultades para integrar conceptos de diseño inclusivo en sus soluciones de diseño, además de que es poco probable que tengan acceso o la capacidad de conectarse de manera efectiva con un conjunto diverso de usuarios. Los objetivos para el desarrollo del marco fueron:

1. Ayudar al análisis de la investigación acerca de la experiencia del usuario para mejorar la empatía de los estudiantes cuando hay poco o ningún contacto con los usuarios, debido a restricciones de enseñanza, tiempo y disponibilidad.

TABLA 1 • CRITERIO 1

CALIDAD DE VIDA	VALORES IDEALES
RECUPERAR LA INDEPENDENCIA SOCIAL	
RECUPERAR EL ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES SOCIALES	
RECUPERAR LA CAPACIDAD FUNCIONAL, COMO LA MOVILIDAD REDUCIDA.	
PREVIENE IMPLICANCIAS PSICOLÓGICAS COMO LA DEPRESIÓN.	

CRITERIO 1 se refiere a la discapacidad particular y cómo afecta la calidad de vida identificada por la comunidad de usuarios. Algunos elementos/celdas se dejan en blanco a propósito y los desarrolla el estudiante con datos extraídos de su investigación primaria y/o secundaria. Se alienta a los estudiantes a modificar los elementos según lo requiera su proceso de diseño.

TABLA 2 • CRITERIO 2

NECESIDADES DE DISEÑO IDENTIFICADAS	VALORES IDEALES
	SI O NA
	SI O NA
	SI O NA
	SI O NA
	SI O NA
	SI O NA
	SI O NA

CRITERIO 2 trata sobre el problema de diseño identificado por la comunidad de usuarios. Todos los ítems se dejan en blanco a propósito y son desarrollados por el estudiante con datos extraídos de su investigación primaria y/o secundaria. Se alienta a los estudiantes a modificar los elementos según lo requiera su proceso de diseño.

TABLA 3 • CRITERIO 3

BENEFICIOS DE LAS ADAPTACIONES MENORES Y MAYORES	VALORES IDEALES
SE CONSULTÓ CUIDADOSAMENTE A LOS USUARIOS	SI
TODAS LAS NECESIDADES DE LA FAMILIA FUERON CUIDADOSAMENTE CONSIDERADAS	SI O NA
SE HA RESPETADO LA INTEGRIDAD DEL HOGAR	SI O NA
MANTIENE A LAS PERSONAS FUERA DE LOS HOSPITALES.	SI O NA
REDUCE LA TENSIÓN EN LOS CUIDADORES	SI
PROMUEVE LA INCLUSIÓN SOCIAL	SI
USO ALTAMENTE EFICAZ DE LOS RECURSOS PÚBLICOS	SI O NA
JUSTIFICA LA INVERSIÓN EN RECURSOS DE SALUD Y REHABILITACIÓN (POR EJEMPLO, DESARROLLO DE PRODUCTOS)	SI

CRITERIO 3 considera los beneficios de las adaptaciones menores y mayores. Se alienta a los estudiantes a modificar los elementos según lo requiera su proceso de diseño.



2. Capturar explícitamente la información del usuario para ayudar a los estudiantes a recordar las necesidades, los valores y deseos más destacados de los usuarios durante el proceso de diseño y, por lo tanto, permitir el desarrollo de conceptos desde una perspectiva de sistemas integrados.
3. Permitir que se acuerde un conjunto holístico de criterios que actúe como una guía para estudiantes, educadores, diseñadores y usuarios en la evaluación y crítica de las características del diseño inclusivo que evite el conflicto y la disparidad de puntos de vista sobre la efectividad del concepto de diseño final.

El marco tiene cinco criterios extraídos de las fuentes teóricas y los datos empíricos recopilados por los estudiantes durante las actividades de participación del usuario. Estos incluyen conceptos de diseño inclusivo y la experiencia de discapacidad; estudios de antecedentes e informes anecdóticos de experiencias de usuarios relevantes; diseñar para la inclusión social con definiciones sobre diseño universal e inclusivo (Harris, 2008; Keates & Clarkson, 2003; McAdams & Kostovich, 2011; UDI, 2014); conceptos clave sobre inclusión social y conceptos relevantes de informes como el Mapeo Global de la Visión (Chiang, 2009; World Health Organization, 2011), y un estudio de discapacidad del Reino Unido sobre el uso, el papel y la aplicación de tecnología avanzada (Harris, 2008). El conjunto de criterios forma un todo complejo que permite el desarrollo de requisitos y la evaluación efectiva de los resultados del diseño de productos socialmente inclusivos (Gomez & Wakes, 2020). La plantilla del marco se ve en las figuras 1a y 1b. El desarrollo de los criterios 1 y 2 proviene del conocimiento de las comunidades de usuarios a través de métodos de investigación primarios o secundarios (p. ej., recopilación de datos mediante métodos etnográficos, revisión de la literatura, etc.). Los criterios 3 a 5 cubren la teoría y la práctica del diseño inclusivo y universal y no son específicos de una deficiencia en particular.

- **Criterio 1** se refiere a la discapacidad particular y las formas en que afecta la calidad de vida, identificadas por la comunidad de usuarios.
- **Criterio 2** se trata del problema de diseño identificado por la comunidad de usuarios.
- **Criterio 3** son los beneficios de las adaptaciones menores y mayores. Estos se basan en un informe sobre la eficacia y el valor de las adaptaciones de viviendas (Heywood, 2001) y se describen brevemente en (World Health Organization, 2011).
- **Criterio 4** se trata de evitar el desarrollo de tecnologías excluyentes. Estos se basan en los hallazgos clave de Harris sobre las experiencias de las personas discapacitadas con la tecnología avanzada (Harris, 2008) y los principios de diseño universal (Adelson, 2004).
- **Criterio 5** son los conceptos teóricos clave extraídos del Enfoque de Diseño Inclusivo (Clarkson et al., 2007; Clarkson et al., 2003) con aplicación al contexto del diseño. Estos deben revisarse para cada proyecto de diseño y adaptarse a una situación particular (por ejemplo, deterioro, rehabilitación, prevención, etc.).

TABLA 4 • CRITERIO 4	
EVITAR TECNOLOGÍAS EXCLUYENTES	VALORES IDEALES
DISEÑO SIN COMPLICACIONES	SI
SIMPLE E INTUITIVO DE USAR	SI
EL ENTRENAMIENTO REQUERIDO ES SIN ESFUERZO	SI
USO EQUITATIVO PARA PERSONAS CON CAPACIDADES DIVERSAS	SI
FLEXIBILIDAD EN EL USO	SI
INFORMACIÓN PERCEPTIBLE	SI
TOLERANCIA AL ERROR	SI
BAJO ESFUERZO FÍSICO	SI
COMPLEJIDAD DE LA TECNOLOGÍA: TAMAÑO DEL BOTÓN EN LA PANTALLA Y/O DISPOSITIVOS MÁS PEQUEÑOS DE MODA	SI O NA

CRITERIO 4 trata de evitar el desarrollo de tecnologías excluyentes. Se alienta a los estudiantes a modificar los elementos según lo requiera su proceso de diseño.

TABLA 5 • CRITERIO 5 KEY CONCEPTS FROM THE INCLUSIVE DESIGN APPROACH	
SUB-CRITERIO 5A: CONTRARRESTAR LA EXCLUSIÓN DEL DISEÑO	VALORES IDEALES
	SI O NA
	SI O NA
	SI O NA
	SI O NA

SUB-CRITERIA 5B: TIPO DE DISEÑOS INCLUSIVOS	
ASISTIDO POR CUIDADOR	SI O NA
DISEÑO DE PROPÓSITO ESPECIAL	SI O NA
DISEÑO PERSONALIZABLE/MODULAR	SI O NA

SUB-CRITERIO 5C: ATRIBUTOS DE ACEPTABILIDAD SOCIAL DEL USUARIO	
SE VE BIEN	SI O NA
EL USUARIO PUEDE CONFIAR EN EL PRODUCTO	SI
¿PUEDE EL PRODUCTO ESTIGMATIZAR AL USUARIO DE ALGUNA MANERA?	NO
EL USUARIO QUIERE ESTE PRODUCTO	SI
EL PRODUCTO ES GENIAL (DE MODA)	SI O NA

SUB-CRITERIA 5D: ATRIBUTOS PRÁCTICOS DE ACEPTABILIDAD DEL USUARIO	
SE APLICA LA CULTURA DE COSTO ACCESIBLE / "COMPRAR A MENUDO Y BARATO"	SI
COMPATIBILIDAD	SI
FIABILIDAD	SI
UTILIDAD: USABILIDAD, EFICACIA, ACCESIBILIDAD	SI

CRITERIO 5 considera los conceptos teóricos clave extraídos del Enfoque de Diseño Inclusivo aplicado al contexto del diseño. Estos deben revisarse para cada proyecto de diseño y adaptarse a una situación particular (por ejemplo, deterioro, rehabilitación, prevención, etc.). El subcriterio 5a se deja en blanco a propósito y lo desarrolla el alumno con datos extraídos de su investigación. Se alienta a los estudiantes a modificar los elementos según lo requiera su proceso de diseño.

FIG. 1B Marco de Diseño Inclusivo, Criterios 4 y 5

a teaching tool to allow a greater insight into inclusive design and diverse users. Senior tertiary level students taking a design for non-designers paper in New Zealand with a project focused on Rehabilitation were chosen as an appropriate cohort for this study. Students were introduced to the framework and refined the criteria sets in the context of their interpretation of the project theme and their perceived users. The students were encouraged to use it as a touchstone at key points in their project to maintain their focus on their user group's needs, wants, and values. This was important as the project themes were varied, ranging from vision impairment, spinal cord injury, hand surgery to exercise prehabilitation with diverse users such as middle-aged women taking up sport, older people maintaining independent living to accident victims. An overarching objective for all the project outcomes was quality of life which was condensed to aspects of health and well-being for the users. Feedback via interviews and surveys on its effectiveness are reported along with examples of use in the student projects and final design outcomes. A wider discussion focuses on its potential to guarantee that inclusive design is effectively taught within immersive or non-immersive design or product development programmes.

THE FRAMEWORK

A framework has been developed to evaluate how a potential product, system or service fits within an integrated system of everyday living that encompasses health and well-being at its core by meeting key inclusive design concepts. A set of five criteria have been developed drawn from existing knowledge (universal and inclusive design principles) and a foundation of substantial empirical base from users in a particular design context to solve a problem. The novelty in our work lies in organising such existing knowledge into a framework that addresses the problematic teaching situations identified in the retrospective study (Gomez & Wakes, 2020). Initially, it was aimed at tertiary students as it was felt that these novice designers would be the group that would struggle the most with integrating inclusive design concepts into their design solutions, as well as unlikely to have access or the ability to connect effectively with a diverse set of users. The framework aimed to:

1. Assist the analysis of user experience research to enhance student empathy when there is little or no contact with the users, due to teaching, time and availability restrictions.
2. Capture explicitly user information to help students remembering salient user needs, values and wants during the design process, and therefore enable the development of concepts from an integrated systems perspective.
3. Enable a holistic set of criteria to be agreed that acts as a guide for students, educators, designers and users in the assessment and critique of inclusive design features that prevents conflict and disparity of views on the effectiveness of the final design concept.

The framework has five criteria drawn from the theoretical sources and empirical data gathered by students during user engagement activities. These include inclusive design concepts and the experience of impairment; background studies and anecdotal reports of relevant users' experiences; designing for social inclusion with definitions on universal and inclusive design (Harris, 2008; Keates & Clarkson, 2003; McAdams & Kostovich, 2011; UDI,

TABLE 1 • CRITERIA 1	
QUALITY OF LIFE	IDEAL VALUES
REGAIN SOCIAL INDEPENDENCE	
REGAIN ESTABLISHING SOCIAL RELATIONSHIPS	
REGAIN FUNCTIONAL ABILITY SUCH AS REDUCED MOBILITY	
PREVENTS PSYCHOLOGICAL IMPLICATIONS SUCH AS DEPRESSION	
<p>CRITERIA 1 is about the particular impairment and how it affects quality of life as identified by the user community. Some items/cells are purposely left blank and developed by the student with data drawn from their primary and/or secondary research. Students are encouraged to modify items as required by their design process.</p>	

TABLE 2 • CRITERIA 2	
DESIGN NEEDS IDENTIFIED	IDEAL VALUES
	YES OR NA
	YES OR NA
	YES OR NA
	YES OR NA
	YES OR NA
	YES OR NA
	YES OR NA
<p>CRITERIA 2 is about the design problem as identified by the user community. All items are purposely left blank and developed by the student with data drawn from their primary and/or secondary research. Students are encouraged to modify items as required by their design process.</p>	

TABLE 3 • CRITERIA 3	
BENEFITS OF MINOR AND MAJOR ADAPTATIONS	IDEAL VALUES
USERS WERE CAREFULLY CONSULTED	YES
THE WHOLE FAMILY NEEDS WERE CAREFULLY CONSIDERED	YES OR NA
THE INTEGRITY OF THE HOME HAS BEEN RESPECTED	YES OR NA
KEEPS PEOPLE OUT OF HOSPITALS	YES OR NA
REDUCES STRAIN ON CARERS	YES
PROMOTES SOCIAL INCLUSION	YES
A HIGHLY EFFECTIVE USE OF PUBLIC RESOURCES	YES OR NA
JUSTIFIES INVESTMENT IN HEALTH AND REHABILITATION RESOURCES (E.G. PRODUCT DEVELOPMENT)	YES
<p>CRITERIA 3 is the benefits of minor and major adaptations. Students are encouraged to modify items as required by their design process.</p>	

FIG. 1A Inclusive Design Framework, Criteria 1, 2 and 3

2014); key concepts on social inclusion, and relevant concepts from reports such as the Global Mapping of Vision (Chiang, 2009; World Health Organization, 2011), and a UK disability study on the use, role, and application of advanced technology (Harris, 2008). The set of criteria form a complex whole that enables the development of requirements and effective evaluation of design outcomes of socially inclusive products (Gomez & Wakes, 2020). The framework template is seen in Figures 1a and 1b. The development of criteria 1 and 2 come from learning about user communities via primary or secondary research methods (e.g. gathering data using ethnographic methods, literature reviews, etc.). Criteria 3 to 5 cover the theory and practice of inclusive and universal design and are non-specific to a particular impairment.

- **Criteria 1** is about the particular impairment and how it affects quality of life as identified by the user community.
- **Criteria 2** is about the design problem as identified by the user community.
- **Criteria 3** is the benefits of minor and major adaptations. These are informed by a report on the effectiveness and value of housing adaptations (Heywood, 2001) and briefly described in (World Health Organization, 2011).
- **Criteria 4** is about avoiding the development of excluding technologies. These are informed by Harris’s key findings on disabled people’s experiences of advanced technology (Harris, 2008) and universal design principles (Adelson, 2004).
- **Criteria 5** is the key theoretical concepts drawn from the Inclusive Design Approach (Clarkson et al., 2007; Clarkson et al., 2003) with application to the design context. These need to be reviewed for every design project and adapted for a particular situation (e.g. impairment, rehabilitation, prevention, etc.).

METHODOLOGY: A CASE STUDY APPROACH

A case study was carried out for evaluating how bioengineering design students applied an inclusive design framework and informed their design process and solutions. This qualitative research method was chosen for four reasons inspired by other case studies taking place in the classroom (Edwards, 2001; Siraj-Blatchford & Siraj-Blatchford, 2001). First, it can help understanding issues around the teaching of inclusive design alongside other design methods. Second, most ethnographic research is performed in the form of case studies. Third, it allows for learning about people’s behaviours (e.g. students) in everyday contexts and focusing in a single setting (e.g. classroom). Finally, data collected can come from a range of sources, be unstructured, and analysis can be interpretative. The recruitment and data collection occurred between March and October 2019.

TEACHING CONTEXT

A tertiary postgraduate level bioengineering full year (26 weeks) design paper was taken by nine science students, seven of which took part in the study. The aim of the paper was that students would be able to understand how design and engineering can enhance and help medical/bio applications at a product, system, process or communication level through issues such as self-assembly, biomimetics, and physical phenomena such as materials, properties, regulations and quality of life. No student came into the paper with the same academic or design background,

TABLE 4 * CRITERIA 4	
AVOIDING EXCLUDING TECHNOLOGIES	IDEAL VALUES
UNCOMPLICATED DESIGN	YES
SIMPLE AND INTUITIVE TO USE	YES
REQUIRED TRAINING IS EFFORTLESS	YES
EQUITABLE USE FOR PEOPLE WITH DIVERSE ABILITIES	YES
FLEXIBILITY IN USE	YES
PERCEPTIBLE INFORMATION	YES
TOLERANCE FOR ERROR	YES
LOW PHYSICAL EFFORT	YES
TECHNOLOGY COMPLEXITY: BUTTON SIZE ON THE SCREEN AND/OR FASHIONABLE SMALLER DEVICES	YES OR NA

CRITERIA 4 is about avoiding the development of excluding technologies. Students are encouraged to modify items as required by their design process.

TABLE 5 * CRITERIA 5	
KEY CONCEPTS FROM THE INCLUSIVE DESIGN APPROACH	
SUB-CRITERIA 5A: COUNTERING DESIGN EXCLUSION	IDEAL VALUES
	YES OR NA
	YES OR NA
	YES OR NA
	YES OR NA
SUB-CRITERIA 5B: TYPE OF INCLUSIVE DESIGNS	
ASSISTED BY CARER	YES OR NA
SPECIAL PURPOSE DESIGN	YES OR NA
CUSTOMISABLE/MODULAR DESIGN	YES OR NA
SUB-CRITERIA 5C: USER PRACTICAL ACCEPTABILITY ATTRIBUTES	
LOOKS NICE	YES OR NA
USER CAN TRUST THE PRODUCT	YES
CAN THE PRODUCT STIGMATISE A USER IN ANY WAY?	NO
USER WANT THIS PRODUCT	YES
THE PRODUCT IS COOL (FASHIONABLE)	YES OR NA
SUB-CRITERIA 5D: USER PRACTICAL ACCEPTABILITY ATTRIBUTES	
ACCESSIBLE COST / "BUY OFTEN AND CHEAPLY"	YES
CULTURE APPLIES	
COMPATIBILITY	YES
RELIABILITY	YES
USEFULNESS: USABILITY, UTILITY, ACCESSIBILITY	YES

CRITERIA 5 is the key theoretical concepts drawn from the Inclusive Design Approach with application to the design context. These need to be reviewed for every design project and adapted for a particular situation (e.g. impairment, rehabilitation, prevention, etc.). Sub-criteria 5a is purposely left blank and developed by the student with data drawn from their research. Students are encouraged to modify items as required by their design process.

FIG. 1A Inclusive Design Framework, Criteria 4 and 5

METODOLOGÍA: UN ENFOQUE DE ESTUDIO DE CASO

Se llevó a cabo un estudio de caso para evaluar cómo los estudiantes de diseño de bioingeniería aplicaron un marco de diseño inclusivo e informaron su proceso de diseño y soluciones. Este método de investigación cualitativa fue elegido por cuatro razones inspiradas en otros estudios de casos que se llevan a cabo en el aula (Edwards, 2001; Siraj-Blatchford & Siraj-Blatchford, 2001). Primero, puede ayudar a comprender los problemas relacionados con la enseñanza del diseño inclusivo junto con otros métodos de diseño. En segundo lugar, la mayor parte de la investigación etnográfica se realiza en forma de estudios de casos. En tercer lugar, permite aprender sobre los comportamientos de las personas (por ejemplo, los estudiantes) en contextos cotidianos y centrarse en un solo entorno (por ejemplo, el aula). Finalmente, los datos recopilados pueden provenir de una variedad de fuentes, no ser estructurados y el análisis puede ser interpretativo. El reclutamiento y la recolección de datos ocurrió entre marzo y octubre de 2019.

CONTEXTO DE ENSEÑANZA

Nueve estudiantes de ciencias tomaron un curso de diseño de bioingeniería de nivel de posgrado terciario de un año de duración (26 semanas), siete de los cuales participaron en el estudio. El objetivo del curso fue que los estudiantes pudieran comprender cómo el diseño y la ingeniería pueden mejorar y ayudar a las aplicaciones médicas/biológicas a nivel de producto, sistema, proceso o comunicación a través de cuestiones como el auto ensamblaje, la biomimética y fenómenos físicos como materiales, propiedades, normativas y calidad de vida. Ningún estudiante entró en el curso con la misma formación académica o de diseño, pero todos tenían interés en el diseño en el contexto de la bioingeniería y/o la salud en general y, como estudiantes de posgrado, se podía suponer que tenían algún nivel de capacidad de investigación. Como es habitual, un trabajo de posgrado se basa en gran medida en el autoaprendizaje, por lo que el tiempo de clase para la teoría es más limitado. Era importante actualizar a los estudiantes con el conocimiento y la práctica del proceso de diseño en bioingeniería (Colvin, 2009; Money et al., 2011) e introducirlos al pensamiento de diseño y la noción de problemas intrincados (Buchanan, 1992; Rittel y Webber, 1973). Hubo talleres semanales que permitieron una aplicación más profunda de la teoría en la práctica, incluidos métodos apropiados de diseño centrado en el ser humano. La mayoría de los estudiantes no tenían conocimientos de diseño inclusivo.

Una parte importante del curso fue un proyecto individual basado en la rehabilitación. A los estudiantes se les dio un resumen general y se les pidió que hicieran una investigación profunda para encontrar un problema intrincado en su área de especialización que luego pudieran trabajar hacia un concepto novedoso para idear soluciones de diseño. El desafío con este resumen de proyecto muy general y las diferentes aplicaciones del mismo fue que no había un grupo de usuarios (edad, discapacidad, lesión) del que los estudiantes pudieran sacar provecho y no había oportunidad para que los estudiantes interactuaran con usuarios fuera de su círculo personal. Esto lo convirtió en un proyecto ideal para la aplicación del marco, ya que todos los estudiantes tenían que usar fuentes de investigación secundarias para comprender a sus usuarios. Por lo tanto, la empatía hacia su usuario podía ser potencialmente difícil, y el marco podía proporcionar una forma de capturar esa información.

but all had an interest in design in the context of bioengineering and/or health in general and as postgraduate students could be assumed to have some level of research ability. As is usual, a postgraduate paper relies heavily on self-learning so class time for theory is more limited. It was important to bring the students up to speed with knowledge and practice of the design process in bioengineering (Colvin, 2009; Money et al., 2011) and an introduction to design thinking and the notion of wicked problems (Buchanan, 1992; Rittel & Webber, 1973). There were weekly workshops that allowed more in-depth application of the theory into practice including appropriate human-centred design methods. The majority of students had no knowledge of inclusive design.

A major part of the paper was an individual project based on rehabilitation. Students were given a general brief and were required to do deep research to find a wicked problem in their area of subject expertise that they could then work towards a novel concept(s) for a design solution(s). The challenge with this very general project brief and the different applications of it was that there was no one user group (age, impairment, injury) that the students could draw from and there was no opportunity for the students to engage with users outside of their personal circle as well as no ethical approval in place to make this possible. This made it an ideal project for the application of the framework as all students had to use secondary research sources to understand their users, so potentially empathy towards their user may be difficult, so the framework provided a way to capture that information.

TEACHING METHOD

The project brief was open in the field of biomedical devices for use in rehabilitation. Rehabilitation was defined as enhancing and restoring functional ability to those with physical impairments or disabilities (temporary or permanent). Design outcomes were not restricted (product, service or systems based) and needed to meet a real need using HCD-SD-FI-UD (Human Centred Design-Sustainable Design-Frugal Innovation-Universal Design) strategies. The HCD-SD-FI-UD strategies were discussed and highlighted in a seminar (Govindarajan & Trimble, 2012; Heylighen & Bianchin, 2013; Kolko, 2010; Lovell, (2008); Pourdehnad et al., 2011; Schiederig et al., 2012). Designs also needed to have functionality, usability, desirability, and viability, which are the measures of success of an inclusive design product, service or system (Clarkson et al., 2007).

The framework was originally developed out of and for this kind of teaching context (Gomez & Wakes, 2020). Therefore, it was an obvious tool to trial for this project and introduced through a seminar on inclusive design by the first author. The workshop that followed then focussed on explaining it in more detail and as a supporting tool subsequently. Documentation was provided to the students on an example use, on the development, and conceptual background. Students were required to include criteria 1 and 2 (Figure 1a), customised to their users and problem context, for the first assignment (a presentation on their project background and design problem). The full framework with customised criteria (Figures 1a and 1b) and assessment of their design concepts were required as part of the final assignment.

TABLA 1.
RESULTADOS DE LA ENCUESTA EN QUE SE PREGUNTÓ "¿QUÉ TAN ÚTIL FUE EL MARCO PARA..." CON UN ENFOQUE EN LA INVESTIGACIÓN Y LAS ETAPAS INICIALES DEL PROCESO DE DISEÑO.

TODAS ENTRE LOS 7 PARTICIPANTES	PARA NADA ÚTIL	NO REALMENTE ÚTIL	NEUTRAL	LIGERAMENTE ÚTIL	MUY ÚTIL
A. GENERACIÓN DE IDEAS	1	1	2		3
B. COMPRENDER AL USUARIO		1		4	2
C. ENTENDER LAS NECESIDADES DEL USUARIO				4	3
D. ENTENDER LOS VALORES DEL USUARIO	1			4	2
E. ENTENDER EL PROBLEMA DE DISEÑO		2	1	2	2
F. EVALUAR Y CRITICAR TUS CONCEPTOS	1	1		2	3
G. ANALIZAR LA INVESTIGACIÓN PARA DESARROLLAR REQUERIMIENTO DE DISEÑO.	1	1	2	1	2

TABLA 2.
RESULTADOS DE LA ENCUESTA EN QUE SE PREGUNTÓ "¿QUÉ TAN ÚTIL FUE EL MARCO PARA..." CON UN ENFOQUE EN EL PROCESO DE DISEÑO EN GENERAL.

TODAS ENTRE LOS 7 PARTICIPANTES, (EXCEPTO POR A (ENTRE 5))	MUY DIFÍCIL	LIGERAMENTE DIFÍCIL	NEUTRAL	LIGERAMENTE FÁCIL	MUY FÁCIL
A. DESARROLLO	1		2	2	3
B. GUÍA PARA LA CRÍTICA	1		1	4	1
C. INCORPORAR LA INCLUSIÓN EN SU CONCEPTO DE DISEÑO			3	3	1
D. COMPRENDER EL SISTEMA DEL QUE FORMA PARTE SU CONCEPTO	1		1	4	1

TABLA 3.

PREGUNTAS FORMULADAS DURANTE LA ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA DE 10 MINUTOS

Q1: ¿DE QUÉ TRATA TU PROYECTO?

Q2: ¿CUÁL ES TU GRADO DE FAMILIARIDAD CON LA REHABILITACIÓN?

Q3: ¿CUÁL ES TU GRADO DE FAMILIARIDAD CON EL DISEÑO INCLUSIVO?

Q4: ¿CÓMO AYUDÓ EL MARCO A GUIARTE A TRAVÉS DEL PROCESO DE DISEÑO?

Q5: ¿QUÉ TAN ÚTIL FUE TENER EL MARCO AL USARLO EN LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN O CALIFICACIÓN?

Q6: ¿ALGÚN OTRO COMENTARIO O SUGERENCIA?

TABLE 1.
SURVEY RESULTS ASKING "HOW USEFUL WAS THE FRAMEWORK FOR ..." WITH A FOCUS ON RESEARCH AND INITIAL STAGES OF THE DESIGN PROCESS.

ALL OUT OF 7	NOT AT ALL USEFUL	NOT REALLY USEFUL	NEUTRAL	SLIGHTLY USEFUL	VERY USEFUL
A. IDEA GENERATION	1	1	2		3
B. UNDERSTANDING THE USER		1		4	2
C. UNDERSTANDING THE USER NEEDS				4	3
D. UNDERSTANDING THE USER VALUES	1			4	2
E. UNDERSTANDING THE DESIGN PROBLEM		2	1	2	2
F. EVALUATING AND CRITIQUING YOUR CONCEPTS	1	1		2	3
G. ANALYSING RESEARCH TO DEVELOP DESIGN REQUIREMENTS	1	1	2	1	2

TABLE 2.
SURVEY RESULTS ASKING "HOW USEFUL WAS THE FRAMEWORK FOR ..." WITH A FOCUS ON THE WIDER DESIGN PROCESS.

OUT OF 7 (EXCEPT FOR A (OUT OF 5)	VERY HARD	SLIGHTLY HARD	NEUTRAL	SLIGHTLY EASY	VERY EASY
A. DEVELOP	1		2	2	3
B. GUIDE CRITIQUES	1		1	4	1
C. INCLUDE INCLUSIVITY IN YOUR DESIGN CONCEPT			3	3	1
D. UNDERSTAND THE SYSTEM YOUR CONCEPT IS PART OF	1		1	4	1

TABLE 3.

QUESTIONS ASKED DURING THE 10-MINUTE SEMI-STRUCTURED INTERVIEW

Q1: WHAT'S YOUR PROJECT ABOUT?
Q2: WHAT'S YOUR FAMILIARITY WITH REHABILITATION?
Q3: WHAT'S YOUR FAMILIARITY WITH INCLUSIVE DESIGN?
Q4: HOW DID THE FRAMEWORK HELP GUIDE YOU THROUGH THE DESIGN PROCESS?
Q5: HOW USEFUL WAS IT, TO HAVE THE FRAMEWORK USED IN THE ASSESSMENT OR MARKING CRITERIA?
Q6: ANY OTHER COMMENTS OR SUGGESTIONS?

MÉTODO DE ENSEÑANZA

El resumen del proyecto estaba abierto al campo de los dispositivos biomédicos para su uso en rehabilitación. La rehabilitación se definió como mejorar y restaurar la capacidad funcional de las personas con impedimentos físicos o discapacidades (temporales o permanentes). Los resultados del diseño no estaban restringidos (basados en productos, servicios o sistemas) y debían satisfacer una necesidad real utilizando estrategias HCD-SD-FI-UD (diseño centrado en el ser humano-diseño sostenible-innovación frugal-diseño universal). Las estrategias HCD-SD-FI-UD se discutieron y destacaron en un seminario (Govindarajan & Trimble, 2012; Heylighen & Bianchin, 2013; Kolko, 2010; Lovell, 2008; Pourdehnad et al., 2011; Schiederig et al., 2012). Los diseños también debían tener funcionalidad, usabilidad, atractivo y viabilidad, que son las medidas del éxito de un producto, servicio o sistema de diseño inclusivo (Clarkson et al., 2007).

El marco se desarrolló originalmente a partir de y para este tipo de contexto de enseñanza (Gomez & Wakes, 2020). Por lo tanto, era una herramienta adecuada para testear en este proyecto y se introdujo a través de un seminario sobre diseño inclusivo por parte del primer autor. El taller que siguió se centró entonces en explicarlo con más detalle y como herramienta de apoyo posterior. Se proporcionó documentación a los estudiantes sobre un ejemplo de uso, sobre el desarrollo y los antecedentes conceptuales. Los estudiantes debían incluir los criterios 1 y 2 (figura 1a), personalizados para sus usuarios y el contexto del problema, para la primera tarea (una presentación sobre los antecedentes de su proyecto y el problema de diseño). El marco completo con criterios personalizados (figuras 1a y 1b) y la evaluación de sus conceptos de diseño se requerían como parte de la tarea final.

MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos fueron recopilados a través del diario del proceso por el segundo autor; un cuestionario en forma de encuesta de 15 minutos (tablas 1 y 2) al final del curso sobre la facilidad y usabilidad del marco en diferentes etapas del proceso de diseño; entrevistas de 10 minutos (tabla 3) del primer autor que exploró temas como la familiaridad de los estudiantes con la rehabilitación, el diseño inclusivo, la contribución del marco para guiar a los estudiantes a través del proceso de diseño y su utilidad durante la evaluación y los criterios de calificación.

ENFOQUE DEL ANÁLISIS

El análisis implicó una selección de fragmentos de datos para evaluar si el marco cumplía con sus tres objetivos. Las seis preguntas de la entrevista (tabla 3) también ayudaron en el proceso de selección de fragmentos de datos de las transcripciones de la entrevista, las tareas 1 y 3 de los estudiantes con conjuntos de criterios completos (figuras 2 a 5) y los conceptos de soluciones de diseño de los estudiantes (figura 5). En una hoja de cálculo de Excel, las columnas para cada pregunta y los fragmentos correspondientes ayudaron a visualizar los temas. El paso final fue organizar el informe de resultados en torno a los tres objetivos de investigación de una manera que ilustrara la comprensión y las percepciones de los estudiantes sobre el marco en términos de facilidad y uso, lo que finalmente podría ayudar a evaluar si las tres situaciones problemáticas reportadas en el estudio retrospectivo (Gomez & Wakes, 2020) habían sido abordadas.

DATA COLLECTION METHODS AND INSTRUMENTS

Data were gathered through journaling of the process by the second author; a 15-minutes survey questionnaire (Tables 1 and 2) at end of course on the ease and useability of the framework at different stages of the design process; 10-minute interviews (Table 3) by the first author exploring issues such as the familiarity of the students with rehabilitation, inclusive design, whether the framework helped guide the students through the design process and how useful it was during the assessment and marking criteria.

ANALYSIS APPROACH

The analysis involved a selection of data fragments to evaluate if the framework fulfilled its three aims. The six interview questions (Table 3) also helped in the process of selecting data fragments from interview transcripts or students' assignments 1 and 3 with completed criteria sets (Figures 2 to 5), and concepts of student design solutions (Figure 5). In an Excel spreadsheet, columns for each question and corresponding fragments helped visualise themes. The final step was to organise the reporting of results around the three research aims in a manner that illustrated students' understanding and perceptions on the framework in terms of ease and use, which could finally help evaluate if the three problematic situations reported in the retrospective study (Gomez & Wakes, 2020) have been addressed.

ETHICAL CONSIDERATIONS

Seven students out of nine agreed to be part of study, signed consents, and gave permission for their anonymised framework, assignments, and final design concepts to be used for a research article. Their contributions have been de-identified. Each participant was assigned an alphabet letter from A to G.

Who is the User



TRANSCRIPT: Hi there, I am Rebecca Roberts. I am a 45-year-old mum of three and I really want to get back into netball, played all through High school and loved it. I had some great teammates and coaches and who encouraged me, and I was quite competitive, actually.

I am looking into starting at a new club, but I am very worried about getting injured. I have a few of my friends who have broke their ankle and hurt their knee, which has resulted in surgery. So, I really want to prevent that from happening, specially because I am the only breadwinner of my family so I can't afford to hurt myself and leave me out of work.

I also pick up the kids from school and sports activities as well as, including gymnastics, arts and crafts, so it would be a shame as well for them if I couldn't do that anymore. I cook dinner every night for them, and I just couldn't afford being out of life.

And I've been looking into how to prevent injury. And I found that a lot of the information is very scientific, which I don't understand. I didn't go to university. I don't have a degree. So, I would really love a platform that could educate me on what I need to do and what I can do to prevent hurting myself, and my kids would appreciate it, I am sure.

a

Table 1

CRITERIA 1: QUALITY OF LIFE	Ideal values
Maintain social independence	Y
Maintain social relationships between team mates	Y
Maintain functional ability such as mobility	Y
Maintain ability to care for family	Y
Prevents psychological implications such as depression	Y
Regain confidence in jumping and stepping ability	Y
Regain confidence in social interactions	Y

Table 2

CRITERIA 2: DESIGN NEEDS IDENTIFIED	Ideal values
Supports specific muscles and joints related to common netball injuries	YES OR NA
Easy to follow criteria	YES OR NA
Affordable	YES OR NA
Interactive	YES OR NA
Aesthetically pleasing	YES OR NA
Opportunity to compete with friends/in a team	YES OR NA
Not time consuming	YES OR NA
Multi-lingual	YES OR NA
Portable	YES OR NA
Identify current strengths and weaknesses in the user	YES OR NA

b

Student B

Project: The best form of rehabilitation is pre-habilitation



FIG. 2 Ejemplo del uso de un perfil persona para informar sobre elementos que comprenden los criterios 1 y 2 como parte de la primera tarea. Proyecto del estudiante B titulado "la mejor forma de rehabilitación es la prehabilitación"

FIG. 2 Example of the use of a persona to report on items comprising criteria 1 and 2 as part of 1st assignment. Student B's project titled "the best form of rehabilitation is pre-habilitation"

Criteria for product selection

Criteria 1: Quality of life	Ideal values
Regain ability to do day to day tasks	
Maintain social relationships	
Regain lost mobility	
Regain lost cognitive abilities	
Management of psychological effects	
Regain employment opportunities	

References:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4562080/>

https://www.strokeassociation.org/-/media/stroke-fiber/ife/ife-after-stroke-life-after-stroke-eufile_access.pdf?e=08&ash=5G9A7390ABASB14A3CAF58200378E8D7AC184D22

a

Unmet design needs

Table 2.0: Design problem identified by an impairment community, and their inner circle at home, work or environment settings.

Design needs identified from Individuals with ARMD and simulation post-diagnosis consultation	Ideal Values	Case 1 (Implanted Miniature Telescope, VisionCare)	Case 2 (EV News)
Supports preparing and consuming food	Yes	Yes	No
Supports role in workplace	Yes or No	Yes	Yes
Supports physical mobility	Yes	Yes	No
Balance between discreet and distinguishable design	Yes or No	N/A	Yes

c

Criteria for product selection

Criteria 2: Design needs identified	Ideal values
Supports learning/rehabilitation of daily tasks	
Supports patient's privacy and dignity	
Limit contact time	
Supports mental rehabilitation	
Supports physical rehabilitation	
Information is easy to store and can be revisited	
Adaptable to each individual case	
Intuitive to use	
Uses up to date information	

References

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4552080/>

<https://www.stroke.org/categary/faces-of-stroke/featured-fac/>

b

User values

Table 1.0: How an impairment affects quality of life

Quality of life (while living with central vision loss)	Ideal Values	Case 1 (Implanted Miniature Telescope, VisionCare)	Case 2 (EV News)
Retain social independence	Yes	Yes	Yes
Keep nourished	Yes	Yes	No
Maintain physical and mental health	Yes	Yes	Yes and No
Prevent development in severity of visual loss	Yes	Yes	No
Maintain social relationships	Yes or No	Yes	No
Participation in hobbies and activities	Yes or No	Yes	Yes

d

Student A

Project: Designing for rehabilitation of strokes

Student G

Project: Designing for loss of sharp central vision caused by age related macular degeneration (ARMD)



FIG. 3 Ejemplos de los criterios 1 y 2 de la primera tarea aplicados por el alumno A (a y b) y el alumno G (c y d)

FIG. 3 Examples of criteria 1 and 2 from 1st assignment as applied by Student A (a and b) and Student G (c and d)

Student F
Project: Designing a holistic rehabilitation to spinal cord injury patients

a

Table 1. A blank cell indicates that the answer is unknown.

CRITERIA 1: QUALITY OF LIFE	Ideal values	Design
Regain social independence	YES	YES
Regain functional independence	YES	YES
Prevents re-admission to hospitals	YES	NO
Be aware of the surroundings	YES	
Keep motivated	YES	YES

Table 2. A blank cell indicates that the answer is unknown.

CRITERIA 2: DESIGN NEEDS IDENTIFIED	Ideal values	Design
Adjust to a wheelchair on own	YES	
Ability to walk with/without crutches	YES	YES
Get constant support and motivation	YES	YES
Coping with pain daily	YES	YES
Breathe on own	YES	
Get peer support	YES	YES
Get emergency support	YES	YES

Student G
Project: Designing for loss of sharp central vision caused by age related macula degeneration (ARMD)

c

Table 4.0: Factors that contribute to the quality of life for those living with vision impairment.

Quality of life (while living with vision loss)	Ideal Values	Proposed Design
Retain social independence	Yes	• OCR reading technology enables users to perform daily reading tasks without assistance from a carer
Keep nourished	Yes	• OCR technology can be used for reading recipes, restaurant menus and nutritional information on food packaging to maintain a healthy diet
Maintain physical and mental health	Yes	• Health monitoring and activity tracking technology promotes a healthy lifestyle for those affected by vision impairment
Prevent further degeneration of visual loss	Yes	• Lifestyle improvements promoted by the health monitoring technology may help slow vision loss progression in untreatable eye-sight conditions
Maintain social relationships	Yes or No	• Phone notifications assists the user when keeping in contact with friends and family
Participation in hobbies and activities	Yes or No	• OCR technology can increase engagement with hobbies and activities that require reading.

Student A
Project: Designing to prevent neonatal fatalities

b

Table 2: Quality of Life – The Inclusive Design Framework

TABLE 1: Criteria 1: QUALITY OF LIFE	Ideal Values	Notes:
Regain social independence	YES	Yes the incubator will provide the baby with independence as it allows the child to develop fully in a safe environment.
Provides re-assurance and confidence	YES/NA	The product will provide re-assurance to the users, only once it has been properly tested.
Allows privacy	NO	The incubator has clear walls so there won't be a significant amount of privacy involved, however users may have product in their own home.
Prevents psychological/physiological implications	YES/NA	Yes this product will prevent psychological and physiological implications in the long run, however I cannot guarantee this at this moment as the working model has not yet been created and tested.
Provides right to health	YES/NA	This product will help to ensure each child who needs it, receives support to live, however I cannot guarantee that it is the solution for every neonatal problem.
Hygiene	YES	The product is easy to clean, the bedding is removable and the walls can be easily wiped down.
Safety	YES/NA	The product will be safe, once rigorous testing has been completed.

Table 3: Design Needs Identified – The Inclusive Design Framework

TABLE 2: Criteria 2: DESIGN NEEDS IDENTIFIED	Ideal Values	Notes:
Hygienic and easy to clean	YES	As stated previously
Safe to use	YES/NA	The incubator is safe to operate and doesn't require a high skill set to use.
Affordable	YES	Table of materials breakdown: costs show that this will be an affordable product.
Durable	YES	The materials of choice are durable and therefore will ensure durability and longevity of the product.
Easily understood	YES	Use of images and previous testing has proven the instructions are easy to understand.
Accessible	YES	Can be easily shipped and carried from place to place due to small size.
Non-electric	YES	Heat packs provide heat and the peltier tiles provide the small voltages required, therefore no electrical source is needed.



FIG. 4 Ejemplos de los criterios 1 y 2 en el trabajo final, aplicados por el estudiante F (a), el estudiante E (b) y el estudiante G (c)
 FIG. 4 Examples of criteria 1 and 2 in the final assignment, as applied by Student F (a), Student E (b), and Student G (c)

Table 8.0: Key concepts of inclusive design used in developing the [redacted]

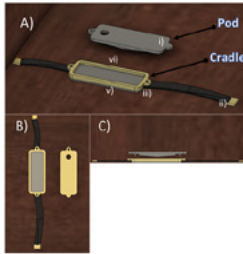


Figure 1.0 [redacted] final design concept. CAD was utilised to produce. A) Three alternative views. B) Top view and C) Side view. Third dimension enabling a 3D printed model of the CAD drawing shown in C). [redacted] contains the electronic hardware and the cradle is a specially designed mount for wearing [redacted] as a bracelet. Specific design features that could not be drawn in CAD are labeled (i)-(v) in A) and outlined in table 3.0 (continued).

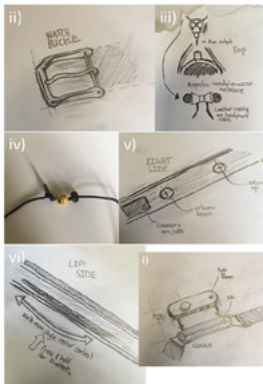


Figure 2.0 [redacted] Features: ii) [redacted] and strap attachment/detachment mechanism can be easily operated at the push of a button. iii) [redacted] buckle is a standard pin type. iv) Different necklaces, along with magnetic headphones, can be simply plugged into a standard 3.5 mm.



Figure 1.0 (continued): [redacted] final design concept. Physical [redacted] prototypes showing D) the [redacted] attached from the bracelet cradle and E) the [redacted] attached to the bracelet cradle.

Key concepts identified while developing the [redacted]	Ideal values	Comment
Sub-criteria 5a: Countering design exclusion		
Tolerance for error	YES	Yes. Error is not met with adverse effects, thus minimising the potential for users to be deterred by failure when using [redacted]
Intuitive Design	YES	Intuitive design minimises the potential for error while operating [redacted]
Range of design models	YES	User can select different models depending on lifestyle requirements and price point
Sub-criteria 5b: Type of inclusive designs		
Assisted by carer	NO	OCR technology with clear audio output allows the user to be independent when completing daily reading tasks
Special purpose design	YES	Lifestyle improvements for reducing vision impairment progression are assisted by [redacted]
Customisable/modular design	YES	Enables user control over identity and minimises the competition between [redacted] and other established personal items for wear at body locations.
Sub-criteria 5c: User social acceptability attributes		
Looks nice	YES	Beautiful design with top quality materials
User can trust the product	YES	Performance of OCR technology has been validated. Privacy is maintained with smart camera retractable design.
Can the product stigmatise a user in any way?	NO	[redacted] electronics discreetly contained within jewellery design
User want this product	YES	[redacted] enables control over health, thereby helping to slow vision loss.
The product is cool (fashionable)	YES	
Sub-criteria 5d: User practical acceptability attributes		
Accessible cost / "Buy often and cheaply" culture applies	NO	[redacted] is designed with quality materials to ensure longevity when assisting quality of life
Compatibility	YES	Yes, [redacted] can be worn with existing necklace chains and is compatible with a wide range of wireless charges, along with both Bluetooth and corded headphones.
Reliability	YES	Yes, [redacted] electronics will be extensively tested to ensure certification standards are met.
Usefulness: usability, utility, accessibility	YES	Yes, features such as water resistance means that [redacted] can be worn during almost any activity.

Student G

Project: Designing for loss of sharp central vision caused by age related macula degeneration (ARMD)



FIG. 5 Ejemplos del criterio 5 con conceptos de diseño asociados. Parte de la tarea final realizada por el estudiante G
 FIG. 5 Examples of criteria 5 with associated design concepts. Part of final assignment as applied by Student G

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Siete estudiantes de nueve aceptaron ser parte del estudio, firmaron consentimientos y dieron permiso para que su marco, tareas y conceptos de diseño final anonimizados se usaran para un artículo de investigación. Se han removido datos de identificación de sus contribuciones. A cada participante se le asignó una letra del alfabeto de la A a la G.

RESULTADOS

Estudiantes participantes, proyectos, familiaridad con la rehabilitación y el diseño inclusivo

Todos los estudiantes (2 mujeres, 5 hombres) tenían títulos universitarios de ciencias en Genética (1), Bioingeniería (1), Bioquímica (1), Ciencia y Tecnología del Deporte (4) y Ciencias de la Indumentaria y Textiles (2). Cinco estudiantes fueron introducidos al diseño a través del programa de Bioingeniería a nivel de pregrado o durante el proceso de inscripción. Dos estudiantes (B y E) se iniciaron en el diseño en la escuela secundaria, lo que influyó en sus respectivas decisiones de inscribirse en Bioingeniería. El estudiante B dijo "... para poder... incorporar tanto mi experiencia en el deporte como en el diseño".

Algunos proyectos se centraron en el desarrollo de soluciones para la rehabilitación (deporte, accidente cerebrovascular o lesión de la médula espinal) o la prevención (lesión de tobillo, discapacidad visual o muertes neonatales en países del tercer mundo). Las soluciones propuestas debían adoptar la forma de una aplicación, una herramienta de seguimiento, un dispositivo portátil, una incubadora no eléctrica, un diseño de procesos holísticos o un dispositivo de seguimiento de la salud/estado físico. Una selección de proyectos reflejaba la experiencia vivida de los estudiantes con la rehabilitación. Por ejemplo; el estudiante A tenía un compañero de trabajo que tuvo un derrame cerebral; los estudiantes B, C, D y E habían tenido rehabilitación profesional; el estudiante G había resultado herido varias veces y el estudiante F compartió "... el proceso de reconstrucción, después de un desastre..."

Los estudiantes A y B respondieron que sabían sobre el diseño inclusivo en relación con los edificios gubernamentales y el acceso para sillas de ruedas. Los estudiantes C, E y F respondieron que tenían una familiaridad limitada con este concepto antes de este curso. El estudiante D "...tenía un marco inclusivo en términos de lugar de trabajo... para personas con discapacidad... cosas de conciencia cultural..." y el estudiante G respondió afirmativamente con un ejemplo del cono que comienza a girar en el cruce de peatones cuando las luces se ponen en verde para que las personas ciegas sepan que pueden cruzar.

Resultados para el objetivo 1: ayudar en el análisis de la investigación para mejorar la empatía

Los estudiantes en general manifestaron que el marco les ayudó a "comprender el problema de diseño" que estaban tratando de resolver (tabla 1). Los estudiantes (A, C, D y E) nuevos en el diseño, explicaron que el marco ayudó a guiarlos, acotó su pensamiento, facilitó la creación de un concepto de producto final a través de un proceso paso a paso, permitió mirar el problema en profundidad, no saltar inmediatamente a las soluciones y obtener un producto decente.

...Me dio... un punto de partida... para analizar primero el problema en profundidad antes de saltar a las soluciones... Estos son los pasos que debes seguir en el camino... para aplicar el marco

RESULTS

Participant students, projects, familiarity with rehabilitation and inclusive design

All students (2 female, 5 male) had undergraduate science degrees in Genetics (1), Bioengineering (1), Biochemistry (1), Science and Sports Technology (4), and Clothing and Textile Science (2). Five students were introduced to design through the Bioengineering programme at undergraduate level or the enrolling process. Two students (B and E) were introduced to design in high school, which influenced their respective decisions to enrol in Bioengineering. Student B said "... so I could ... incorporate both my sport and my design background".

Some projects focused on the development of solutions for rehabilitation (sport, stroke, or spinal cord injury) or prevention (ankle injury, vision impairment or neonatal deaths in third world countries). The proposed solutions were to take the form of an app, monitoring tool, wearable device, non-electric incubator, holistic process design or health monitoring/fitness tracking device.

A selection of projects reflected the students' lived experience with rehabilitation. For example; student A had a co-worker who had a stroke; students B, C, D and E have had professional rehabilitation; student G had been injured multiple times and student F shared "...the process of rebuilding, after a disaster..." Students A and B responded knowing about inclusive design in connection to government buildings and wheelchair access. Students C, E, and F responded they had limited familiarity with this concept before this class. Student D "...had an inclusive framework in terms of workplace... for people with disabilities... cultural awareness stuff..." and student G responded affirmatively with an example of the cone that starts spinning at the pedestrian crossing when the lights turn green so blind people can tell that they can cross.

Results for aim 1: assist research analysis to enhance empathy

The students on the whole found that the framework helped them "understand the design problem" they were trying to solve (Table 1). Students (A, C, D and E) new to design explained the framework helped to guide, narrow their thinking, made it easier to make a final product concept, through a step by step process, look at the problem in-depth, not jump into solutions, and get a decent product.

... It gave me ...a starting point... to look more at the problem first in depth before I jump into solutions... [T]here are steps you need to take along the way... to apply the framework to get a decent product. If I had decided to do this without anything, I would have ... basically jumped... steps. (Student D and project Regaining hand strength after suffering a stroke)

... I found it quite useful to sort of narrow my thinking ... Instead of thinking just really really big picture, more narrowing like your thoughts I guess to the specific words that you can use to pinpoint what you are trying to convey. (Student E's project Designing to prevent neonatal fatalities)

This understanding of the design problem was illustrated in their assignment-1 presentations when they used different methods to describe the story and empathise with their users. For example, in addition to developing criteria 1 and 2 (Figure 2b) for their project on sport rehabilitation, Student B created a persona and

y obtener un producto decente. Si hubiera decidido hacer esto sin nada, habría... básicamente saltado... pasos. (Alumno D y proyecto Recuperando la fuerza de la mano después de sufrir un derrame cerebral).

...Me pareció bastante útil para delimitar mi forma de pensar... En lugar de solo pensar en un panorama realmente muy amplio, fue más como ayudar a delimitar tus pensamientos, yo supongo, a las palabras específicas que uno puede usar para identificar lo que estás tratando de lograr. (Estudiante E acerca de su proyecto Diseñando para prevenir las fatalidades neonatales).

Esta comprensión del problema de diseño se ilustró en sus presentaciones de la tarea 1 cuando utilizaron diferentes métodos para describir la historia y empatizar con sus usuarios. Por ejemplo, además de desarrollar los criterios 1 y 2 (figura 2b) para su proyecto sobre rehabilitación deportiva, el Estudiante B creó un perfil persona y usó a un miembro de la familia para que fuera esa persona usando un video con un guion que mostraba empatía hacia los usuarios percibidos (figura 2a).

Resultados para el objetivo 2: capturar información explícita para necesidades, deseos y valores destacados

El marco ayudó a la mayoría de los estudiantes a comprender su comunidad de usuarios a través de la captura de información para el desarrollo de los conjuntos de criterios 1 y 2. Como el marco se usó explícitamente en la evaluación, los estudiantes tuvieron que acudir a fuentes secundarias apropiadas para aprender más sobre sus necesidades, deseos y valores. Los estudiantes B, C y E explicaron que también encontraron útil volver a correlacionar con nueva información para refinar.

...Lo usé de nuevo [en etapas posteriores]... Simplemente volví a revisarlo, teniendo en cuenta lo que necesito para lograr las metas que debo alcanzar... Entonces, fue como diseñar mi prototipo o cosas como... Comprobé si había logrado esto, he satisfecho esta necesidad. Y las cosas que planteé en la tarea inicial. (Estudiante E)

Todos los estudiantes señalaron que el marco facilitó las críticas e incorporó la inclusión en su diseño más fácilmente, y la mayoría descubrió que les ayudó a comprender el sistema más amplio del que formaba parte su concepto (tabla 2, figura 3), aunque el grado de ejecución de esto varió. La figura 1a muestra los criterios *calidad de vida* y *necesidades de diseño identificadas* tal como los introdujo el académico con celdas en blanco para que los estudiantes los desarrollaran. Las figuras 3a y 3b muestran los criterios 1 y 2 desarrollados por el Estudiante A sobre diseño para la rehabilitación de accidentes cerebrovasculares. La figura 4b muestra los criterios 1 y 2 desarrollados por el Estudiante E sobre diseño para prevenir muertes neonatales.

Resultados para el objetivo 3: actuar como guía para la valoración y la evaluación

Algunos estudiantes encontraron útil el marco para evaluar y criticar sus propios diseños (tabla 1), aunque en el informe final esto fue superficial en la mayoría de los casos. Dos estudiantes (D y G) dieron una explicación detallada de cómo sus diseños cumplían (o no) los criterios. Los estudiantes consideraron el marco menos útil para analizar la investigación para sus requisitos de diseño porque no lo vieron como una parte integral del proceso de diseño.

used a family member to be that persona using video with a script that showed empathy towards the perceived users (Figure 2a).

Results for aim 2: capturing explicit information for salient needs, wants, and values

The framework helped the student majority to understand their user community through capturing information for the development of criteria sets 1 and 2. As the framework was explicitly used in assessment, the students had to go to appropriate secondary sources to learn more about their needs, wants, and values. Students B, C, and E explained also finding it useful to go back to correlate with new information for refinement.

...I did use it again [at later stages]... I just sort of referred back to it, just keep in mind what I needed to what goals I need to reach... So, it was sort of designing my prototype or things like... I would check, have I met this, have I met this need. And the things that I laid out in the initial assignment. (Student E)

All the students found the framework made critiques and including inclusivity in their design easier and most found it helped them understand the broader system their concept was part of (Table 2, Figure 3), although the extent of how this was executed varied. Figure 1a shows criteria “quality of life” and criteria “design needs identified” as introduced by the teacher with blank cells for students to develop. Figures 3a and 3b show criteria 1 and 2 developed by Student A on designing for rehabilitation of strokes. Figure 4b shows criteria 1 and 2 developed by Student E on designing to prevent neonatal fatalities.

Results for aim 3: acting as a guide for assessment and evaluation

Some students found the framework useful for evaluating and critiquing their own designs (Table 1), although in the final report this was superficial in most cases. Two students (D and G) gave an in-depth explanation of how their designs met (or not) the criteria. Students found the framework less useful for analysing research for their design requirements because it was not viewed as an integral part of the design process.

The framework helped these novice designers to formalise the workshop content (rather than a see what happens approach), understand the design process, and allowed the teacher to concentrate on particular parts of interest like the framework. Student C reported realising that the process in the workshops up until now was leading to the presentation content and the framework helped to organise their ideas.

... We did a prototyping thing with a few different prototypes, and then we got the users’ feedback... from that data which match the [framework]... not directly, but indirectly... (Student A and project Designing for rehabilitation of strokes)

Just the amount of work that goes into designing something I guess there is far more aspects that you got to consider when you first start out I didn’t think of these many areas that I had to really kind of in-depth look at before I decide on what I was going to make. Yeah, that’s probably the most overwhelming thing. (Student D)

El marco ayudó a estos diseñadores novatos a formalizar el contenido del taller (en lugar de un enfoque de ver qué pasa), comprender el proceso de diseño y permitió que el docente se concentrara en partes particulares de interés como el marco. El estudiante C informó que se dio cuenta de que el proceso en los talleres hasta ahora conducía al contenido de la presentación y el marco les ayudó a organizar sus ideas.

...Hicimos un prototipo con algunos prototipos diferentes, y luego recibimos los comentarios de los usuarios... a partir de esos datos que coinciden con [el marco]... no directamente, pero indirectamente... (Estudiante A y proyecto Diseño para la rehabilitación de accidentes cerebrovasculares).

Simplemente la cantidad de trabajo que implica diseñar algo, supongo que hay muchos más aspectos que debes considerar cuando comienzas. No pensé en todas estas áreas que tenía que analizar en profundidad antes de decidir lo que iba a hacer. Sí, eso es probablemente lo más abrumador. (Estudiante D).

Resultados: retroalimentación sobre la utilidad para el proceso

La mayoría de los estudiantes no tuvieron sugerencias de mejora. Por otro lado, dos estudiantes (D y G) respondieron que usar el marco generaba confusión, era repetitivo y producía la superposición de conceptos. El estudiante D consideró el marco útil “para asegurarse de que uno entiende que ciertas cosas se aplican a más de un área diferentes”. Sin embargo, el estudiante G dijo “... Sentí que solo estaba repitiendo las mismas declaraciones generales, demasiado” y brindó comentarios sobre la lucha por comprender los elementos individuales y sus significados, además sugirió formas de abordar este problema. Las necesidades y valores de los usuarios (criterios 1 y 2 de la figura 1a) “eran muy similares” y “muy amplias”. Elementos como “Mantenerse nutrido” y “apoyar la preparación de alimentos” podrían ser “un poco más específicos, como abordar qué problemas se presentan realmente al cocinar alimentos...”. Los criterios 3 a 5 en la figura 1b también se consideraron “demasiado amplios”. El estudiante G continuó: “... Realmente no puedo entender a qué se dirigen” y explicó que “simple e intuitivo de usar es un diseño bastante sencillo en mi mente, pero están muy superpuestos...” Se sugirieron formas de resolver estos problemas como “desglose”, “[sea] más específico”, “describa específicamente lo que quiere decir en cada tabla” y proporcionar ejemplos de cómo se deben escribir los criterios.

Inicialmente, el estudiante G desarrolló los criterios 1 y 2 y los usó para comparar dos soluciones existentes que abordaban el problema de diseño elegido con los criterios para obtener una idea de lo que faltaba y lo que necesitaba estar presente en la solución propuesta. La evaluación final del resultado del diseño propio (figura 4c) frente a todos los criterios demostró una autocrítica perspicaz y evidenció una comprensión madura del poder del marco. Solo otro estudiante (E) también usó el marco de esta manera (figura 4b); la mayoría de los otros estudiantes lo usaron de manera más simple (figura 4a). Los estudiantes con ideas como E y G destacaron entre el grupo, y el resto necesitaron ser alentados y requirieron ver ejemplos de cómo utilizar todo el poder del marco. El uso de esta herramienta para su máxima eficacia requiere el compromiso del docente para entretejerla o integrarla en oportunidades de enseñanza interactiva que involucren completamente a los estudiantes.

Results: feedback on usefulness to the design process

Most students did not have suggestions for improvements. On the other hand, two students (D and G) responded that using the framework was confusing, repetitive, and overlapping concepts. Student D regarded this as “to make sure you understand certain things apply to different more than one area”. However, Student G said “... I felt like I was just repeating the same overarching statements, way too much” and provided feedback on the struggle to understand individual elements and their meanings, and suggested ways to address it. The user needs and values (criteria 1 and 2 in Figure 1a) “were very similar” and “very broad”. Items like “Keep nourished” and “support preparing food” could be “a bit more specific, like what problems are actually encountered when cooking food...”. Criteria 3 to 5 in Figure 1b were also found “too broad”. Student G continued “... I cannot really understand what they are going for” and explained that “simple and intuitive to use is pretty much uncomplicated design in my mind, like they are very overlapping...” Ways to solve these issues were suggested such as “break it down”, “[be] more specific”, “specifically outline what you are wanting to say in each table” and provide examples of how the criteria should be written down.

Initially Student G developed criteria 1 and 2 and used them to compare two existing solutions addressing the chosen design problem against the criteria to gain insight into what was lacking and needed to be in the proposed solution. The final assessment of own design outcome (Figure 4c) against all of the criteria had insightful self-critique and showed a mature understanding of the power of the framework. Only one other student (E) also used the framework in this way (Figure 4b); most other students used it more simply (Figure 4a). Students with insights such as E and G were rare and most needed to be encouraged and shown examples of how to utilise the full power of the framework. Using this tool to its full effectiveness requires commitment from the teacher to weave or integrate it into interactive teaching opportunities that fully engage the students.

A discussion connecting the educational results to design practice

The framework, and particularly criteria 1 and 2, focused the students’ attention onto the user and particularly their needs, wants, and values at the beginning stages of their design project. There was focus in workshops around what does quality of life mean for different users and how that connects to health and well-being. For example, how for diverse people quality of life might be different and could depend on aids and good design. As the wider project context was rehabilitation there was a tendency for the students to only focus on acute relief from pain and injury so these discussions were important to draw out longer term aspects of health and well-being associated with rehabilitation and how good design could assist in that. This broadening of their thinking around rehabilitation driven by the framework allowed deeper discussions about their users and increased empathy and understanding.

Student G used the whole framework to critique their design in more detail than necessarily required. The final design concept was driven by insights obtained using criteria 1 and 2 (Figure 3c and 3d) and fine-tuned using criteria 3 to 5 (Figures 4c and 5). This student clearly thought about

Una discusión que conecta los resultados educativos con la práctica del diseño

El marco, y en particular los criterios 1 y 2, centraron la atención de los estudiantes en el usuario y, en particular, en sus necesidades, deseos y valores en las etapas iniciales de su proyecto de diseño. Los talleres se centraron en comprender qué significa la calidad de vida para los diferentes usuarios y cómo se relaciona con la salud y el bienestar. Por ejemplo, cómo para personas diferentes, la calidad de vida puede ser diferente y podría depender de apoyos y un buen diseño. Dado que el contexto más amplio del proyecto era la rehabilitación, los estudiantes tendían a centrarse únicamente en el alivio agudo del dolor y las lesiones, por lo que estas discusiones fueron importantes para extraer aspectos a largo plazo de la salud y el bienestar asociados con la rehabilitación y cómo un buen diseño podría ayudar en eso. Esta ampliación de su pensamiento sobre la rehabilitación impulsada por el marco permitió discusiones más profundas sobre sus usuarios y aumentó la empatía y la comprensión. El estudiante G utilizó todo el marco para criticar su diseño con más detalle de lo necesariamente requerido. El concepto de diseño final se basó en los conocimientos obtenidos con los criterios 1 y 2 (figuras 3c y 3d) y se ajustó con los criterios 3 a 5 (figuras 4c y 5). Este estudiante pensó claramente en requisitos como la “tolerancia al error del usuario” y el “diseño intuitivo” que surgieron del contenido del seminario impartido (por ejemplo, sobre lo que debería ser un buen diseño industrial) y se reflejaron en su inclusión en el criterio 5a. Parece que el marco ayudó a conectar estos requisitos de *buen diseño* con el concepto final y que todo se vinculaba nuevamente con el usuario. La figura 5 ilustra que en este proyecto el estudiante mantuvo al usuario (es decir, personas mayores con discapacidad visual) al frente, ya que muchos de los comentarios de diseño inclusivo en la columna correspondiente se refieren al usuario, ya sea explícita o implícitamente.

Como se presentó anteriormente, este curso de diseño de bioingeniería se enfocó en que los estudiantes de ciencias comprendieran cómo el diseño y la ingeniería pueden mejorar y contribuir a las aplicaciones médicas/biológicas a nivel de producto, sistema, proceso o comunicación, para abordar múltiples problemas, incluida la calidad de vida. Un proceso de diseño de bioingeniería efectivo como lo describe Colvin (2009) necesita ser simple y directo y no sobrecargar a una organización. Sin embargo, el aprendizaje en diseño inclusivo acerca del rol del usuario en la creación de dispositivos médicos, Money y colegas (2011), enfatiza la importancia del usuario en el proceso de diseño a pesar de las barreras percibidas por las organizaciones. Ambos son imperativos para un enfoque nuevo y diferente, como este marco para ayudar a mantener al usuario al frente del proceso de diseño de dispositivos médicos que también serán inclusivos.

Los talleres semanales permitieron una aplicación más profunda de la teoría en la práctica, incluido el uso de métodos apropiados de diseño centrados en el ser humano que ayudan a los estudiantes a comprender las necesidades reales utilizando estrategias de HCD-SD-FI-UD (diseño centrado en el ser humano-diseño sostenible-innovación frugal-diseño universal). El segundo autor desarrolló estas estrategias en el contexto del diseño de bioingeniería y enfatizó la conexión con el usuario en todas estas estrategias a través del contenido del seminario. Todas estas estrategias son exitosas si el usuario está en el centro del proceso, como en el diseño centrado en el ser humano, y se considera en todo momento lo que se requiere para entregar el máximo valor de diseño por un costo mínimo (innovación frugal); diseñar un producto sostenible que satisfaga las necesidades del usuario para que el producto sea

requirements such as “tolerance for user error” and “intuitive design” that came from seminar content delivered (e.g. on what good industrial design should be) and reflected in their inclusion in criteria 5a. It appears that the framework helped connecting these *good design* requirements with the final concept and that it all linked back to the user. Figure 5 illustrates that in this project the student kept the user (i.e. older visually impaired people) at the forefront as many of the inclusive design comments in the relevant column are concerned with the user, either explicitly or implicitly. As introduced earlier, this bioengineering design paper was for science students to understand how design and engineering can enhance and help medical/bio applications at a product, system, process or communication level through multiple issues including quality of life. An effective bioengineering design process as described by Colvin (2009) speaks to a design process that needs to be simple and straightforward and not overburdening for an organisation. However, the inclusive design learning of the role of the user in medical device design, Money and colleagues (2011), emphasises the importance of the user in the design process in spite of the barriers perceived by organisations. These both are imperatives for a new and different approach such as the framework to assist in keeping the user at the front of the design process for medical devices that will also be inclusive.

The weekly workshops allowed for more in-depth application of the theory into practice, including the use of appropriate human-centered design methods that help students understand real needs using HCD-SD-FI-UD (Human Centred Design-Sustainable Design-Frugal Innovation-Universal Design) strategies. The second author developed these strategies in the context of bioengineering design and that emphasised connection with the user in all of these strategies through seminar content. All of these strategies are successful, if the user is centre to the process as in Human-Centred Design and considered throughout whether it is really understanding what is required to deliver maximum design value for minimal cost (Frugal Innovation); designing a sustainable product that fulfils user needs so that the product is long lasting and desirable; and Universal Design where all users are important. Understanding that the user is the common thread to these strategies make working with these less overwhelming for novice designers.

During workshops and assignments requiring to engage with the inclusive design framework, students had opportunities to deal with concepts or issues illustrating how wicked the issues of maintaining quality of life with vision impairment (e.g. Student G’s project) or rehabilitation after a stroke (e.g. Student’s A project) and understood that there were potentially multiple design solutions that could meet the brief. These wicked problems is what Buchanan (1992, p. 15) calls “a fundamental indeterminacy in all but the most trivial design problems” even though these problems perhaps do not have solutions. The theoretical guidance provided by the design literature, the workshops, and the inclusive design framework enabled them to engage with the wicked problems they were asked to find at the start of the semester. Some students chose to research wicked problems they had lived experience with, which perhaps facilitated a narrower design outcome as they were more deterministic in their knowledge.

duradero y deseable; y Diseño Universal donde todos los usuarios son importantes. Comprender que el usuario es el hilo conductor de estas estrategias hace que trabajar con ellas sea menos abrumador para los diseñadores novatos.

Durante los talleres y las tareas que requerían involucrarse en el marco de diseño inclusivo, los estudiantes tuvieron la oportunidad de tratar conceptos o problemas que ilustraban cuán intrincados eran los desafíos de mantener la calidad de vida con discapacidad visual (p. ej., el proyecto del estudiante G) o la rehabilitación después de un accidente cerebrovascular (p. ej., el proyecto del estudiante A) y entendieron que existían potencialmente múltiples soluciones de diseño que podrían cumplir con el encargo. Estos problemas intrincados son lo que Buchanan (1992, p. 15) llama “una indeterminación fundamental en todos los problemas de diseño excepto en los más triviales”, aunque estos problemas quizás no tengan solución. La guía teórica provista por la literatura de diseño, los talleres y el marco de diseño inclusivo les permitió abordar los problemas intrincados que se les pidió que encontrarán al comienzo del semestre. Algunos estudiantes eligieron investigar problemas intrincados con los que habían vivido, lo que quizás facilitó un resultado de diseño más preciso ya que eran más deterministas en su conocimiento. Algunos estudiantes emprendieron investigaciones para desarrollar tangibles y otros software. De una forma u otra, todos están comprometidos con la complejidad del diseño elegido para investigar a través de un resultado diseñado. Los estudiantes lucharon con la idea de conectar su proyecto individual a un sistema de vida cotidiana y también con la solución de la propuesta diseñada. En el caso de construir productos tangibles (por ejemplo, el Estudiante G), esta complejidad podría significar o podría reflejarse en el intento de diseñar un producto que resuelva múltiples subproblemas. Esta comprensión proviene de la investigación realizada por el estudiante sobre el problema de la discapacidad visual y cómo afecta todos los aspectos de la vida del usuario.

El proceso de diseño del estudiante G y el resultado final del proyecto muestran la unión de estos aprendizajes (es decir, problemas intrincados, estrategias HCD-SD-FI-UD, criterios de diseño inclusivos y proceso de diseño de bioingeniería) de una manera que ayuda a ilustrar cómo las enseñanzas de diseño de bioingeniería, el proceso de diseño y el diseño inclusivo se unen para ayudar a abordar problemas complicados teniendo en cuenta un marco de diseño inclusivo. El proyecto del estudiante G trató sobre el diseño para la pérdida de visión y la visión central aguda causada por la degeneración macular relacionada con la edad (ARMD). A través de un arduo viaje para comprender cómo hacer de este marco parte del proceso de diseño, este estudiante lo aplicó para organizar los hallazgos de la investigación e informar el diseño de funciones sobre cómo una discapacidad afecta la calidad de vida (criterios 1, figura 3d), necesidades de diseño insatisfechas identificadas por una comunidad con discapacidad y el círculo interno (criterios 2, figura 3c), factores que contribuyen a la calidad de vida de quienes viven con discapacidad visual (criterios 4, figura 4c) y conceptos clave de diseño inclusivo utilizados en el desarrollo de una solución de dispositivo portátil que utiliza tecnología de cámara inteligente y monitoreo de salud en tiempo real (criterios 5, figura 5).

El proceso de diseño del estudiante G y el resultado final del proyecto muestran la unión de estos aprendizajes en un producto físico que claramente era solo una alternativa de solución a un problema intrincado más profundo. Esto se ilustró a través del uso del marco para criticar su solución de diseño y sugerir áreas de mejora.

Some students undertook research to develop tangibles and others software. In one way or another, they all engaged with the wickedness of the design chosen to research through a designed outcome. The students struggled with the idea of connecting their individual project to a system of everyday living and also the proposed designed solution. In the case of making tangible products (e.g. Student G), this wickedness could mean or could be reflected on an attempt to design a product that solves multiple sub problems. This understanding comes from the research undertaken by the student into the issue of vision impairment and how it impacts every aspect of the user's life .

Student G's design process and final project outcome shows the coming together of these learnings (i.e. wicked problems, HCD-SD-FI-UD strategies, and inclusive design criteria, and bioengineering design process) in a way that helps illustrate how the teachings of bioengineering design, design process, and inclusive design come together to help addressing wicked problems taking into consideration an inclusive design framework. Student G's project was on designing for loss and sharp central vision caused by age related macular degeneration (ARMD). Through a painstaking journey of understanding how to make this framework part of the design process, this student applied the inclusive design framework to organise research findings and inform feature design on how an impairment affects quality of life (Criteria 1, Figure 3d), unmet design needs identified by an impairment community and the inner circle (Criteria 2, Figure 3c), factors that contribute to the quality of life for those living with vision impairment (Criteria 4, Figure 4c) and key concepts of inclusive design used in developing a wearable device solution using smart camera technology and real-time health monitoring (Criteria 5, Figure 5).

Student G's design process and final project outcome shows the coming together of these learnings in one physical product that was clearly only one solution to a deeper wicked problem. This was illustrated through their use of the framework to critique their design solution and suggest areas of improvement.

CONCLUSIONS

The framework criteria provided a foundation for creating a substantial empirical base that students new to design could rely upon. They helped to keep track and evaluate quality of life and identified design needs. In Figure 2, the transcript of the persona created during secondary data research shows that Student B understood that inclusive design solutions for preventing injury have to take into consideration people's life situations (e.g. designing for middle-age women with family obligations who are also the breadwinners), while providing a solution to help this user community to enjoy a sport while preventing injury (e.g. a platform with understandable information, not-scientific jargon, and inclusive of their kids). Other criteria sets helped to keep track and evaluate that the needs of a whole user group (e.g. family) are considered, the integrity of an environment (e.g. home) is respected. Another criteria set evaluates that solutions are uncomplicated, flexible, non-stigmatising, reliable. In Figure 5, Student G presents a comprehensive analysis of the proposed design solution.

CONCLUSIONES

Los criterios del marco proporcionaron una estructura inicial para crear una base empírica sustancial en la que pudieran confiar los estudiantes nuevos en el diseño. Ayudaron a realizar un seguimiento y evaluar la calidad de vida e identificar las necesidades de diseño. En la figura 2, la transcripción del perfil persona creado durante la investigación de datos secundarios muestra que el Estudiante B entendió que las soluciones de diseño inclusivo para prevenir lesiones deben tener en cuenta las situaciones de la vida de las personas (por ejemplo, diseñar para mujeres de mediana edad con obligaciones familiares que también son el sostén de la familia), al mismo tiempo que brinda una solución para ayudar a esta comunidad de usuarios a disfrutar de un deporte mientras previene lesiones (por ejemplo, una plataforma con información comprensible, jerga no científica e inclusiva para sus hijos). Otros conjuntos de criterios ayudaron a realizar un seguimiento y evaluar si se están considerando las necesidades de todo un grupo de usuarios (p. ej., la familia) y se respeta la integridad de un entorno (p. ej., el hogar). Otro conjunto de criterios evalúa que las soluciones sean sencillas, flexibles, no estigmatizantes y confiables. En la figura 5, el estudiante G presenta un análisis completo de la solución de diseño propuesta.

Los criterios facilitaron la evaluación de los primeros conceptos desde múltiples perspectivas. Sin embargo, aún está pendiente evaluar si cumplen con las medidas fundamentales de éxito de un producto, sistema o servicio de diseño inclusivo (es decir, funcional, usable, deseable y viable). La mayoría de los estudiantes utilizaron los criterios 3, 4 y 5 como una forma de establecer objetivos para trabajos futuros relacionados con prototipos de alta fidelidad y pruebas con usuarios reales. En esta clase, la mayoría de los conceptos se presentaron en forma de bocetos de alta calidad o prototipos de baja fidelidad.

La mayoría de los informes sobre la enseñanza del diseño inclusivo provienen de programas de diseño inmersivos y describen que la práctica efectiva del diseño inclusivo requiere la participación del usuario a través de actividades de diseño participativo, métodos de investigación etnográficos y empáticos (Altay & Demirkan, 2014; Brandt & Grunnet, 2000; Macdonald & Teal, 2011; Thoolen & Schifferstein, 2011; Triggs et al., 2011) que dan tiempo para realizar actividades inmersivas (experiencias corporales u observación participativa) para aprender sobre la comunidad de usuarios y sus vivencias.

La enseñanza de conceptos de diseño inclusivo en programas de diseño no inmersivo requiere modificaciones, ya que los formatos de enseñanza tradicionales (por ejemplo, conferencias, tutoriales) a menudo no permiten la implementación ideal de métodos inmersivos. En cambio, se implementan métodos indirectos para inspirar empatía y llevar la voz de los usuarios. Este estudio de caso ha mostrado un enfoque de enseñanza que parece funcionar en este contexto y se suma a la creciente investigación en esta área. Dong (2010) utilizó personas e incorporó la consideración de usuarios finales como un enfoque para enseñar diseño inclusivo a diseñadores de ingeniería. Conradie et al. (2016) han trabajado con usuarios líderes con discapacidades en un estudio sobre la eficacia de la participación de usuarios en proyectos realizados por estudiantes de ingeniería en diseño industrial.

Nuestro objetivo final es proporcionar a la academia y las empresas enfoques aplicables y fáciles de implementar, como una forma de abordar las oportunidades limitadas para alcanzar el objetivo del diseño inclusivo a través de la práctica.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los estudiantes de la Universidad de Otago de la cohorte de Diseño de Bioingeniería de 2019 cuyo trabajo aparece en este artículo.

The criteria facilitated the evaluation of early concepts from multiple perspectives. However, assessment if these met the fundamental measures of success of an inclusive design product, system or service (i.e. functional, usable, desirable, and viable) is yet to be done. Most students used criteria 3, 4, and 5 as a way to set aims for future work related to high-fidelity prototypes and testing with real users. In this class most concepts were presented in the form of high-quality sketches or low-fidelity prototypes. Most reports on teaching inclusive design come from immersive design programmes and describe that effective practice of inclusive design requires user engagement through participatory design activities, ethnographic and empathic research methods (Altay & Demirkan, 2014; Brandt & Grunnet, 2000; Macdonald & Teal, 2011; Thoolen & Schifferstein, 2011; Triggs et al., 2011) that allow time for undertaking immersive activities (embodiments or participatory observation) for learning about the user community and their lived experience.

The teaching of inclusive design concepts in non-immersive design programmes requires modifications, as traditional teaching formats (e.g. lectures, tutorials) do not often afford the ideal implementation of immersive methods. Instead, indirect methods for inspiring empathy and bringing the users' voice are implemented. This case study has shown a teaching approach that seems to work in this context and adds to the growing research in this area. Dong (2010) has used personas and brought end-users as an approach for teaching inclusive design to engineering designers. Conradie et al. (2016) have worked with lead users with impairments in a study on the efficacy of user involvement in projects undertaken by industrial design engineering students.

Our ultimate aim is to provide academia and business with applicable and easy to implement approaches, as a way to address the limited opportunities to meet the inclusive design goal through practice.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge the University of Otago students of the 2019 Bioengineering Design cohort whose work appears in this article.

REFERENCIAS / REFERENCES

- Adelson, R. (2004). Universal design: Opening every door. *Inside MS*, 22(4), 30–34.
- Altay, B., & Demirkan, H. (2014). Inclusive design: Developing students' knowledge and attitude through empathic modelling. *International Journal of Inclusive Education*, 18(2), 196–217. <http://dx.doi.org/10.1080/13603116.2013.764933>
- Brandt, E., & Grunnet, C. (2000 28 Nov – 1 Dec). Evoking the future: Drama and props in user centered design. In T. Cherkasky, J. Greenbaum, P. Mambrey and J. K. Pors (Eds.) *Proceedings of the 6th Biennial Participatory Design Conference 2000*, November 28 – December 1, 2000, New York, USA. <http://ojs.ruc.dk/index.php/pdc/article/view/188>
- BSI. (2005). *New British Standard addresses the need for inclusive design* <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/media-centre/press-releases/2005/2/New-British-Standard-addresses-the-need-for-inclusive-design/>
- Buchanan, R. (1992). Wicked problems in design thinking. *Design Issues*, 8(2), 5–21.
- Chiang, P. P. (2009). *The global mapping of low vision services* [PhD Thesis, The University of Melbourne]. Australia. <http://hdl.handle.net/11343/35343>
- Clarkson, P. J., Coleman, R., Keates, S., & Lebbon, C. (2003). *Inclusive design: Design for the whole population*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0001-0>
- Clarkson, P. J., Coleman, R., Hosking, I., & Waller, S. (2007). *Inclusive design toolkit*. University of Cambridge.
- Coleman, R. (2006). From margins to mainstream: Why inclusive design is better design. *The Ergonomics Society Annual Lecture*. Retrieved February 10, 2014, from <http://www.hhc.rca.ac.uk/cms/files/ergsolecture06.pdf>
- Colvin, M. (2009). An Effective Design Process for the Successful Development of Medical Devices. In: D. Zhou, E. Greenbaum (Eds.) *Implantable Neural Prostheses 2. Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering*. Springer, New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-98120-8_11
- Conradie, P., De Marez, L., & Saldien, J. (2016). User consultation during the fuzzy front end: evaluating student's design outcomes. *International Journal of Technology and Design Education* 27(2017), 563–575. <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9361-4>
- Contreras, V. E., Gomez, G., & Navarro-Newball, A. A. (2019, 18–19 Nov). Towards the gamification of assistive technology for professionals with severe impairments. In *2019 International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)*, Hong Kong, China. 176–179. <https://doi.org/10.1109/icvrv47840.2019.00041>
- Dong, H. (2010). Strategies for teaching inclusive design. *Journal of Engineering Design*, 21(2–3), 237–251.
- Edwards, A. (2001). Qualitative designs and analysis. In G. MacNaughton, S. A. Rolfe, & I. Siraj-Blatchford (Eds.), *Doing early childhood research: International perspectives on theory and practice* (pp. 117–135). Alen & Unwin.
- Gomez, G., & Wakes, S. (2020). A framework to support inclusive design teaching and product evaluation: Application in overcoming barriers in food preparation for elderly visual impaired people. In F. Tosi, A. Serra, A. Brischetto, & E. Iacono (Eds.), *Designing for Inclusion, Gamification and Learning Experience* (pp. 366–374). Franco Angeli s.r.l.
- Govindarajan, V., & Trimble, C. (2012). Reverse innovation: A global growth strategy that could pre-empt disruption at home. *Strategy & Leadership*, 40(5), 5–11. <https://doi.org/10.1108/10878571211257122>
- Harris, J. (2008). *The use, application and role of advanced technologies in the lives of disabled people* [Full Research Report ESRC End of Award Report](RES-062-23-0177). ESRC.
- Harris, J. (2010). The use, role and application of advanced technology in the lives of disabled people in the UK. *Disability & Society*, 25(4), 427–439. <https://doi.org/10.1080/09687591003755815>
- Helen Hamlyn Centre for Design. (2016). *Designing with people*. Retrieved 5th October 2016 from <http://designingwithpeople.rca.ac.uk>
- Heylighen, A., & Bianchin, M. (2013). How does inclusive design relate to good design? Designing as a deliberate enterprise. *Design Studies*, 34, 93–110. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2012.05.002>
- Heywood, F. (2001). *Money well spent: The effectiveness and value of housing adaptations*. The Policy Press.
- Keates, S., & Clarkson, P. J. (2003). Countering design exclusion: An introduction to inclusive design. In: J. Clarkson, S. Keates, R. Coleman, C. Lebbon (Eds.) *Inclusive Design* (pp. 438–453). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0001-0_27
- Kolko, J. (2010). Abductive thinking and sensemaking: The drivers of design synthesis. *Design issues*, 26(1), 15–28. <https://doi.org/10.1162/desi.2010.26.1.15>
- Lovell, N. H. (2008). Design of appropriate medical technologies: Engineering social responsibility and awareness. In *Career Development in Bioengineering and Biotechnology* (pp. 374–376). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-76495-5_46
- Macdonald, A. S., & Teal, G. (2011, 18 – 20 April). *Inspiring service innovation through co-design in public sector healthcare*. Include 2011, The Royal College of Arts, London. http://include11.kinetixevents.co.uk/rca/rca2011/paper_final/F399_1455.PDF
- McAdams, D. A., & Kostovich, V. (2011). A framework and representation for universal product design. *International Journal of Design*, 5(1), 29–42.
- Money, A. G., Barnett, J., Kuljis, J., Craven, M. P., Martin, J. L., & Young, T. (2011). The role of the user within the medical device design and development process: medical device manufacturers' perspectives. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 11(1), 15–15. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-11-15>
- Pourdehnad, J., Wexler, E. R., & Wilson, D. V. (2011). *Systems & design thinking: A conceptual framework for their integration* System Sciences 55th Annual Conference, Hull, UK.
- Pullin, G. (2009). *Design meets disability*. MIT Press.
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169.
- Schiederig, T., Tietze, F., & Herstatt, C. (2012). Green innovation in technology and innovation management – an exploratory literature review. *R & D Management*, 42(2), 180–192. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2011.00672.x>
- Siraj-Blatchford, I., & Siraj-Blatchford, J. (2001). An ethnographic approach to researching young children's learning. In G. MacNaughton, S. A. Rolfe, & I. Siraj-Blatchford (Eds.), *Doing early childhood research: International perspectives on theory and practice* (pp. 193–207). Alen & Unwin. <https://doi.org/10.4324/9781003115397-16>
- Thoolen, F., & Schifferstein, H. N. J. (2011, April 18–10). *Cooking with a visual impairment*. Include 2011, Royal College of Art, London. http://include11.kinetixevents.co.uk/rca/rca2011/paper_final/F404_2263.PDF
- Tosi, F., Serra, A., Brischetto, A., & Iacono, E. (Eds.). (2020). *Designing for inclusion, gamification and learning experience*. Franco Angeli s.r.l.
- Triggs, T., McAndrew, C., Akama, Y., & Choukeir, J. (2011). *Telling your story: People and the Aylesbury Estate*. Include 2011, 1–10.
- UDI. (2014). *Principles of universal design*. UDI – The RL Mace Universal Design Institute. Retrieved 2 May 2022 from <https://www.udinstitute.org/principles>
- World Health Organization. (2011). *World report on disability*. http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/en/

GLORIA GÓMEZ

gloria@oceanbrowser.com
gloria.gomez@sydney.edu.au
OCEANBROWSER LTD, DUNEDIN, NEW ZEALAND
SAVE SIGHT INSTITUTE, UNIVERSITY OF SYDNEY,
SYDNEY, AUSTRALIA
[HTTPS://ORCID.ORG/0000-0003-3631-7416](https://orcid.org/0000-0003-3631-7416)

DRA. GLORIA GÓMEZ ES COFUNDADORA DE OCEANBROWSER LTD, Y PROFESORA TITULAR HONORARIA DEL SAVE SIGHT INSTITUTE, DE LA UNIVERSIDAD DE SÍDNEY. GLORIA LLEVA A CABO INVESTIGACIONES DE DISEÑO APLICADAS EN PRÁCTICAS EDUCATIVAS NOVEDOSAS CON BRIDGING DESIGN PROTOTYPES™. PROTOTIPOS RÁPIDOS COMPLETAMENTE FUNCIONALES DE NUEVOS PRODUCTOS CONCEPTUALES SE DESARROLLAN PARA OBTENER UNA ENTRADA TEMPRANA A ENTORNOS REALES Y APRENDER SOBRE UNA COMUNIDAD DE USUARIOS Y SUS PRÁCTICAS. ADEMÁS, REALIZA INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DE LA DOCENCIA Y LA SUPERVISIÓN EN DISEÑO VISUAL, DISEÑO SOCIAL, DISEÑO INCLUSIVO Y EDUCACIÓN MÉDICA.

DR GLORIA GOMEZ IS CO-FOUNDER AT OCEANBROWSER LTD, AND HONORARY SENIOR LECTURER AT THE SAVE SIGHT INSTITUTE, UNIVERSITY OF SYDNEY. GLORIA UNDERTAKES APPLIED DESIGN RESEARCH IN NOVEL EDUCATIONAL PRACTICE WITH BRIDGING DESIGN PROTOTYPES™. FULLY FUNCTIONAL RAPID PROTOTYPES OF NEW CONCEPT PRODUCTS ARE DEVELOPED FOR GAINING EARLY ENTRY TO REAL SETTINGS TO LEARN ABOUT A USER COMMUNITY AND THEIR PRACTICES. ALSO, SHE UNDERTAKES RESEARCH THROUGH TEACHING AND SUPERVISION IN VISUAL DESIGN, SOCIAL DESIGN, INCLUSIVE DESIGN, AND MEDICAL EDUCATION.

SARAH WAKES

sarah.wakes@otago.ac.nz
DEPARTMENT OF MATHEMATICS & STATISTICS,
UNIVERSITY OF OTAGO, DUNEDIN, NEW ZEALAND
[HTTPS://ORCID.ORG/0000-0002-5967-4267](https://orcid.org/0000-0002-5967-4267)

LA PROFESORA ASOCIADA **SARAH WAKES** SE UNIÓ A LA UNIVERSIDAD DE OTAGO EN 2002. HA ENSEÑADO DISEÑO A ESTUDIANTES DE POSGRADO (QUE NO SON DEL ÁREA DEL DISEÑO) EN UN PROGRAMA DE BIOINGENIERÍA, ASÍ COMO DISEÑO INDUSTRIAL, SOSTENIBILIDAD DE MATERIALES Y DISEÑO DE INGENIERÍA. ACTUALMENTE, SARAH SUPERVISA A ESTUDIANTES QUE PARTICIPAN EN UNA VARIEDAD DE INVESTIGACIONES, COMO LA EXPLORACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PENSAMIENTO DE DISEÑO A LAS PYME Y LA APLICACIÓN DEL MODELADO COMPUTACIONAL.

ASSOCIATE PROFESSOR **SARAH WAKES** JOINED THE UNIVERSITY OF OTAGO IN 2002. SHE HAS TAUGHT DESIGN TO NON-DESIGN POSTGRADUATE STUDENTS IN A BIOENGINEERING PROGRAMME AS WELL AS INDUSTRIAL DESIGN, SUSTAINABILITY OF MATERIALS AND ENGINEERING DESIGN. SARAH IS CURRENTLY SUPERVISING STUDENTS ENGAGED IN A VARIETY OF INVESTIGATIONS SUCH AS EXAMINATION OF APPLICATION OF DESIGN THINKING TO SMES AND APPLICATION OF COMPUTATIONAL MODELLING.