

# RESIDUOS ELECTRÓNICOS: LOS PROCESOS DE CAFETERÍAS DE REPARACIÓN COMO BARRERAS PARA LA REPARACIÓN DE DISPOSITIVOS INTELIGENTES

## ADDRESSING E-WASTE: REPAIR CAFÉ PROCESSES AS BARRIERS TO REPAIR OF SMART DEVICES

TERESA CASTLE-GREEN

HORIZON DIGITAL ECONOMY HUB, UNIVERSITY OF NOTTINGHAM, NOTTINGHAM, UNITED KINGDOM

NEELIMA SAILAJA

HORIZON DIGITAL ECONOMY HUB, UNIVERSITY OF NOTTINGHAM, NOTTINGHAM, UNITED KINGDOM

RECIBIDO: 29 DE SEPTIEMBRE DE 2023 // ACEPTADO: 30 DE ABRIL DE 2024 • RECEIVED: SEPTEMBER 29, 2023 // ACCEPTED: APRIL 30, 2024

LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS SON UN PELIGRO PARA LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE QUE AFECTA A MUCHAS PERSONAS Y ECOSISTEMAS DE TODO EL MUNDO. COMO EL VOLUMEN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS SIGUE AUMENTANDO, ES IMPERATIVO ABORDAR ESTE PROBLEMA. A ESTA SITUACIÓN CONTRIBUYE EL INTERNET DE LAS COSAS (IOT), UNA INDUSTRIA EN EXPANSIÓN QUE DESPLIEGA INNUMERABLES DISPOSITIVOS INTELIGENTES EN TODO EL MUNDO. PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE LOS DISPOSITIVOS YA INSTALADOS MEDIANTE REPARACIONES PUEDE AYUDAR A REDUCIR EL IMPACTO DE LA IOT EN EL CAMBIO CLIMÁTICO. UN PLANTEAMIENTO DE DISEÑO E INNOVACIÓN SOSTENIBLES PARA ABORDAR ESTE CRECIENTE PROBLEMA CONSISTE EN CUESTIONAR LAS PRÁCTICAS DE DISEÑO CONVENCIONALES CENTRADAS EN EL CONSUMO DANDO PRIORIDAD A LA REPARABILIDAD COMUNITARIA EN EL DISEÑO. ESTE ARTÍCULO UTILIZA UN ENFOQUE ETNOGRÁFICO Y UTILIZA ENTREVISTAS PARA EXPLORAR LOS RETOS DE LA REPARACIÓN DE DISPOSITIVOS INTELIGENTES EN CONTEXTOS DE REPARACIÓN COMUNITARIA. ANALIZAMOS EL IMPACTO DE ENFOQUES RÁPIDOS FALLIDOS Y LAS SUPOSICIONES QUE TIENEN LOS REPARADORES SOBRE LA REPARABILIDAD DE LOS DISPOSITIVOS INTELIGENTES. NUESTROS HALLAZGOS DEMUESTRAN CÓMO LOS PROCESOS DE REPARACIÓN QUE SE LLEVAN A CABO EN LOS CAFÉS DE REPARACIÓN HACEN QUE SE FILTREN LOS DISPOSITIVOS INTELIGENTES. IDENTIFICAMOS ASÍ LAS BARRERAS QUE LOS DISEÑADORES Y ORGANIZADORES DE CAFÉS DE REPARACIÓN DEBEN ENFRENTAR PARA INCORPORAR CON ÉXITO LA REPARACIÓN DE PRODUCTOS INTELIGENTES EN ESTOS ENTORNOS.

**PALABRAS CLAVE:** REPARACIÓN-COMUNIDAD, IOT, DISEÑO, REPARACIÓN, DISPOSITIVOS INTELIGENTES

ELECTRONIC WASTE, COMMONLY REFERRED TO AS E-WASTE, IS A HEALTH AND ENVIRONMENTAL HAZARD THAT AFFECTS MANY PEOPLE AND ECOSYSTEMS AROUND THE WORLD. AS THE VOLUME OF E-WASTE CONTINUES TO SURGE, IT IS IMPERATIVE THIS ISSUE IS ADDRESSED. CONTRIBUTING TO THIS SITUATION IS THE INTERNET OF THINGS (IOT); AN EXPANDING INDUSTRY DEPLOYING COUNTLESS SMART DEVICES GLOBALLY. PROLONGING THE LIFESPAN OF ALREADY-DEPLOYED DEVICES THROUGH ACTS OF REPAIR CAN HELP TO REDUCE THE IMPACT OF IOT ON CLIMATE CHANGE. A SUSTAINABLE DESIGN AND INNOVATION APPROACH TO ADDRESSING THIS GROWING PROBLEM IS TO CHALLENGE CONVENTIONAL DESIGN PRACTICES FOCUSED ON CONSUMPTION BY PRIORITISING COMMUNITY REPAIRABILITY IN DESIGN. THIS PAPER USES AN ETHNOGRAPHIC AND INTERVIEW APPROACH TO EXPLORE THE CHALLENGES OF REPAIRING SMART DEVICES WITHIN COMMUNITY REPAIR CONTEXTS. WE DISCUSS THE IMPACT OF FAIL-FAST APPROACHES AND THE ASSUMPTIONS THAT REPAIRERS HOLD ABOUT THE REPAIRABILITY OF SMART DEVICES. OUR FINDINGS DEMONSTRATE HOW REPAIR CAFÉ PROCESSES CAUSE SMART DEVICES TO BE FILTERED OUT, THEREBY IDENTIFYING BARRIERS THAT DESIGNERS AND REPAIR CAFÉ ORGANISERS MUST NAVIGATE TO SUCCESSFULLY INCORPORATE THE REPAIR OF SMART PRODUCTS INTO THESE SETTINGS.

**KEYWORDS:** COMMUNITY-REPAIR, IOT, DESIGN, REPAIR, SMART DEVICES



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-  
NoComercial-SinDerivadas 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-  
NoDerivatives 4.0 International License (CC BY-NC-ND 4.0).

## INTRODUCCIÓN

El monitor de residuos electrónicos de las Naciones Unidas (ONU) informó de que solo se recicló el 17% de los 53,6 millones de toneladas métricas de residuos electrónicos generados en 2019 (Forti et al., 2020). Dado que los residuos electrónicos aumentan año tras año (Yu et al., 2010), es esencial abordar este problema. Los residuos electrónicos son un peligro para la salud y el medio ambiente que afecta a muchas personas y ecosistemas de todo el mundo, sobre todo cuando no se manipulan y reciclan correctamente (Heacock et al., 2016; Robinson, 2009). Este aumento de los residuos electrónicos se ve impulsado en parte por la Internet de las Cosas (IoT), un sector en crecimiento cuyas previsiones de dispositivos en todo el mundo pasaron de 9.700 millones en 2020 a más de 29.000 millones en 2030 (Vailshery, 2022). Además de las montañas de residuos electrónicos, esta industria creciente está contribuyendo a la crisis climática mundial (Pörtner et al., 2022) mediante el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción excesiva (Singh & Ogunseitan, 2022) y el agotamiento de los recursos físicos del planeta (Blumenthal & Diamond, 2022).

Aumentar la longevidad de los productos inteligentes para minimizar el impacto de la IoT en el clima es una consideración importante, que se relaciona directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (Hansson et al., 2021). Sin embargo, diseñar para la reparación no es un problema sencillo (Rosner & Ames, 2014), especialmente en lo que respecta a la reparación basada en la comunidad y la IoT. El intercambio de conocimientos y el apoyo entre las organizaciones comunitarias y las empresas pueden contribuir a un cambio positivo, especialmente en relación con la innovación orientada a la sostenibilidad (Kundurpi, 2021). En este artículo, descubrimos los desafíos que enfrentan los reparadores comunitarios y cómo los procesos utilizados para superarlos pueden hacer que los dispositivos inteligentes queden excluidos. De este modo, explicamos las barreras que los diseñadores y los voluntarios de las cafeterías de reparación deben sortear para incorporar con éxito productos inteligentes en estos entornos comunitarios.

## TRABAJOS RELACIONADOS

La IoT infunde inteligencia y conectividad a los objetos más mundanos, y se convierte en un asunto de especial interés en la lucha por reducir los residuos electrónicos (Shittu, 2021). Aparte del caso de algunos teléfonos móviles (por ejemplo, Schischke et al., 2016), la investigación sobre el diseño de la IoT aún no tiene en cuenta la reparabilidad. Además, la investigación en torno a la reparación no llega a explorar en profundidad el caso de la reparación de dispositivos inteligentes.

Un enfoque de diseño e innovación sostenibles aplicable a los dispositivos inteligentes es el del sistema producto-servicio (Ceschin & Gaziulusoy, 2016), en el que se exploran diferentes modelos de negocio para incorporar la reparabilidad y el mantenimiento a la oferta de productos. Aunque el modelo de servicios gestionados está ganando adeptos en el mundo empresarial (Rejeb et al., 2022), no es tan popular en los mercados de consumo (Catulli, 2012). En este caso, la reparación comunitaria está ganando popularidad como alternativa potencialmente disruptiva y está captando la atención de los investigadores (Moalem & Mosgaard, 2021). Sin embargo, la investigación acerca de cómo encajan los productos inteligentes en este espacio es escasa.

## INTRODUCTION

The United Nations (UN) e-waste monitor reported that only 17% of the 53.6 million metric tons of electronic waste generated in 2019 was recycled (Forti et al., 2020). With e-waste increasing year on year (Yu et al., 2010), it is essential that this problem is addressed. E-waste is a health and environmental hazard that affects many people and ecosystems around the world particularly when not handled and recycled correctly (Heacock et al., 2016; Robinson, 2009). This increase in e-waste is partially being fuelled by the Internet of Things (IoT); a growing industry with worldwide device forecasts going from 9.7 billion in 2020 to over 29 billion in 2030 (Vailshery, 2022). In addition to the mountains of e-waste, this thriving industry is contributing to the global climate crisis (Pörtner et al., 2022) through increasing greenhouse gas emissions during excessive production (Singh & Ogunseitan, 2022) and depletion of the world's physical resources (Blumenthal & Diamond, 2022).

Increasing the longevity of smart products to minimise this impact of IoT on the climate is an important consideration, which maps directly to the UN Sustainable Development Goals (Hansson et al., 2021). Designing for repair, however, is not a straightforward problem (Rosner & Ames, 2014) particularly where community-based repair and IoT is concerned. Knowledge sharing and support between community organisations and businesses can help support positive change particularly in relation to sustainability-oriented innovation (Kundurpi, 2021). In this paper, we uncover challenges community repairers face and how processes used to navigate these can cause smart devices to be filtered out. In doing so, we explicate barriers designers and repair café volunteers must navigate to successfully incorporate smart products into these community settings.

## RELATED WORK

The IoT which infuses intelligence and connectivity into the most mundane objects becomes a matter of particular concern in the fight to reduce e-waste (Shittu, 2021). Aside from the case of some mobile phones (for example, Schischke et al., 2016), IoT design research is yet to consider reparability, and research around repair falls short of exploring the use case of smart device repair in depth. One sustainable design and innovation approach that lends itself to that of smart devices is the product-service system approach (Ceschin & Gaziulusoy, 2016), this approach sees different business models being explored to incorporate reparability and maintenance into the product offering. While a managed service model approach is gaining some traction in the business-to-business world (Rejeb et al., 2022), it is not as popular within the consumer markets (Catulli, 2012). Here, community repair is growing in popularity as a potentially disruptive alternative and is capturing the attention of researchers (Moalem & Mosgaard, 2021), although research into how smart products fit into this space is lacking.

Designing for reparability to extend product life is recognised as a complex problem (Makov & Fitzpatrick, 2021). Designers not only require knowledge of the technology and users they are directly serving, they must also understand use, breakdown and repair contexts (Rosner & Ames, 2014), alongside wider societal developments that play into and impact the behaviour change they are attempting to achieve from their design (Joore & Brezet, 2015). While designing for repair is complex, particularly where community-based repair and IoT is concerned, taking this

Diseñar la reparabilidad para prolongar la vida útil de los productos es un problema complejo (Makov & Fitzpatrick, 2021). Los diseñadores no solo necesitan conocer la tecnología y los usuarios a los que sirven directamente, sino que también deben comprender los contextos de uso, avería y reparación (Rosner & Ames, 2014), junto con los avances sociales más amplios que influyen en el cambio de comportamiento que intentan conseguir con su diseño (Joore & Brezet, 2015). Aunque el diseño para la reparación es complejo, especialmente en lo que respecta a la reparación basada en la comunidad y la IoT, la adopción de este enfoque tiene el potencial de alimentar y apoyar el creciente movimiento de reparación. Este movimiento está ayudando a la transición social hacia un enfoque más resistente y sostenible de la propiedad y el uso de la tecnología (Stuart et al., 2022).

Existe un creciente cuerpo de investigación que informa a los diseñadores sobre las barreras a la reparación desde la perspectiva del consumidor (Lefebvre, 2019; Russell et al., 2023), sin embargo, como señala Russell et al. (2023), sigue habiendo una necesidad de investigación que considere las barreras para otras partes interesadas. Se reconoce que una amplia variedad de partes interesadas desempeña papeles esenciales en la transición hacia sociedades más sostenibles (Kundurpi, 2021). Cabe destacar, por tanto, que la perspectiva del reparador comunitario no se ha tenido debidamente en cuenta en relación con los obstáculos que afectan a la reparación de dispositivos inteligentes.

Otro cuerpo de investigación relacionado explora el acto de reparación en los cafés de reparación y desentraña los procesos por los que pasan los reparadores cuando participan en la reparación dentro de estos contextos (Jung et al., 2021; Rosner, 2014; Rosner & Ames, 2014; van der Velden, 2021). Estos estudios discuten muchos desafíos generales de reparación para informar el diseño para estos contextos; sin embargo, no consideran los dispositivos inteligentes como un caso de uso específico. Los productos IoT se han identificado como un espacio de diseño único debido a su naturaleza multifacética (Castle-Green et al., 2023; Lee et al., 2018). Por lo tanto, es lógico pensar que también pueden ser únicos en el espacio de la reparabilidad.

Para abordar estos vacíos de investigación identificados y aportar ideas sobre las barreras que los diseñadores de IoT deben sortear para que sus productos sean reparados con éxito dentro de este movimiento comunitario diverso y complejo (Moalem & Mosgaard, 2021), planteamos la pregunta de investigación: ¿Qué barreras, retos de reparación y procesos afectan a la reparabilidad de los dispositivos inteligentes en los cafés de reparación?

## METODOLOGÍA

Para abordar esta pregunta de investigación, nuestra estrategia consistió en conocer en profundidad los procesos de reparación actuales y los retos a los que se enfrentan los cafés de reparación, junto con las hipótesis sobre la reparación de productos inteligentes. Mediante una etnografía orientada etnometodológicamente (Garfinkel, 1967), observamos las actividades y procesos de reparación en cinco cafés de reparación diferentes a lo largo de ocho eventos de tres horas durante seis meses. Se documentaron las rutinas de los cafés y los problemas de sus miembros en notas de campo y fotografías. Para garantizar la diversidad, se incluyeron tres cafeterías cercanas al centro de investigación (en un radio de 10 millas) y dos más alejadas (entre 25 y 45 millas). Se contactó con los organizadores por correo electrónico o a través de las redes sociales y se realizaron visitas de acceso para confirmar la idoneidad antes de comenzar la investigación.

approach has the potential to feed into and support the growing repair movement which is aiding societal transitioning to a more resilient and sustainable approach to technology ownership and use (Stuart et al., 2022).

There is a growing body of research informing designers about barriers to repair from the consumer perspective (Lefebvre, 2019; Russell et al., 2023), however, as Russell et al. (2023) notes, there remains a need for research considering the barriers for other stakeholders. A wide variety of stakeholders are recognised as playing essential roles as we transition to more sustainable societies (Kundurpi, 2021). It is of note then, the community repairer's perspective has not been adequately considered in relation to barriers impacting repair of smart devices.

Another related body of research explores the act of repair at repair cafés and unpacks the processes that repairers go through when they engage in repair within these contexts (Jung et al., 2021; Rosner, 2014; Rosner & Ames, 2014; van der Velden, 2021). These studies discuss many general repair challenges to inform design for these contexts; however, they fail to consider smart devices as a specific use case. IoT products have been identified as a unique design space due to their multifaceted nature (Castle-Green et al., 2023; Lee et al., 2018). It stands to reason then that they may also be unique in the reparability space.

To address these identified research gaps and contribute insights into barriers IoT designers must navigate to have their products successfully repaired within this diverse and complex community movement (Moalem & Mosgaard, 2021), we pose the research question: What barriers, repair challenges and processes impact the repairability of smart devices at repair cafés?

## METHODOLOGY

To tackle this research question, our strategy was to gain a deep understanding of current repair processes and challenges within repair cafés, alongside assumptions about smart product repair. Through ethnomethodologically oriented ethnography (Garfinkel, 1967), we observed repair activities and processes at five different repair cafés across eight three-hour events over six months, documenting café routines and members' troubles in fieldnotes and photographs. To ensure diversity, this included three cafés local to the research centre (within 10 miles), and two from further afield (between 25 and 45 miles). Organisers were approached via email or social media with access visits conducted to confirm suitability before research commenced.

In addition, twelve semi-structured interviews of volunteer electrical and mechanical repairers, lasting an average of 39 minutes, enquired about personal experiences of successful and unsuccessful repairs, repair processes, common faults, general challenges and IoT specific challenges relating to technology repair. Participants were also asked what they thought needed to change in the IoT repair space and who needed to do what to improve things. This ensured depth and breadth of data was maximised with a focus on repairers' own experiences. Participants were recruited through a snowballing and social media messaging approach including eleven repair groups across the UK. Informed consent was obtained from all participants at the start of fieldwork and interview sessions.

Following familiarisation and transcription steps of audio data, a data-driven thematic analysis (Boyatzis, 1998) was performed to gain insight into reported repair processes and challenges. This incorporated a detailed data-session to discuss initial rounds of coding and development of themes. The intersection

Además, se realizaron doce entrevistas semiestructuradas a reparadores eléctricos y mecánicos voluntarios, de una duración media de 39 minutos, en las que se indagó sobre experiencias personales de reparaciones con éxito y sin éxito, procesos de reparación, fallos comunes, retos generales y retos específicos de la IoT relacionados con la reparación de tecnología. También se preguntó a los participantes qué creían que tenía que cambiar en el ámbito de la reparación del IoT y quién tenía que hacer qué para mejorar las cosas. De este modo se garantizó la máxima profundidad y amplitud de los datos, centrándose en las propias experiencias de los reparadores. Se reclutó a los participantes mediante un enfoque de bola de nieve y mensajería en las redes sociales que incluyó a once grupos de reparación de todo el Reino Unido. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes al inicio del trabajo de campo y de las entrevistas.

Tras las fases de familiarización y transcripción de los datos de audio, se llevó a cabo un análisis temático basado en los datos (Boyatzis, 1998) para comprender mejor los procesos de reparación y los retos comunicados. Se celebró una sesión de datos detallada para debatir las primeras rondas de codificación y el desarrollo de temas. A continuación, se debatió en detalle la intersección de éstos con las notas de campo etnográficas, en relación con las actividades de reparación observadas y las rutinas de la cafetería.

## RESULTADOS

Durante nuestra investigación, se hizo evidente que las características clave de los propios cafés de reparación determinaban la forma en que los reparadores trataban los dispositivos inteligentes. Así pues, las conclusiones que aquí se exponen sirven para relevar algunas de las barreras a las que se enfrentan los diseñadores de IoT cuando intentan diseñar productos inteligentes reparables. En primer lugar, ofreceremos detalles sobre el contexto de los cafés de reparación comunitarios antes de analizar el impacto de los procesos y las suposiciones de los reparadores en la reparación de productos inteligentes.

### EL ENTORNO DE LA CAFETERÍA DE REPARACIONES

Los cafés de reparación son sesiones basadas en eventos que suelen llevarse a cabo durante tres horas con periodicidad semanal, mensual o trimestral. En todos los cafés de reparación que participaron en esta investigación el sector electromecánico es un elemento central de su servicio, aunque además ofrecen otros tipos de reparaciones (como, por ejemplo, bicicletas y textil). De los cinco cafés de reparaciones que visitamos, cuatro se encontraban en salones de iglesias y sólo uno tenía su propia propiedad, que incluía un espacio de almacenamiento limitado para herramientas y artículos de reparación en curso. En los datos de las entrevistas, también se mencionaron las bibliotecas y los cafés tradicionales como lugares de reparación.

Todos los reparadores trabajan de forma voluntaria y los portadores de los artículos pagan donativos por las reparaciones realizadas o intentadas, según su criterio. Las donaciones se utilizan para cubrir los gastos de funcionamiento (alquiler y herramientas) y, cuando se obtienen beneficios, se donan a organizaciones benéficas locales. Al final de cada sesión, observamos que los organizadores y voluntarios medían el éxito del acto contando los resultados de los intentos de reparación.

*Nuestro índice general de reparaciones está en torno a los 60, así que [...] el 67/68% de las cosas que llegan se reparan y eso está en línea con el índice mundial de cafés de reparación. (Participante 12)*

of these with the ethnographic fieldnotes, relating to observed repair activities and café routines, was then discussed in detail.

## FINDINGS

During our research, it became apparent that key features of repair cafés themselves were shaping the way smart devices were treated by repairers. Thus, the findings reported here serve to highlight some of the barriers that IoT designers face when attempting to design repairable smart products. Here, we will first provide details of the community repair café context before discussing the impact of repairers' processes and assumptions on smart product repair.

### THE REPAIR CAFÉ SETTING

Repair cafés are event-based sessions that usually operate for three hours on a weekly, monthly, or quarterly basis. For all of the repair cafés that participated in this research, while they offer other types of repairs (such as, bicycle and textile), the electromechanical sector is a core element of their service. Out of the five repair cafes we visited, four were in church halls and only one had their own property, which included limited storage space for tools and 'repair in progress' items. Within the interview data, libraries and traditional cafés were also mentioned as repair café locations.

The repairers all work on a volunteer basis with item 'bringers' paying donations for successful or attempted fixes as they see fit. Donations are used to cover operating costs (such as rent and tools) and in cases where profit is made, it is donated to local charities. At the end of each event session, we observed organisers and volunteers measuring the success of the event by tallying the outcomes of attempted fixes.

*Our overall repair rate is in the late 60s, so [...] 67/68% of things that come in get repaired and that's in line with the worldwide repair cafe rate. (Participant 12)*

Other success metrics, observed within our fieldwork, include the total weight of repaired items delayed from going to landfill.

Whether or not an item is successfully repaired at these repair café events is heavily dependent on the repairer's navigation of some core repair challenges. Firstly, the repairer must establish the fault, then troubleshoot their way to a diagnosis. Diagnosis often (but not always) requires repairers to gain access into the device to allow them to undertake checks on power flow, switches and mechanisms that could be causing the fault. Gaining access into products, and successfully completing a diagnosis was reported by repairers as one of their main challenges, this was particularly true of more modern technology. For example:

*The ability to access these items to get inside them. They're not designed to be rebuilt or repaired. That's the biggest problem. (Participant 8)*

Other challenges reported and observed as prevalent included access to tools, availability of spare parts, skills and managing time constraints. Within these settings, other volunteers (often referred to as hosts) support the repair work by checking items in and out and providing refreshments for bringers who are waiting for a repairer to become available. During our observations the pressures around time management were clearly apparent. As repairers attempted to work through their meticulous diagnosis

Otros indicadores de éxito, observados en nuestro trabajo de campo, incluyen el peso total de los artículos reparados que no han ido a parar al vertedero.

Que un artículo se repare con éxito en estos cafés de reparación depende en gran medida de que el técnico supere algunos de los principales retos de la reparación. En primer lugar, el reparador debe determinar la avería y, a continuación, seguir un proceso para llegar a un diagnóstico. El diagnóstico suele requerir (aunque no siempre) que los reparadores accedan al interior del aparato para poder comprobar el flujo eléctrico, los interruptores y los mecanismos que podrían estar causando el fallo. Los reparadores señalaron que acceder a los productos y completar con éxito el diagnóstico era uno de sus principales retos, especialmente en el caso de la tecnología más moderna. Por ejemplo:

*La capacidad de acceder a estos objetos para entrar en ellos. No están diseñados para ser reconstruidos o reparados. Ese es el mayor problema. (Participante 8)*

Otros problemas señalados y observados fueron el acceso a las herramientas, la disponibilidad de piezas de repuesto, las habilidades y la gestión del tiempo. En estos entornos, otros voluntarios (a menudo denominados anfitriones) apoyan el trabajo de reparación comprobando la entrada y salida de los artículos y ofreciendo refrescos a los portadores que esperan a que haya un reparador disponible. Durante nuestras observaciones, las presiones en torno a la gestión del tiempo se hicieron claramente patentes. Mientras los reparadores intentaban llevar a cabo sus meticulosos procesos de diagnóstico y reparación, cada vez llegaban más clientes con una gran variedad de objetos rotos con la esperanza de que un reparador pudiera ayudarles. Esta presión también se refleja en los datos de las entrevistas, como demuestra la viñeta del participante 3:

*Vemos que mucha gente nos está esperando. Así que diría que me siento un poco presionado para encontrar el problema y repararlo rápidamente. (Participante 3)*

#### LA APROXIMACIÓN DE FALLAR RÁPIDO

Para hacer frente a estas presiones de mantener los niveles de éxito, ayudar al mayor número posible de portadores y terminar las reparaciones dentro de la sesión, muchos cafés de reparaciones adoptan un enfoque similar al enfoque de fracaso rápido de la metodología lean start-up y design thinking (Müller & Thoring, 2012). El participante 2 lo describe muy bien:

*Tenemos un sistema que se llama fail-quickly (fallar rápido). [...] Si tuviera cinco horas, probablemente podría arreglarlo. Pero no lo hago, así que sólo voy a decir: ahora no puedo hacerlo. Porque no quiero pasarme todo el período [...] cuando en realidad podría arreglar otras 4 cosas en el mismo tiempo. (Participante 2)*

Todas las cafeterías con las que trabajamos contaban con algún tipo de proceso de triaje para apoyar este proceso, que permitía filtrar los artículos no reparables o indeseables lo antes posible. De esto se encargaban tanto los anfitriones como los reparadores. Hay varias razones por las que se rechazan artículos durante el triaje, por ejemplo: el tipo de artículo, las habilidades disponibles entre los voluntarios, la experiencia previa o las suposiciones sobre la reparabilidad de determinados artículos.

and repair processes, more and more bringers arrived with a wide variety of broken things in the hope that a repairer would be able to help them. This pressure also came through in the interview data as the vignette from participant 3 demonstrates:

*We do see, a lot of people are actually waiting for us. So, I would say that I feel a bit pressured to find the issue and just repair it quickly. (Participant 3)*

#### THE FAIL-FAST APPROACH

To address these pressures of maintaining success levels, assisting as many bringers as possible and finishing repairs within the session, many repair cafés adopt an approach similar to the fail-fast approach in lean start-up and design thinking methodology (Müller & Thoring, 2012). Participant 2 describes this nicely:

*We have a thing called fail-quickly. [...] If I had five hours, I probably could fix it. But I don't, so I'm just gonna say now. I can't do it. Because I don't want to spend the entire period [...] when I could actually fix 4 other things in the same time. (Participant 2)*

All of the cafés we engaged with had some form of triage process to support this failing-fast, allowing filtering out of items as unrepairable or undesirable within their repair café as soon as possible in the process. This was performed by both hosts and repairers. Several reasons lead to items being rejected during triage, for example: because of the item type, available skills among the volunteers, prior experience or assumptions about the reparability of particular items. In addition, some repair cafés operate a booking system for electrical goods, where bringers use an online booking system to select a time slot. This approach adds a pre-event layer of triage where bookings can be assessed and if deemed necessary refused before they are brought in. This is also the case with conversations on social media pages where bringers seek advice about the probability of being able to fix their device before bringing it in.

As participant 5 states, the triage process provides a check, before accepting an item, that the repair skills and necessary time is available within the repair café session.

*We'll triage it when it comes in [and] generally, [...] we aim to accept it on the basis that someone who's there is capable of doing it, that day, so if they've got the time. (Participant 5)*

While in some cases repairers do take items home with them to continue the repair, this is not a preferred approach. Most cafés aim to have items fixed by the end of the session and in some cases, as participant 10 describes, they place a 20- or 30-minute target on repairs.

*There is a stipulated time of half an hour, but because we've usually got two or three repairers it sort of evens out because obviously you've got a queue of about 10 to 15 people wanting repairs and I'm only there for three hours. So really, theoretically I can only do six repairs, but in practise I usually do more than that. I usually do about 10. (Participant 10)*

Further levels of filtering occur after an item has been accepted. Firstly, repairers may select the items that they are happy to work on from a list, leaving others for their colleagues:

Además, algunos cafés de reparaciones cuentan con un sistema de reserva de objetos eléctricos, en el que los clientes utilizan un sistema de reserva en línea para seleccionar una franja horaria. Este enfoque añade un nivel de triaje previo al evento en el que se pueden evaluar las reservas y, si se considera necesario, rechazarlas antes de que se reciban. Lo mismo ocurre con las conversaciones en las redes sociales, donde los clientes piden consejo sobre las probabilidades de arreglar su aparato antes de llevarlo. Como afirma el participante 5, el proceso de triaje permite comprobar, antes de aceptar un artículo, que se dispone de los conocimientos de reparación y del tiempo necesario en la sesión del café de reparación.

*Lo clasificaremos cuando llega [y] generalmente, [...] pretendemos aceptarlo sobre la base de que alguien que esté allí sea capaz de hacerlo, ese día, siempre que cuenten con el tiempo. (Participante 5)*

Aunque en algunos casos los reparadores se llevan los artículos a casa para continuar con la reparación, no es el método preferido. El objetivo de la mayoría de los cafés es que los artículos estén reparados al final de la sesión y, en algunos casos, como describe el participante 10, se fijan un objetivo de 20 o 30 minutos para las reparaciones.

*Hay un tiempo estipulado de media hora, pero como solemos tener dos o tres reparadores, se equilibra un poco, porque obviamente hay una cola de 10 a 15 personas que quieren reparaciones y yo sólo estoy tres horas. Así que, en teoría, sólo puedo hacer seis reparaciones, pero en la práctica suelo hacer más. Suelo hacer unas diez. (Participante 10)*

Una vez aceptado un artículo, se producen otros niveles de filtrado. En primer lugar, los reparadores pueden seleccionar de una lista los artículos en los que están dispuestos a trabajar, dejando otros para sus colegas:

*Tenemos una pizarra. Así que los anotamos para que cuando un reparador esté libre, si lo desea, pueda ver la cola, el orden en que ha llegado la gente. Y si el siguiente par no son cosas que les interesan, pueden decir no, no, oh reproductor de CD, sí, me quedo con eso. (Participante 4)*

Por lo general, esto se basa en las habilidades de los reparadores. Muchos se mostraron cautelosos a la hora de realizar reparaciones de dispositivos inteligentes debido a su complejidad. Algunos reparadores están seguros de sí mismos y se encargan de cualquier dispositivo de la lista, mientras que otros tienen un conjunto de habilidades más limitado y se inclinan por los artículos que tienen confianza o experiencia en reparar.

*Realmente se trata de si creemos que podemos arreglarlo o tenemos experiencia en arreglar ese tipo de cosas con éxito. Y entonces es a ellos a quienes favorecemos. (Participante 7)*

Este enfoque de falla rápido para clasificar y filtrar los artículos que se van a reparar es necesario para garantizar que el acto se desarrolle sin problemas y a tiempo. Los cafés de reparación suelen ser eventos muy concurridos, con más demanda que capacidad

*We have a whiteboard. So we write them up so as a repairer becomes free, if they wish to, they could look down the sort of queue, the order in which people arrived. And if the next couple are not things that they're keen on, they can go no, no, oh CD player, yes, I'll take that. (Participant 4)*

This is generally based on the skills of the repairers. Many demonstrated or reported caution around taking on smart device repairs due to their complexity. Some repairers are confident and will take on any device on the list, while others have a narrower skill set and will stick to items, they are confident or experienced at repairing.

*Really it's a question of if we think we can fix it, or have the experience of fixing that kind of thing successfully. And then they're the ones we favour. (Participant 7)*

This fail-fast approach to triaging and filtering items to be repaired is a necessary part of ensuring the event runs smoothly and to time. Repair cafés are often popular events, with more demand than capacity (as participant 10 notes), they are therefore unable to attempt to repair everything that is brought to them.

*There's almost always too much equipment to repair on the given Saturday, maybe up to about 30 or 40 people coming in with stuff. We just haven't got time to repair it. (Participant 10)*

Filtering items likely to be complex or time consuming to fix allows for the maximum number of bringers to be served, maintaining repairer motivations and success metrics. From our observations we noted, failing-fast can also involve a change of approach after the repair has been accepted. For instance, this may be because a part is required, or because the estimated time to complete the repair goes beyond what is available for the session. These items are returned to the bringer, either as an unrepairable item that needs to be disposed of or as something that needs to be taken to a different setting, such as a professional repairer. For example, during fieldwork we observed an initial attempt to reset an old laptop and delete any data to allow a bringer to pass it on. This proved time consuming resulting in the repairer suggesting they take it elsewhere or opt for hard-drive removal before disposal, the bringer chose the latter.

In summary, fail-fast filtering work occurs as a staged approach with an aim to identify and reject or return items at the earliest possible point. Our findings show 5 possible stages at which repair cafés do this: 1) through questions from potential bringers on social media, 2) prior to the event after online booking of an item, 3) at point of check in with the repair café hosts, 4) at initial contact with a repairer, and 5) during the repair process.

#### ASSUMPTIONS ABOUT THE REPAIRABILITY OF IOT DEVICES

Much of the filtering work performed during the triaging stages is based on assumptions about and prior experience of particular item types. When interview participants discussed repairability of smart devices most assumptions were negative. For example, a lack of available parts was assumed:

(como señala el participante 10), por lo que no pueden intentar reparar todo lo que se les lleva.

*Casi siempre hay demasiados equipos para reparar en un sábado cualquiera, quizá hasta unas 30 o 40 personas que vienen con cosas. No tenemos tiempo para repararlo todo. (Participante 10)*

Filtrar los artículos cuya reparación pueda resultar compleja o lenta permite atender al mayor número posible de clientes, manteniendo la motivación de los reparadores y las métricas de éxito. Según nuestras observaciones, el fracaso rápido también puede implicar un cambio de enfoque una vez aceptada la reparación. Esto puede deberse, por ejemplo, a que se necesita una pieza o a que el tiempo estimado para completar la reparación va más allá de lo disponible para la sesión. Estos objetos se devuelven al portador, ya sea como un objeto irreparable que hay que eliminar o como algo que hay que llevar a otro lugar, como un reparador profesional. Por ejemplo, durante el trabajo de campo observamos un intento inicial de restablecer un ordenador portátil antiguo y borrar todos los datos para que el portador pudiera entregarlo. Esto llevó mucho tiempo, por lo que el reparador sugirió que se lo llevaran a otro lugar o que optaran por extraer el disco duro antes de deshacerse de él.

En resumen, el trabajo de filtrado de falla rápida se realiza por etapas con el objetivo de identificar y rechazar o devolver los artículos lo antes posible. Nuestros hallazgos muestran 5 posibles etapas en las que los cafés de reparaciones lo hacen: 1) a través de preguntas de posibles clientes en las redes sociales, 2) antes del evento tras la reserva en línea de un artículo, 3) en el momento de registrarse con los anfitriones del café de reparaciones, 4) en el contacto inicial con un reparador y 5) durante el proceso de reparación.

#### **SUPOSICIONES SOBRE LA REPARABILIDAD DE LOS DISPOSITIVOS IOT**

Gran parte del trabajo de filtrado realizado durante las fases de clasificación se basa en suposiciones y en la experiencia previa con determinados tipos de artículos. Cuando los entrevistados hablaron de la reparabilidad de los dispositivos inteligentes, la mayoría de las suposiciones eran negativas. Por ejemplo, se suponía que no había piezas disponibles:

*Los dispositivos inteligentes creo que son imposibles porque las piezas de repuesto no están disponibles. (Participante 1)*

Esta suposición iba a veces unida a comentarios sobre el bajo coste de los dispositivos y las dificultades de trabajar con microelectrónica:

*Cada vez más con la miniaturización. Por ejemplo, en un iPhone es imposible sustituir un componente porque todo es de estado sólido. Es una especie de micro ingeniería para ser pequeño. Así que es difícil de reparar. (Participante 5)*

Además de las preocupaciones sobre los elementos de hardware, identificamos 3 supuestos claves relacionados con las capacidades de software de los productos inteligentes. El primero respecto de temas en torno a la seguridad. Por ejemplo:

*Smart devices I think are impossible because the spare parts aren't available. (Participant 1)*

This assumption was sometimes coupled with comments about the low cost of devices and the difficulties of working with microelectronics:

*Increasingly with miniaturisation. I mean, for example, in an iPhone, there's no way you could replace a component in an iPhone because it's all effectively solid-state. It's sort of micro engineered if you like to be small. So it's difficult to repair. (Participant 5)*

In addition to concerns about the hardware elements we identified 3 key assumptions linked to the software capabilities of smart products. The first was questions around security. For example:

*There's the worry with sort of IoT stuff of security and old stuff. Maybe it's got old software in which hackers have long since worked out how to get round. And so do you still really want try and keep the old stuff going if they can hack in and that's a route into your network. (Participant 9)*

There was also caution around software in relation to the support and potential obsolescence:

*The software capabilities mean that as soon as that software stops the support for that thing, they're useless. They're not broken in the traditional sense. (Participant 4)*

The final concern was a general assumption about the time taken to diagnose and fix software faults.

*We specifically select things that can be done fairly quickly. So yeah, we would reject anything that we thought was going to be a massive job. It's hard to say really anything to do with software or computers, and computers not booting can take hours if not days. You just keep going round and round and trying to find problems. (Participant 9)*

As participant 4 suggests there is also a general assumption that IoT devices fall into a different category to the devices that are usually serviced at repair cafés. The current repair café setup is not geared towards these devices in terms of repairer skills, tools and experience. Therefore, many will be rejected as a result of the fail-fast approach unless, as participant 4 states, the fault is obviously within a repairer's remit.

*I don't think smart devices fit. If they come into repair cafes, we will be saying no, that's not something we can do, it doesn't belong here. The fact that they look like small electric or electronic devices that can be repaired is probably deceptive, I think. Unless the battery's leaked in which case absolutely. (Participant 4)*

*La seguridad y la antigüedad de los dispositivos IoT son motivo de preocupación. Puede que haya software antiguo que los hackers ya hayan descubierto cómo sortear. Entonces, ¿realmente quieres seguir intentando mantener el material antiguo si pueden piratearlo y eso es una vía de acceso a tu red? (Participante 9)*

También hubo cautela con el software en relación con el soporte y la posible obsolescencia:

*Las capacidades del software significan que en cuanto ese software deja de dar soporte a esos aparatos, se vuelve inútiles. No están rotos en el sentido tradicional. (Participante 4)*

La última preocupación era una suposición general sobre el tiempo que se tarda en diagnosticar y solucionar los fallos del software.

*Seleccionamos específicamente cosas que puedan repararse con bastante rapidez. Entonces, rechazaríamos cualquier cosa que pensáramos va a ser un trabajo enorme. Es difícil decir, pero normalmente cualquier cosa que tenga que ver con software o computadores, y los computadores que no arrancan pueden tardar horas, si no días. No paras de dar vueltas e intentar encontrar problemas. (Participante 9)*

Como sugiere el participante 4, también existe la suposición general de que los dispositivos IoT pertenecen a una categoría diferente a la de los dispositivos que se suelen reparar en los talleres de reparación. La configuración actual de las cafeterías de reparación no está orientada a estos dispositivos en términos de habilidades, herramientas y experiencia del reparador. Por lo tanto, muchos serán rechazados como resultado del enfoque de falla rápida a menos que, como afirma el participante 4, la falla sea obviamente competencia de un reparador.

*No creo que los dispositivos inteligentes encajen. Si entran en las cafeterías de reparación, diremos que no, que eso no podemos hacerlo, que no tiene cabida aquí. Creo que el hecho de que parezcan pequeños aparatos eléctricos o electrónicos que se pueden reparar es engañoso. A menos que la batería tenga una fuga, en cuyo caso, absolutamente. (Participante 4)*

En resumen, hemos demostrado cómo los productos IoT pueden ser descartados por los talleres de reparación por no ser reparables o no ser apropiados dentro de su contexto de servicio. Esto es el resultado del enfoque de falla rápida unido a suposiciones sobre la reparabilidad de los dispositivos inteligentes. Esto se relaciona con la disponibilidad probable de piezas de recambio, las herramientas y conocimientos necesarios para trabajar con microelectrónica, el tiempo estimado que puede llevar la reparación (sobre todo cuando se trata de software) y las implicaciones del soporte oficial o la falta de él. Estas suposiciones se basan en la experiencia previa en la reparación de productos de la misma categoría o de categorías similares, en el conocimiento general del IoT y en la comprensión de las limitaciones de los entornos de los cafés de reparación. Se identifican entonces varias barreras que los diseñadores centrados en la sostenibilidad deben superar para aumentar la reparación de productos inteligentes en estos entornos comunitarios.

In summary then we have demonstrated how IoT products may get dismissed by repair cafés as not repairable or not appropriate within their repair context as a result of this fail-fast approach coupled with assumptions about the reparability of smart devices. These relate to the likely availability of spare parts, the tools and skills required to work with microelectronics, the estimated time it may take (particularly where software is involved) and the implications of official support or lack of. These assumptions are based on previous experience of repairing products within the same or similar categories, general knowledge of IoT and an understanding of the limitations of the repair café settings. This then presents several barriers for sustainability focused designers to navigate to increase smart product repair within these community settings.

## DISCUSSION

Our observations build on previous descriptions of processes at repair café events (Moalem & Mosgaard, 2021; Rosner, 2014; van der Velden, 2021) through the exploration of filtering work. While it has been mentioned briefly in previous works (for example, van der Velden, 2021) noted repairers rejecting mobile phones due to requiring specialist skills not present among the volunteer repairers), this was not explored in detail, particularly in explicating stages at which items, such as these, are filtered. In this paper we have added to the discourse through identification of 5 possible stages at which repair cafés filter or reject items as part of a fail-fast approach to repair. These are: 1) through questions from potential bringers on social media, 2) prior to the event after online booking of an item, 3) at point of check in with the repair café hosts, 4) at initial contact with a repairer, and 5) during the repair process.

Having identified the stages in which this filtering work happens we also unpack assumptions that repairers place on the reparability of smart devices in general, to better understand why IoT products in particular may be subject to this filtering. Here, we build on the work of Lefebvre (2019) through increased understanding of barriers to repair, and answer the call of (Russell et al., 2023) by providing barriers to repair from the repairers' perspective. Our findings then identify key repairer assumptions that become barriers to smart device repair when coupled with the fail-fast approach at repair cafés. Firstly, we identified an assumption that parts will not be available and that even if they are, the use of microelectronics means they will not be easily repairable in these settings. Secondly, we identified an assumption that the software elements of the product call into question the value of repair through considerations about security risks and obsolescence. Finally, we identified an assumption that any repairs involving software take extended periods of time to fix which add risk within a time pressured and limited repair café context. Designers must be sympathetic to these assumptions and approaches, if they wish their products to be repairable within these settings. In particular, they must innovate new models and approaches to designing products and services that assist the repairer in overcoming these barriers. A crucial aspect of this approach, that ties into the classic HCI challenge of 'perceived affordance' (Norman, 1999), is that these assumptions must be addressed by designers in a way that ensures products appear repairable to bringers, hosts and repairers at the point of triage for the repair to be occasioned, as items can be rejected quickly if they seem overly difficult or complex.



## DISCUSIÓN

Nuestras observaciones se basan en descripciones anteriores de los procesos en los cafés de reparación (Moalem & Mosgaard, 2021; Rosner, 2014; van der Velden, 2021) a través de la exploración del trabajo de filtrado. Si bien se ha mencionado brevemente en trabajos anteriores, por ejemplo, van der Velden (2021) observó que los reparadores rechazaban teléfonos móviles debido a que requerían habilidades especializadas que no poseían los reparadores voluntarios. Esto no se exploró en detalle, en particular para explicar las etapas en las que se filtran artículos como estos. En este artículo hemos contribuido al discurso mediante la identificación de 5 posibles etapas en las que los cafés de reparaciones filtran o rechazan artículos como parte de un enfoque de reparación por falla rápida. Estas etapas son: 1) a través de preguntas de posibles portadores en las redes sociales, 2) antes del evento tras la reserva en línea de un artículo, 3) en el punto de registro con los anfitriones del café de reparación, 4) en el contacto inicial con un reparador y 5) durante el proceso de reparación.

Una vez identificadas las fases en las que se produce este trabajo de filtrado, también desentrañamos las suposiciones que los reparadores hacen sobre la reparabilidad de los dispositivos inteligentes en general, para entender mejor por qué los productos IoT en particular pueden estar sujetos a este proceso de filtrado. Aquí, nos basamos en el trabajo de Lefebvre (2019) a través de una mayor comprensión de las barreras respecto de la reparación, y respondemos a Russell et al., (2023) proporcionando barreras ante el proceso de la reparación desde la perspectiva de los reparadores. Nuestros hallazgos identifican las suposiciones clave de los reparadores que se convierten en barreras para la reparación de dispositivos inteligentes cuando se combinan con el enfoque rápido de los cafés de reparación. En primer lugar, identificamos la suposición de que no habrá piezas disponibles y que, incluso si las hay, el uso de microelectrónica significa que no serán fáciles de reparar en estos entornos. En segundo lugar, identificamos la suposición de que los elementos de software del producto cuestionan el valor de la reparación por consideraciones sobre riesgos de seguridad y obsolescencia. Por último, hemos detectado que las reparaciones relacionadas con el software requieren mucho tiempo, lo que supone un riesgo añadido en un contexto limitado y apremiado por el tiempo. Los diseñadores deben ser comprensivos con estos supuestos y planteamientos si quieren que sus productos puedan repararse en estos entornos. En concreto, deben innovar para diseñar productos y servicios que ayuden al reparador a superar estas barreras. Un aspecto crucial de este planteamiento, que enlaza con el reto clásico de IHC de la asequibilidad percibida (Norman, 1999), es que los diseñadores deben abordar estos supuestos de forma que los productos parezcan reparables a los portadores, anfitriones y reparadores en el punto de triaje para que se produzca la reparación, ya que los artículos pueden rechazarse rápidamente si parecen demasiado difíciles o complejos.

Cabe señalar que, durante nuestras observaciones en los cafés de reparación, aparte de teléfonos, tabletas y computadores portátiles que a menudo se rechazaban, vimos que se traían muy pocos dispositivos inteligentes, una observación que se corroboró con algunas de las entrevistas con los reparadores.

Si bien esto puede deberse al filtrado previo al evento durante las fases 1 y 2, también puede deberse a la naturaleza incipiente del mercado de la IoT. Dado que esto no está claro en la actualidad, sugerimos que, debido a la naturaleza única de los

It is worth noting that during our observations at repair cafés, apart from phones, tablets and laptops that were often turned away, we saw very few smart devices being brought in, an observation also echoed in some of the interviews with repairers. While this is potentially due to pre-event filtering during stages 1 and 2, it may also be due to the nascent nature of the IoT market. As this is currently unclear, we suggest, due to the unique nature of smart products, more research is needed to understand how barriers to the occasioning of IoT repair at the consumer level may differ from those already identified for other product types (for example, Lefebvre, 2019)

## CONCLUSION

The findings reported here make 3 key contributions to the discourse on reparability of technology and sustainable design. Firstly, we demonstrate some of the ways in which the current structure of repair cafés is potentially not compatible with smart device repair. Notably, the combination of a fail-fast approach to repair and assumptions about the reparability of smart devices, lends itself to filtering of these devices at repair events. Secondly, in our identification of 5 filtering stages and reparability assumptions we present a range of barriers for designers to consider when innovating new ways to support the community repair movement in increasing the sustainability of smart products. With the continual expansion of the IoT industry and increasing mountains of e-waste worldwide, it is essential that smart products are not exacerbating the climate crisis by transitioning to e-waste prematurely. Increasing the reparability of this product category is a potential way to elongate the lifecycle and therefore postpone this transition to e-waste. Through these insights we aim to support 'radical innovation' that challenges the current consumption and production patterns of the IoT industry. We suggest incorporating community repairers as a 'user group' within the design process to help address these barriers will help support this growing movement towards a more environmentally resilient future (Joore & Brezet, 2015), through increasing the success of community based smart product repair. In addition, these findings may be useful to repair cafés as a prompt to review their approach and capabilities for improved smart product triage and repair practices.

In summary, contributions from this paper are: 1) Demonstration of repair cafés fail-fast approach leading to smart device filtering at point of triage. 2) Identification of barriers for IoT designers to address to ensure products appear repairable at point of triage. 3) Insights from which repair cafés can review their approach and capability for effective smart product triage and repair.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research is supported by funding from the UKRI EPSRC [EP/W024780/1, EP/T022493/1]. Thanks to: Alex Rocha, Chris Archer, Martin Bryant and Pranav Balasubramanian for their input.

productos inteligentes, se necesita más investigación para entender cómo las barreras a la ocasión de la reparación de la IoT a nivel del consumidor pueden diferir de las ya identificadas para otros tipos de productos (por ejemplo, Lefebvre, 2019).

#### **CONCLUSIÓN**

Los resultados que aquí se exponen aportan tres contribuciones clave al discurso sobre la reparabilidad de la tecnología y el diseño sostenible. En primer lugar, demostramos algunas de las formas en que la estructura actual de los cafés de reparación es potencialmente incompatible con la reparación de dispositivos inteligentes. En particular, la combinación de un enfoque de reparación de falla rápida y las suposiciones sobre la reparabilidad de los dispositivos inteligentes, potencia el filtrado de estos dispositivos en los eventos de reparación. En segundo lugar, en nuestra identificación de 5 etapas de filtrado y supuestos de reparabilidad presentamos una serie de barreras que los diseñadores deben tener en cuenta a la hora de innovar nuevas formas de apoyar el movimiento de reparación comunitaria para aumentar la sostenibilidad de los productos inteligentes. Con la continua expansión de la industria de la IoT y las crecientes montañas de residuos electrónicos en todo el mundo, es esencial que los productos inteligentes no agraven la crisis climática al convertirse en residuos electrónicos prematuramente. Aumentar la capacidad de reparación de esta categoría de productos es una forma potencial de alargar el ciclo de vida y, por tanto, posponer esta transición a los residuos electrónicos. Con estas ideas pretendemos apoyar una innovación radical que desafíe los actuales patrones de consumo y producción de la industria de la IoT. Sugerimos que incorporar a los reparadores de la comunidad como un grupo de usuarios en el proceso de diseño para ayudar a abordar estas barreras contribuirá a apoyar este creciente movimiento hacia un futuro más resiliente desde el punto de vista medioambiental (Joore y Brezet, 2015). Esto al aumentar el éxito de la reparación de productos inteligentes basada en la comunidad. Además, estas conclusiones pueden ser útiles para que los cafés de reparación revisen su enfoque y sus capacidades para mejorar las prácticas de triaje y reparación de productos inteligentes.

En resumen, las contribuciones de este documento son: 1) Demostración del enfoque fail-fast (fallar rápido) de los cafés de reparación que conduce al filtrado de dispositivos inteligentes en el punto de triaje. 2) Identificación de las barreras que deben abordar los diseñadores de IoT para garantizar que los productos clasifiquen como reparables en el punto de triaje. 3) Ideas a partir de las cuales las cafeterías de reparación pueden revisar su enfoque y capacidad para un triaje y reparaciones eficaces de productos inteligentes.

#### **RECONOCIMIENTOS**

Esta investigación cuenta con financiación del UKRI EPSRC [EP/W024780/1, EP/T022493/1]. Gracias a: Alex Rocha, Chris Archer, Martín Bryant y Pranav Balasubramanian por sus aportes.

## REFERENCIAS / REFERENCES

- Blumenthal, J., & Diamond, M. L. (2022). Sustainability of the internet of things requires understanding of mineral demands and supplies. *Environmental Science & Technology*, 56(14), 9835–9837. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c03124>
- Boyatzis, R. E. (1998). *Transforming qualitative information: Thematic analysis and code development*. Sage.
- Castle-Green, T., Reeves, S., Fischer, J. E., & Koleva, B. (2023). Revisiting the Digital Plumber: Modifying the Installation Process of an Established Commercial IoT Alarm System. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 1–37. <https://doi.org/10.1007/s10606-022-09455-2>
- Catulli, M. (2012). What uncertainty? *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23(6), 780–793. <https://doi.org/10.1108/17410381211253335>
- Ceschin, F., & Gaziulusoy, İ. (2016). Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. *Design Studies*, 47, 118–163. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). The global e-waste monitor 2020. *United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam*, 120.
- Garfinkel, H. (1967). *Studies in ethnomethodology*. Prentice-Hall.
- Hansson, L. Å. E. J., Cerratto Pargman, T., & Pargman, D. S. (2021). A decade of sustainable HCI: Connecting SHCI to the sustainable development goals. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–19. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445069>
- Heacock, M., Kelly, C. B., Asante, K. A., Birnbaum, L. S., Bergman, Å., Bruné, M. N., Buka, I., Carpenter, D. O., Chen, A., Huo, X., & others (2016). E-Waste and harm to vulnerable populations: a growing global problem. *Environmental Health Perspectives*, 124(5), 550–555. <https://doi.org/10.1289/ehp.1509699>
- Joore, P., & Brezet, H. (2015). A Multilevel Design Model: The mutual relationship between product-service system development and societal change processes. *Journal of Cleaner Production*, 97, 92–105. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.043>
- Jung, J. Y., Steinberger, T., King, J. L., & Ackerman, M. S. (2021). Negotiating Repairedness: How Artifacts Under Repair Become Contingently Stabilized. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 5(CSCW2), 1–29. <https://doi.org/10.1145/3476069>
- Kundurpi, A., Westman, L., Luederitz, C., Burch, S., & Mercado, A. (2021). Navigating between adaptation and transformation: How intermediaries support businesses in sustainability transitions. *Journal of Cleaner Production*, 283, 125366.
- Lee, B., Cooper, R., & Hands, D. (2018). Are Traditional NPD Processes Relevant to IoT Product and Service Development Activities? A Critical Examination. *Design Research Society Conference 2018*. Design Research Society, IRL, 2280–2293. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125366>
- Lefebvre, M. (2019). To repair or not to repair: an investigation of the factors influencing prosumer repair propensity [Doctoral thesis, Loughborough University]. <https://core.ac.uk/download/pdf/288351889.pdf>
- Makov, T., & Fitzpatrick, C. (2021). Is repairability enough? big data insights into smartphone obsolescence and consumer interest in repair. *Journal of Cleaner Production*, 313, 127561. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127561>
- Moalem, R. M., & Mosgaard, M. A. (2021). A critical review of the role of repair cafés in a sustainable circular transition. *Sustainability*, 13(22), 12351. <https://doi.org/10.3390/su132212351>
- Müller, R. M., & Thoring, K. (2012). Design thinking vs. lean startup: A comparison of two user-driven innovation strategies. *Proceedings of the Design Management Institute 2012 International Research Conference*, 151–161
- Norman, D. A. (1999). Affordance, conventions, and design. *Interactions*, 6(3), 38–43. <https://doi.org/10.1145/301153.301168>
- Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., Begum, R. A., Betts, R., Kerr, R. B., Biesbroek, R., & others. (2022). *Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability*. IPCC. <https://hal.science/hal-03774939>
- Rejeb, A., Suhaiza, Z., Rejeb, K., Seuring, S., & Treiblmaier, H. (2022). The Internet of Things and the circular economy: A systematic literature review and research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 131439, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131439>
- Robinson, B. H. (2009). E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, 408(2), 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.044>
- Rosner, D. K. (2014). Making citizens, reassembling devices: On gender and the development of contemporary public sites of repair in Northern California. *Public Culture*, 26(1), 51–77. <https://doi.org/10.1215/08992363-2346250>
- Rosner, D. K., & Ames, M. (2014). Designing for repair? Infrastructures and materialities of breakdown. *Proceedings of the 17th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*, 319–331. <https://doi.org/10.1145/2531602.2531692>
- Russell, J. D., Svensson-Hoglund, S., Richter, J. L., Dalhammar, C., & Milios, L. (2023). A matter of timing: System requirements for repair and their temporal dimensions. *Journal of Industrial Ecology*, 27(3), 845–855. <https://doi.org/10.1111/jiec.13280>
- Schischke, K., Proske, M., Nissen, N. F., & Lang, K. (2016). Modular products: Smartphone design from a circular economy perspective. *Electronics Goes Green 2012+ (EGG)*. 1–8 <https://doi.org/10.1109/egg.2016.7829810>
- Shittu, O. S., Williams, I. D., & Shaw, P. J. (2021). Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. *Waste Management*, 120, 549–563. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.016>
- Singh, N., & Ogunseitan, O. A. (2022). Disentangling the worldwide web of e-waste and climate change co-benefits. *Circular Economy*, 1(2), 100011, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.cec.2022.100011>
- Stuart, D., Petersen, B., & Gunderson, R. (2022). Shared pretenses for collective inaction: the economic growth imperative, COVID-19, and climate change. *Globalizations*, 19(3), 408–425. <https://doi.org/10.1080/14747731.2021.1943897>
- Vailshery, L. (2023, July 27). *IoT connected devices worldwide 2019–2030*. Statista. Retrieved September 8, 2023, from <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/>
- van der Velden, M. (2021). ‘Fixing the World One Thing at a Time’: Community repair and a sustainable circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 304, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127151>
- Yu, J., Williams, E., Ju, M., & Yang, Y. (2010). *Forecasting global generation of obsolete personal computers*. ACS Publications.

**TERESA CASTLE-GREEN**

jteresa.castle-green@nottingham.ac.uk  
HORIZON DIGITAL ECONOMY HUB, UNIVERSITY OF  
NOTTINGHAM, NOTTINGHAM, UNITED KINGDOM  
ORCID ID 0000-0002-9431-8567

TERESA CASTLE-GREEN ES UNA INVESTIGADORA INTERDISCIPLINAR QUE TRABAJA PARA DESENTRAÑAR LAS COMPLEJIDADES SOCIOTÉCNICAS DEL DISEÑO Y LA REPARACIÓN DE LA IOT. ACTUALMENTE FORMA PARTE DEL PROYECTO FIXING THE FUTURE DEL EPSRC, QUE TRABAJA CON LAS COMUNIDADES DE REPARACIÓN DEL REINO UNIDO PARA INVESTIGAR LAS FORMAS EN QUE LOS ENFOQUES DE HCI/HDI PUEDEN APOYAR LA CRECIENTE CULTURA DE LA REPARACIÓN BASADA EN LA COMUNIDAD.

TERESA CASTLE-GREEN IS AN INTERDISCIPLINARY RESEARCHER WORKING ON UNPACKING THE SOCIO-TECHNICAL COMPLEXITIES OF DESIGN AND REPAIR OF IOT. CURRENTLY PART OF THE EPSRC FIXING THE FUTURE PROJECT ENGAGING WITH UK REPAIR COMMUNITIES TO INVESTIGATE WAYS IN WHICH HCI/HDI APPROACHES CAN SUPPORT THE GROWING CULTURE OF COMMUNITY-BASED REPAIR.

**NEELIMA SAILAJA**

neelima.sailaja@nottingham.ac.uk  
HORIZON DIGITAL ECONOMY HUB, UNIVERSITY OF  
NOTTINGHAM, NOTTINGHAM, UNITED KINGDOM  
ORCID ID 0000-0001-5056-673X

NEELIMA SAILAJA (PROFESORA ASISTENTE DE TRANSICIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE NOTTINGHAM) ES UNA INVESTIGADORA INTERDISCIPLINAR QUE TRABAJA EN EL ÁMBITO DE LOS RETOS SOCIOTÉCNICOS DEL USO DE LA TECNOLOGÍA. ACTUALMENTE DIRIGE EL ALA DE HDI DEL PROYECTO EPSRC FIXING THE FUTURE (REPARANDO EL FUTURO), CENTRADO EN EXPLORAR LOS RETOS Y LAS RESPUESTAS EN TORNO A LA REPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS INTELIGENTES. HA PUBLICADO MÁS DE 15 ARTÍCULOS REVISADOS POR EXPERTOS EN LOS PRINCIPALES CENTROS DE HCI Y HA DIRIGIDO TALLERES SOBRE LAS IMPLICACIONES SOCIOTÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA.

NEELIMA SAILAJA (TRANSITIONAL ASSISTANT PROFESSOR AT THE UNIVERSITY OF NOTTINGHAM) IS AN INTERDISCIPLINARY RESEARCHER WORKING ON THE SOCIO-TECHNICAL CHALLENGES OF TECHNOLOGY USE. SHE CURRENTLY LEADS THE HDI WING OF THE EPSRC FIXING THE FUTURE PROJECT FOCUSING ON EXPLORING THE CHALLENGES AND RESPONSES AROUND REPAIR OF SMART TECHNOLOGIES. SHE HAS PUBLISHED OVER 15 PEER REVIEWED OUTPUTS AT LEADING HCI VENUES AND HAS LED WORKSHOPS EXPLORING THE SOCIOTECHNICAL IMPLICATIONS OF TECHNOLOGY.