

Diseño de una plataforma para el monitoreo y mantenimiento del complejo de paneles solares del SESLab

Alina Guadamuz Hernández

Informe final del proyecto para optar por el título de Ingeniería en Diseño Industria con el Grado Académico de Bachiller

Asesor Académico

Ph.D. Yoselyn Walsh Zúñiga

Asesor de la Empresa

Ing. Hugo Sánchez Ortiz

Heredia, Junio 2022

Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Diseño Industrial
Trabajo Final de Graduación_Bachillerato | 2 Semestre_2021

Trabajo Final de Graduación_Proyecto
Bachillerato Ingeniería en Diseño Industrial

Constancia de la Defensa

El Trabajo Final de Graduación presentado por el estudiante Alina Guadamuz Hernández, carné 2017107879 para optar por el Título de Ingeniería en Diseño Industrial con grado académico Bachiller Universitario del Instituto Tecnológico de Costa Rica, titulado:

"Diseño de una plataforma para el monitoreo y mantenimiento del complejo de paneles solares del SESLab"

ha sido defendido el día 20 de julio del año 2022 ante el Tribunal Evaluador y su Profesor Asesor.

Yoselyn Walsh Zúñiga
Profesor Asesor

Franklin Hernández-Castro
Tribunal Evaluador 1



Michael Sanabria
Tribunal Evaluador 2

20 de julio del 2022

Resumen Ejecutivo

Nombre: Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad (SESLab), Tecnológico de Costa Rica

Actividades de la empresa: Investigación aplicada y extensión en el área de sistemas electrónicos para la sostenibilidad.

Asesor en la empresa: Hugo Sánchez Ortiz

Público meta: Investigadores, estudiantes de ingeniería y empresarios en el área de sistemas electrónicos para la sostenibilidad.

Problema de Salida: Diseño de una plataforma para agilizar el proceso de monitoreo y administración del complejo solar fotovoltaico.

Definición del problema: Los investigadores del SESLab realizan funciones de monitoreo y administración de 1200 paneles fotovoltaicos y estaciones meteorológicas del complejo solar del TEC de manera manual. El proceso no automatizado de obtención y compilación de datos del complejo solar fotovoltaico es por medio de dispositivos USB. El proceso manual no es eficiente ya que es lento y podría presentar problemas de pérdidas de datos.

Otro problema al que se enfrentan los investigadores de SESLab es en la relación de los inversores y los sub-grupos de paneles solares. Es decir, no existe una clara división de los grupos de paneles solares y a cuál inversor pertenecen. El problema de difícil identificación de los sub-grupos de paneles solares y sus componentes puede repercutir en acciones importantes en las labores de monitoreo y administración tales como la identificación de errores.

Tipo de proyecto: Plataforma desktop

Meta General

Diseñar una plataforma digital para facilitar el monitoreo y administración del complejo solar del TEC.

Metodología

Como base para el desarrollo del proyecto se toma el Usability Cookbook: Metodología de análisis y diseño de usabilidad, de Ph.D. Franklin Hernandez-Castro.

Se dividirá en tres grandes etapas: Investigación y análisis, Planteamiento y desarrollo e Implementación.

Alcances: El proyecto se enfoca en el diseño de la arquitectura de la información y navegación de la plataforma digital para el monitoreo y administración del complejo solar TEC. El proyecto concluye con el diseño de una maqueta funcional para desktop con un Design System que facilite la programación de la plataforma digital. Además, como parte de los entregables del proyecto se incluye el informe final, resumen ejecutivo y un animatic.

Este proyecto excluye el diseño de la información de los datos recopilados de los diferentes componentes del complejo solar. Sin embargo, recomienda el lugar en dentro de la plataforma en donde se deben desplegar. Se recomienda como trabajo futuro el diseño de la información de los datos recopilados. El proyecto también excluye el proceso de alimentación de información de los componentes del complejo solar a la plataforma (por ejemplo, si el proceso es vía wifi cuales son los componentes

necesarios para que la plataforma adquiera la información).

Restricciones: Debido al nicho del mercado específico de las personas, la cantidad de testers disponibles para las pruebas es limitado. Además, el contacto, las pruebas y entrevistas con las mismas se debe realizar de manera remota, que puede ser un obstáculo para la obtención de la información.

A través de entrevistas, los usuarios identificados corresponden a estudiantes e investigadores involucrados en el área de producción eléctrica fotovoltaica:

- Estudiantes, asistentes en el laboratorio SESLab.
- Investigadores en el área de producción eléctrica sostenible.

Se presenta adelante las personas halladas:

Personas Investigador



Sobre Pedro

Pedro es docente de Electrónica pero se dedica mayormente a estudiar. Tiene dos másters relacionados a fuentes renovables de energía.

Motivaciones

- Que la tecnología facilite el monitoreo del complejo solar.
- Le gusta la organización y eficiencia.
- Busca mejorar la eficiencia de los procesos relacionados al complejo.

Necesidades

- Monitorear los datos del complejo solar del TEC
- Solventar los errores que puedan tener los paneles

Escenarios

- Monitorear los datos del sistema.
- Identificar y arreglar errores.
- Buscar oportunidades de mejora.
- Gestionar la producción eléctrica.

Figura 1. Persona Investigador

Personas Estudiante



Sobre Jeremy

Jeremy está cursando su tercer año en Ingeniería Electrónica. Lleva un año como asistente de laboratorio.

Motivaciones

- Poder aprender más sobre los paneles.
- Conocer más sobre el funcionamiento del complejo solar.
- Que la tecnología facilite sus labores.

Necesidades

- Pasar la menor cantidad de tiempo posible haciendo tareas manuales.
- No depender del investigador para entender y realizar sus tareas.

Escenarios

- Monitorear los datos del sistema de producción de electricidad del TEC.
- Acompañar a los investigadores a solventar errores.

Figura #2. Persona 2. Estudiante

A continuación, se especifican las necesidades de ambos tipos de usuarios:

Tarea	Investigador	Estudiante
Ver configuración del complejo solar	●	●
Ver configuración de paneles en grupos	●	●
Ver relación de inversor a grupos de paneles	●	●
Ver cadenas de los grupos de paneles	●	●
Ver canalizaciones de la plantación	●	
Filtrar datos a visualizar	●	●
Conocer temperaturas debajo de paneles	●	
Conocer radiación solar en el complejo	●	●
Conocer temperatura ambiente en el complejo	●	●
Conocer precipitaciones en el complejo	●	●
Notificar errores de inversores	●	●
Consultar errores en los inversores	●	●
Conocer causas de los errores		
Consultar ficha técnica de inversores	●	
Consultar ficha técnica de paneles	●	
Ver modelos de paneles en el complejo	●	●
Ver modelos de inversores en el complejo	●	●
Llevar control de la producción de energía	●	
Generar un registro de la producción de energía	●	
Ver línea del tiempo de producción		●
Ver estadísticas destacadas		●
Generar reporte de estadísticas		●

Figura 3. Tabla de necesidades

Las necesidades fueron cuantificadas en la siguiente estimación del tráfico de los usuarios:

Necesidades	Investigador (60%)	Estudiante (40%)	% In	% Es	Total	Total acumulado
Ver configuración del complejo solar	0.24	0.28	14.4	11.2	25.6	25.6
Ver configuración de paneles en grupos	0.24	0.27	14.4	10.8	25.2	50.8
Ver relación de inversor a grupos de paneles	0.27	0.31	16.2	12.4	28.6	79.4
Ver cadenas de los grupos de paneles	0.02	0.01	1.2	0.4	1.6	81
Ver canalizaciones de la plantación	0.02	0	1.2	0	1.2	82.2
Filtrar datos a visualizar	0.03	0.02	1.8	0.8	2.6	84.8
Conocer temperaturas debajo de paneles	0.02	0	1.2	0	1.2	86
Conocer radiación solar en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	87
Conocer temperatura ambiente en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	88
Conocer precipitaciones en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	89
Notificar errores de inversores	0.02	0.01	1.2	0.4	1.6	90.6
Consultar errores en los inversores	0.02	0	1.2	0	1.2	91.8
Conocer causas de los errores	0.01	0.02	0.6	0.8	1.4	93.2
Consultar ficha técnica de inversores	0.02	0	1.2	0	1.2	94.4
Consultar ficha técnica de paneles	0.02	0	1.2	0	1.2	95.5
Ver modelos de paneles en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	96.6
Ver modelos de inversores en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	97.6
Llevar control de la producción de energía	0.01	0	0.6	0	0.6	98.2
Generar un registro de la producción de energía	0.01	0	0.6	0	0.6	98.8
Ver línea del tiempo de producción	0	0.01	0	0.4	0.4	99.2
Ver estadísticas destacadas	0	0.01	0	0.4	0.4	99.6
Generar reporte de estadísticas	0	0.01	0	0.4	0.4	100
Total	1	1	60	40	100	

Figura 4. Tabla de estimación del tráfico.

El porcentaje que se muestra es un promedio basado en las necesidades de cada uno de los usuarios con respecto al total de las necesidades que se lograron identificar.

Por otro lado, a la persona investigador (Pedro) se le asigna un mayor porcentaje debido a que se satisfacen más necesidades que las del usuario estudiante (Jeremy).

Se puede mostrar con base en la estimación del tráfico anterior el siguiente Grafico de Pareto:

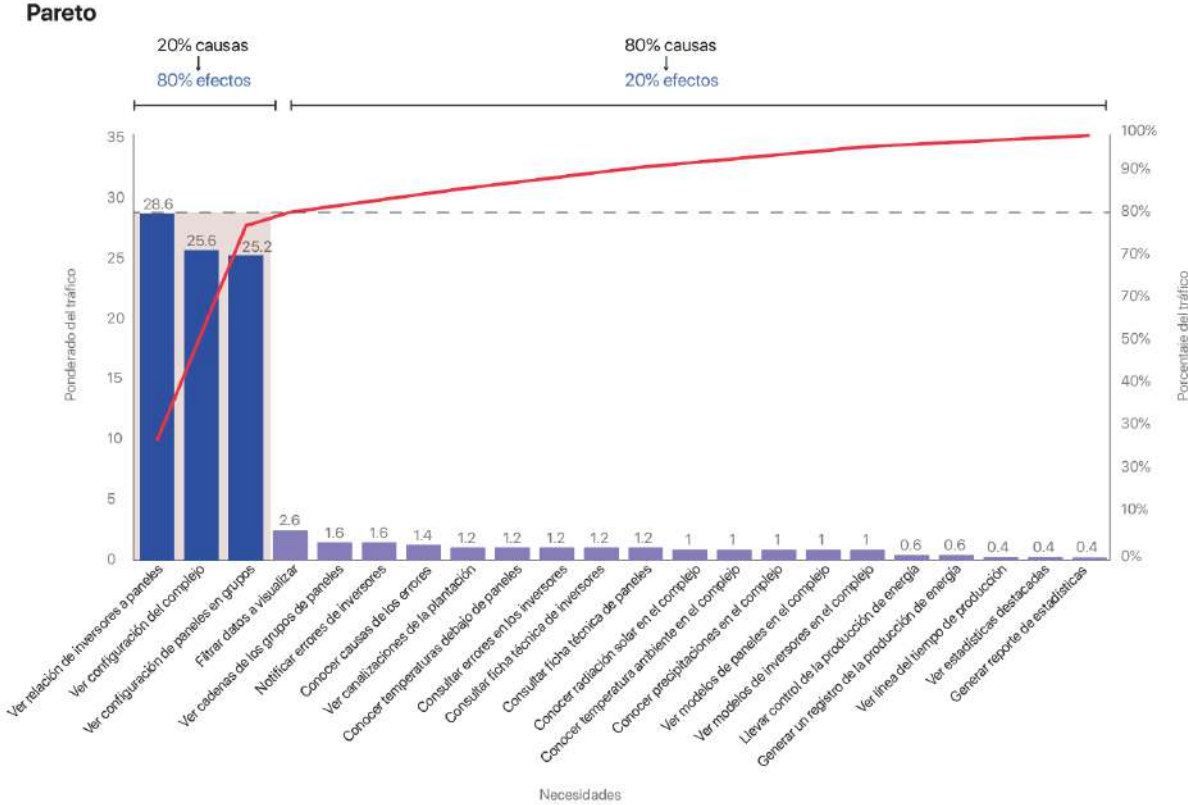


Figura 5. Gráfico de Pareto

Las necesidades que se van a estar priorizando son las que ocupan el primer 79.4% del Grafico de Pareto, las cuales corresponden a ver la relación de inversores a paneles, ver la configuración del complejo y ver la configuración de los paneles en grupo. Las diferentes responsabilidades del investigador y el estudiante es el principal diferenciador.

Luego, el resto de las necesidades para satisfacer el siguiente 20.6% y así alcanzar el 100%.

Tomando en cuenta la información recaudada en la primera etapa, se procedió a crear la primera Arquitectura Alfa. Esta fue probada mediante el Card Sorting y dio como resultado el siguiente dendrograma.

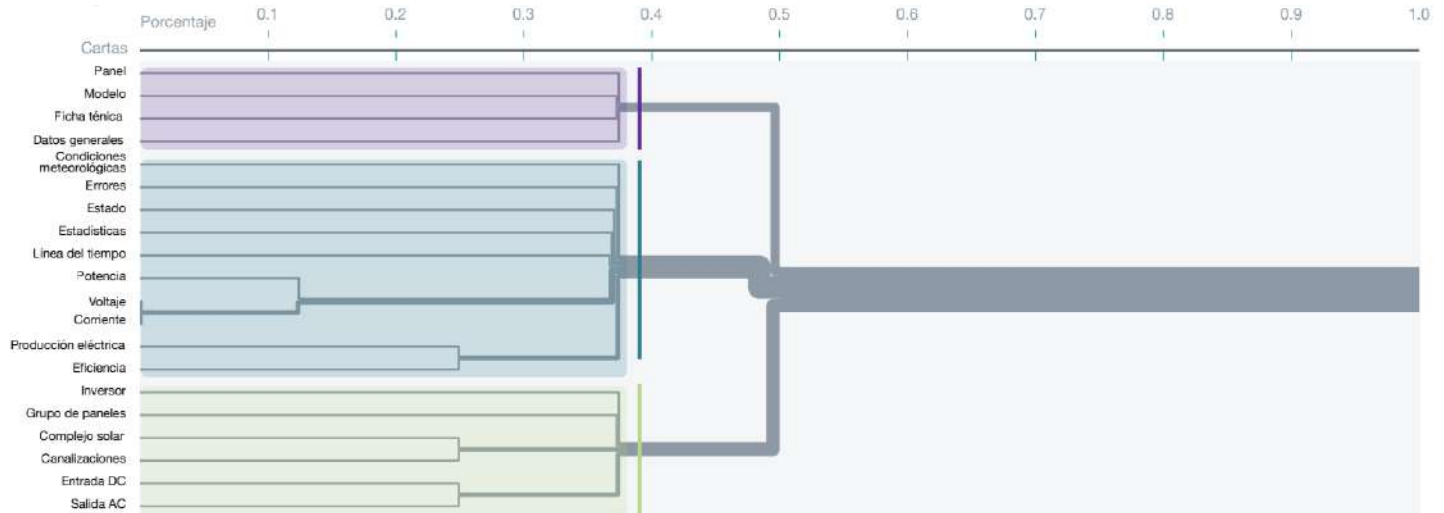


Figura 6. Dendrograma

Al finalizar la prueba, se evidencia que los testers formaron grupos muy similares a los conceptos asociados en la arquitectura alfa en lo concerniente al complejo solar y datos técnicos de los paneles e inversores.

Es importante resaltar que, en los grupos creados, se empleó terminología distinta a “complejo solar,” en cambio usando “granja,” “proyecto,” “sistema físico,” “sistema fotovoltaico” y “componentes.” Por esto se concluyó que la terminología planteada se debió cambiar.

Un cambio importante que se debe destacar consiste en la agrupación de condiciones meteorológicas, que afectan la producción eléctrica, junto a variables de la producción y en algunos casos datos del complejo solar. Por esto, se debe modificó la arquitectura para que las condiciones se separen como una sección aparte.

Con los resultados obtenidos se procedió a probar la nueva arquitectura modificada con un Paper Prototyping para su arquitectura y navegación.

A partir de los resultados de esta prueba se realizaron los cambios pertinentes a la arquitectura, creando así la arquitectura beta.

Arquitectura β

Creación a partir de Paper Prototyping

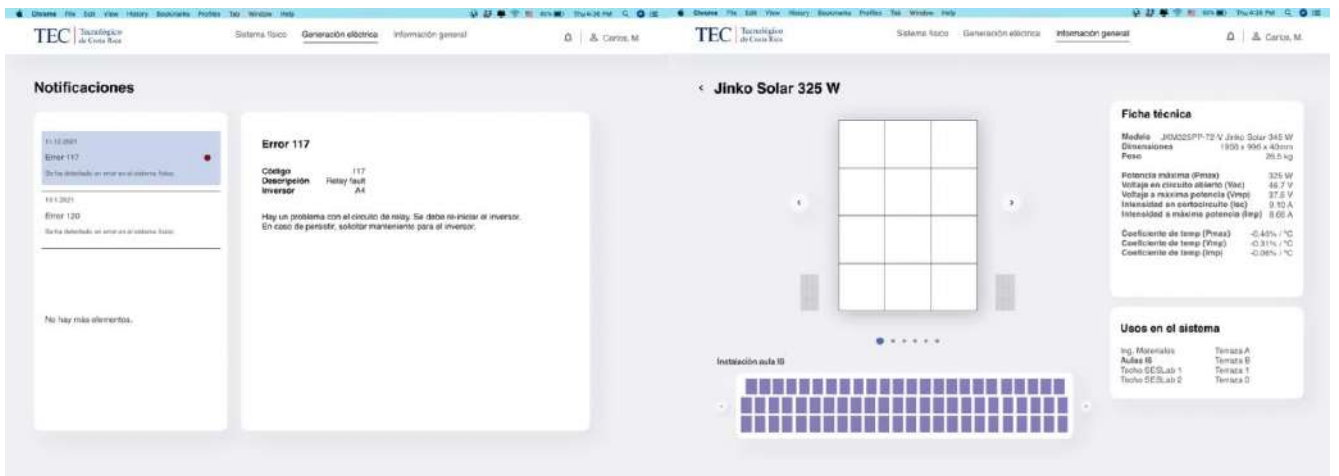


Figura 7. Arquitectura β.

Luego se definió el look & feel para la plataforma y a partir de este se creó el design system:



A continuación, se muestran unos de la implementación del look & feel y el design system en wireframes de alta fidelidad:



Conclusiones

Durante el desarrollo de este proyecto se determinó la necesidad de un componente que identifique los subgrupos de paneles y los relacione a los inversores asociados a los mismos, además de evidenciar su posición en el complejo para facilitar el monitoreo y administración del complejo.

Durante las pruebas que se llevaron a cabo se evidenció las necesidades específicas de los investigadores y sus colaboradores, en concreto, la necesidad de establecer una terminología entendida por el nicho. Para referirse al complejo, durante el Card Sorting se determinó que la terminología de “granja solar, complejo solar, plantación solar,” entre otros, debió cambiarse a “Sistema Físico” posterior a esta prueba.

La revisión constante de las necesidades resultó importante para facilitar el monitoreo y administración del complejo; algunas de ellas, tales como verificar los errores que llegaron a ocurrir en el complejo o realizar cambios de componentes electrónicos como inversores, evolucionaron durante el desarrollo y pueden llegar a evolucionar a futuro. Además, es importante siempre estar evaluando con los usuarios meta las propuestas de interfaz; durante el Paper Prototyping se evidenció que la sección de errores no se encontraba con facilidad en las propuestas iniciales, por lo que se dividió como otra sección completamente aparte y así ser encontrada y consultada de manera más intuitiva.

Recomendaciones

La visualización de datos de la plataforma de dashboard design se puede llegar a considerar como otro proyecto debido a que mediante esta metodología se puede verificar maneras para visualizar los datos generados por la producción eléctrica del complejo solar de manera óptima. Además, la modificación de los elementos y componentes del complejo solar se puede abarcar como otro proyecto de visualización de datos debido a la gran cantidad de elementos del complejo, los paneles solares, inversores, canalizaciones, conexiones y demás componentes electrónicos que pueden llegar a variar en el futuro esto ya sea debido a que pueden agregarse o eliminarse.

Una vez que la plataforma digital esté funcionando, se recomienda realizar un análisis del tráfico (con respecto a los dispositivos que se usan para acceder a la plataforma) para valorar si es relevante crear una versión para tableta y teléfono celular.

Por otro lado también se puede desarrollar a futuro un estudio de branding para la aplicación, la creación de un logotipo más adecuado, entre otras aplicaciones.

Datos de la Institución

Nombre: Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad (SESLab),
Tecnológico de Costa Rica

Actividades de la empresa: Investigación aplicada y extensión en el área de sistemas electrónicos para la sostenibilidad.

Asesor en la empresa: Hugo Sánchez Ortiz

Público meta: Investigadores, estudiantes de ingeniería y empresarios en el área de sistemas electrónicos para la sostenibilidad.

Problema de Salida: Diseño de una plataforma de visualización de datos para agilizar el proceso de monitoreo y mantenimiento del complejo solar fotovoltaico.

Resumen

El presente informe detalla el proceso de diseño empleado para la elaboración de una plataforma que facilite el monitoreo y mantenimiento del complejo solar del Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El complejo solar posee paneles divididos en ocho subgrupos. Cada subgrupo funciona de manera independiente, por tanto, la información eléctrica y estructural que generan es analizada de manera individual. Cada subgrupo de paneles solares posee conexiones a diferentes inversores, que permiten la entrega de la energía eléctrica generada. Sin embargo, se han detectado problemas en la identificación y mantenimiento del complejo solar del TEC ya que no hay una clara relación entre los subgrupos y los otros elementos eléctricos (ej., inversores). Además la recolección de datos se hace de manera manual por medio de dispositivos USB (ej., los investigadores conectan los dispositivos a diferentes componentes para extraer la información y después es revisada en una computadora). Por tanto el proceso de mantenimiento y monitoreo del complejo solar no es eficiente.

Este proyecto se enfocó en crear una plataforma digital que facilite y mejore la eficiencia del proceso de monitoreo y administración del complejo solar del TEC. El proyecto constó de tres etapas principales: investigación y análisis, planteamiento y desarrollo e implementación. La etapa de investigación y análisis se enfocó en detallar los requerimientos y usuarios de la plataforma. La etapa de planteamiento y desarrollo se enfocó en pruebas de usabilidad y finalmente en la etapa de implementación se conceptualizó la interfaz de la aplicación y se generó el design system.

Palabras clave

Diseño de experiencia, user research, pruebas de usabilidad, diseño de interfaces, energía solar, monitoreo de complejos solares.

Abstract

This report details the design process used for the development of a platform that facilitates the monitoring and maintenance of the solar complex of the Laboratory of Electronic Systems for Sustainability of the Technological Institute of Costa Rica.

The solar complex has panels divided into eight sub-groups. Each subgroup works independently, connected to different inverters, which allow the delivery of the electrical energy generated. Therefore, the electrical and structural information they generate is analyzed individually. However, problems have been detected in identifying and maintaining the TEC solar complex since there is no clear relationship between the subgroups and the other electrical elements (e.g., inverters). In addition, the data collection is done manually through USB devices (e.g., the researchers connect the devices to different components to extract the information and then revise it on a computer). Therefore, the solar complex's maintenance and monitoring process are inefficient.

This project focused on creating a digital platform that facilitates and improves the efficiency of the monitoring and maintenance process of the TEC solar complex. The project consisted of three main stages: research and analysis, planning and development, and implementation. The research and analysis stage focused on detailing the requirements and users of the platform. The planning and development stage focused on usability tests, and finally, the implementation stage focused on the interface's design and the design system's creation.

Keywords

User experience design, user research, usability testing, interface design, solar energy, solar plantation monitoring.

Índice de contenidos

1. Introducción	14
2. Antecedentes	15
3. Definición del problema	16
3.1 Problemática	16
3.2 Justificación	16
4. Metas, alcances y limitaciones	16
4.1 Meta General	16
4.2 Metas específicas	16
4.3 Alcances	17
4.4 Limitaciones	17
5. Metodología	18
5.1.a Investigación y análisis	18
5.2.b Planteamiento y desarrollo	18
5.3.c Implementación	20
6. Desarrollo	21
6.1 Inventario de contenido	21
6.2 Análisis de referenciales	25
6.4 Análisis de usuarios	33
6.5 Análisis de necesidades	34
6.6 Arquitectura alfa	39
6.7 Card Sorting	40
6.8 Navigation paths	50
6.9 Wireframes	58
6.10 Paper prototyping	63
6.11 Arquitectura beta	76
6.12 Look & Feel	77
6.13 High Fidelity wireframes	90
7.Conclusiones	106
8. Recomendaciones	107

1. Introducción

El presente documento consiste en un registro de la información generada por la investigación y análisis para el desarrollo de una plataforma para el monitoreo y mantenimiento del complejo solar del SESLab en términos de usabilidad de la interfaz de la plataforma y los flujos de interacción de los usuarios con la misma.

Se muestra el proceso de diseño realizado bajo un marco metodológico y los datos necesarios para el contexto y usuarios de la plataforma.

Se crea un prototipo para la validación de la usabilidad de la plataforma y un Design System como guía para el desarrollo de la misma.

2. Antecedentes

El Plan Nacional de Energía 2015-2030 (PNE), tiene como metas para Costa Rica mejorar la producción de energía sostenible, bajar las emisiones de efecto invernadero y desarrollar una adecuada seguridad energética [1]. En los últimos años, un 98% de la energía eléctrica producida en Costa Rica se ha obtenido a partir de fuentes renovables [2]. De esta energía, un 65.75% aproximadamente, proviene de plantas hidroeléctricas [3], las cuales se encuentran afectadas por el aumento de estaciones secas cada vez más fuertes. Para continuar con el plan, el PNE plantea la diversificación de las fuentes de energía renovable; un 6% del potencial de energía solar y un 25% de energía eólica bastarían para aumentar el porcentaje de energías renovables a un 100%. Actualmente, el potencial instalado de la energía solar está a solo un 7% de su potencial identificado (8,4 MW de 120 MW) [5].

El TEC, siguiendo el plan de sostenibilidad de Costa Rica, modificó su misión y visión e incluyó acciones para disminuir su huella ambiental [6]. Actualmente, el Campus Tecnológico Central de Cartago cuenta con una certificación de Carbono Neutralidad. Durante el proceso de certificación se identificó dentro de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en la institución el consumo de electricidad. Una de las acciones de mitigación que se tomó para alivianar las emisiones consistió en la instalación de paneles solares en el TEC.

El Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad (SESLab) del TEC se encarga del mantenimiento y monitoreo de la instalación fotovoltaica en el campus central. Además de esto, se dedica al desarrollo de sistemas electrónicos para su uso en aplicaciones carbono neutro como sistemas de energía renovable, transporte carbono neutro, entre otros. Las acciones de SESLab contribuyen a las acciones de sostenibilidad del TEC y de Costa Rica, además contribuye con la generación de estudios comparativos y de evaluación de desempeño, con el objetivo de desarrollar nuevas tecnologías relacionadas a la sostenibilidad.

El complejo solar del TEC posee alrededor de 1200 paneles fotovoltaicos [7]. Los paneles se encuentran divididos en ocho subgrupos, que utilizan para realizar evaluaciones estructurales de las características independientes de los grupos. Los ocho subgrupos de paneles tienen una conexión a diferentes equipos electrónicos denominados inversores, los cuales permiten la entrega de la energía eléctrica generada por la planta a la red eléctrica. Los inversores también proveen información relacionada a la producción de energía de la planta (ej., potencia, tensión nominal, tolerancias.) Además, el complejo solar tiene estaciones meteorológicas que contribuyen con el análisis de generación eléctrica. Actualmente la información generado por los inversores y las estaciones meteorológicas se recogen de manera manual por medio de un dispositivo USB. Además, no hay una clara distribución entre los sub-grupos de paneles solares y los inversores dentro del complejo solar.

3. Definición del problema

3.1 Problemática

Los investigadores del SESLab realizan funciones de monitoreo y administración de 1200 paneles fotovoltaicos y estaciones meteorológicas del complejo solar del TEC de manera manual. El proceso no automatizado de obtención y compilación de datos del complejo solar fotovoltaico es por medio de dispositivos USB. El proceso manual no es eficiente ya que es lento y podría presentar problemas de pérdidas de datos.

Otro problema al que se enfrentan los investigadores de SESLab es en la relación de los inversores y los sub-grupos de paneles solares. Es decir, no existe una clara división de los grupos de paneles solares y a cuál inversor pertenecen. El problema de difícil identificación de los sub-grupos de paneles solares y sus componentes puede repercutir en acciones importantes en las labores de monitoreo y administración tales como la identificación de errores.

3.2 Justificación

Para mejorar la eficiencia de las labores de monitoreo y administración del complejo solar del TEC se requiere de una plataforma digital que recopile los datos de los diferentes componentes del complejo y muestre la información perteneciente a cada subgrupo de paneles fotovoltaicos.

El diseño de la plataforma digital debe de tener un enfoque iterativo y centrado en el usuario del Diseño Industrial. El enfoque centrado en el usuario permite los procesos de monitoreo y administración se lleven a cabo en una plataforma amigable con el usuario.

4. Metas, alcances y limitaciones

4.1 Meta General

Diseñar una plataforma digital para facilitar el monitoreo y administración del complejo solar del TEC.

4.2 Metas específicas

- Identificar los componentes físicos, eléctricos y electrónicos del complejo solar TEC para facilitar el monitoreo y administración del complejo solar del TEC
- Relacionar los componentes del complejo solar TEC con las necesidades de los investigadores para facilitar el monitoreo y administración del complejo solar del TEC

- Definir la arquitectura de la información y el design system de la plataforma digital para facilitar el monitoreo y administración del complejo solar del TEC

4.3 Alcances

El proyecto se enfoca en el diseño de la arquitectura la información y navegación de la plataforma digital para el monitoreo y administración del complejo solar TEC. El proyecto concluye con el diseño de una maqueta funcional para desktop con un Design System que facilite la programación de la plataforma digital. Además, como parte de los entregables del proyecto se incluye el informe final, resumen ejecutivo y un animatic.

Este proyecto excluye el diseño de la información de los datos recopilados de los diferentes componentes del complejo solar. Sin embargo, recomienda el lugar en dentro de la plataforma en donde se deben de desplegar. Se recomienda como trabajo futuro el diseño de la información de los datos recopilados. El proyecto también excluye el proceso de alimentación de información de los componentes del complejo solar a la plataforma (por ejemplo, si el proceso es vía wifi cuales son los componentes necesarios para que la plataforma adquiera la información).

4.4 Limitaciones

La principal limitación en este proyecto fue respecto a la cantidad de usuarios disponibles para el análisis de usuario y las pruebas de usabilidad. La cantidad de usuarios fue limitada debido a que se requiere conocimiento técnico del tema de generación eléctrica por medio de tecnologías fotovoltaicas para el monitoreo y la administración del complejo solar. Aún mas, el tema es considerado avanzado y opcional en la carrera de Ingeniería en Electrónica, por lo que no todos los estudiantes desarrollan el conocimiento necesario para manipular la plataforma propuesta. Además, el contacto, las pruebas y entrevistas con las mismas se realizaron de manera remota, lo cual pudo inferir en los datos que se obtuvieron para la toma de decisiones.

5. Metodología

Como base para el desarrollo del proyecto se tomó el Usability Cookbook: Metodología de análisis y diseño de usabilidad, de Ph.D. Franklin Hernandez-Castro. [8]. La metodología comprende tres grandes etapas:

- Investigación y análisis
- Planteamiento y desarrollo
- Implementación

5.1.a Investigación y análisis

La etapa de investigación y análisis se enfoca en la recopilación de información relacionada al complejo, análisis y síntesis para identificar las necesidades y requerimientos de la plataforma.

Etapa	Sub-etapa	Herramienta	Actividad	Resultado
Investigación y análisis	Inventario de contenidos	Inventario de contenidos	Navegar y analizar datos a visualizar en la plataforma	Definir alcances Definir contenidos Entender el estado del arte
	Análisis de referenciales	Análisis de referenciales Patrones de diseño Mínimos comunes	Análisis de lo existente	Valorar soluciones que se pueden implementar para resolver los problemas
	Análisis de usuarios	Personas Análisis de necesidades Tráfico y pareto	Entrevistas Análisis de resultados	Priorizar necesidades Definir perfil de usuario meta

Figura 1. Etapa investigación y análisis planteada

5.2.b Planteamiento y desarrollo

La etapa de planteamiento y desarrollo consiste en plantear la organización de la información a nivel de arquitectura y forma y comprobar su usabilidad mediante pruebas.

Etapa	Sub-etapa	Herramienta	Actividad	Resultado
Planteamiento y desarrollo	Arquitectura alfa	Arquitectura alfa	Organización de contenidos	Primer esqueleto de estructuración de la plataforma
	Cardsorting	Card sorting	Preparar conceptos a evaluar Seleccionar testers Aplicar la prueba	Validar nomenclatura Validar agrupaciones de conceptos
	Navigation paths	Navigation paths	Comparar clics necesarios para las tareas importantes con el tráfico pareto	Validar rápido y fácil alcance de necesidades principales
	Low-fidelity wireframes	Wireframes de baja fidelidad	Bocetear pantallas Digitalizar propuesta	Primera visualización de diagramación y organización de elementos en pantallas
	Paper prototyping	Paper prototyping	Definir tareas a evaluar Seleccionar testers Aplicar prueba	Validar si los wireframes y arquitectura de la información facilita la realización de tareas
	Arquitectura beta	Arquitectura beta	Re-organizar contenidos de acuerdo a retroalimentación obtenida	Segunda estructuración de los contenidos de la aplicación con retroalimentación

Figura 2. Etapa de planteamiento y desarrollo.

5.3.c Implementación

La etapa de implementación se enfoca en la propuesta y evaluación de la interfaz de la plataforma creada.

Etapa	Sub-etapa	Herramienta	Actividad	Resultado
Implementación	Look & feel	Matriz cromática Tipografía Iconografía	Matriz cromática Moodboards	Determinar características perceptuales Determinar clima cromático Seleccionar características perceptuales que favorezcan la facilidad de uso
	Mockup	Maqueta Design system	Prototipar Implementación de Look & Feel	Crear un prototipo de alta fidelidad
	Pruebas heurísticas	Pruebas heurísticas	Definir tareas Seleccionar testers Aplicar pruebas	Validar jerarquía, lecturabilidad y navegación en la maqueta
	Especificaciones	Conclusiones y recomendaciones	Navegar y analizar datos a visualizar en la plataforma	Especificar conclusiones y recomendaciones para futuro desarrollo

Figura 3. Etapa de implementación

6. Desarrollo

Investigación y análisis

6.1 Inventario de contenido

Se realizó un inventario de contenido para listar las todas necesidades que debe satisfacer la interfaz y entender la estructura actual. Además, se realizó un Journey Map para definir la experiencia de los usuarios dentro del complejo, identificar los puntos débiles del proceso de monitoreo y más adelante definir las necesidades de los usuarios.

El inventario de contenidos contiene los datos registrados (meteorológicos, de los inversores) e información de las instalaciones (paneles, inversores).

- Datos meteorológicos
- Instalaciones de los paneles
- Estado de los paneles
- Ficha técnica de los paneles
- Estado de los inversores
- Ficha Técnica de los inversores



Figura 4 Inventario de contenidos

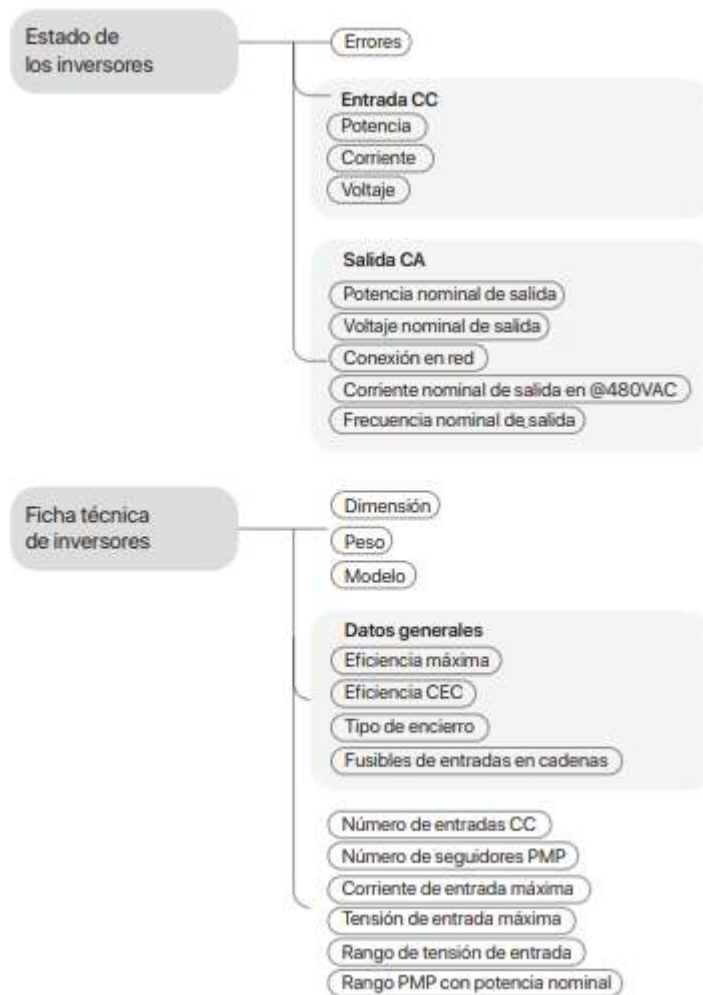


Figura 5 Componentes relacionados a los inversores del inventario de contenidos

6.1.a Supuestos y requerimientos

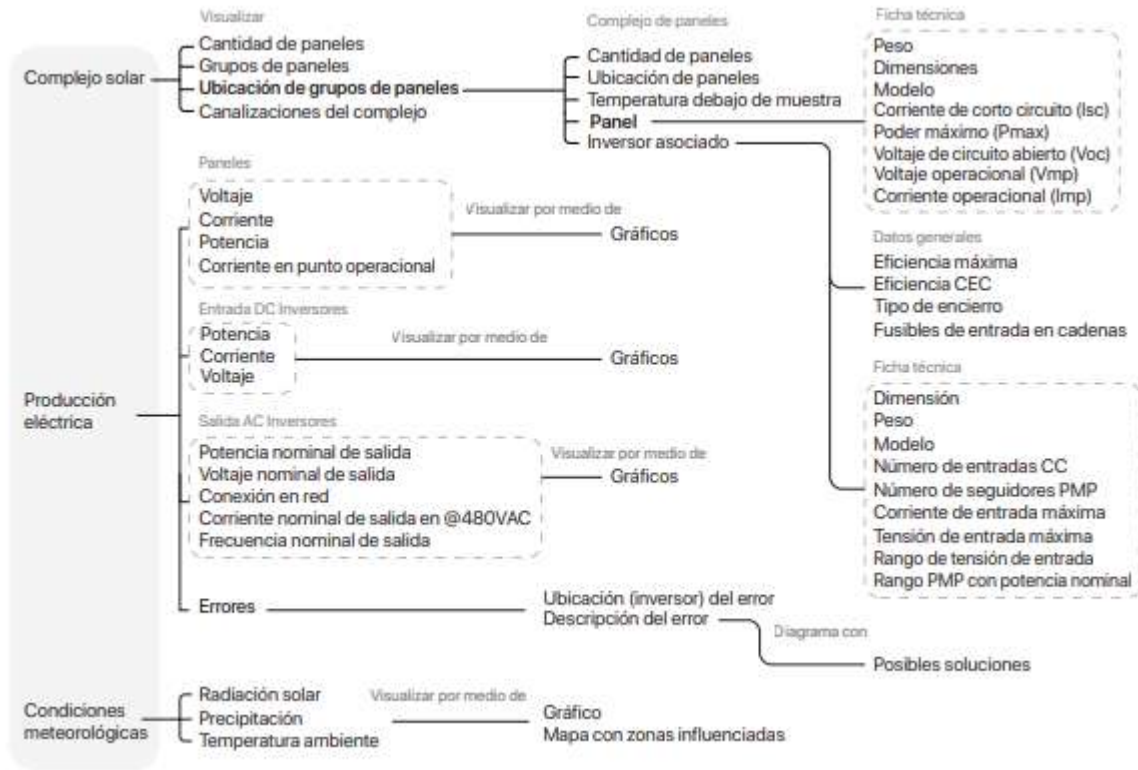


Figura 6 Supuestos y requerimientos de la plataforma

6.1.b Journey map

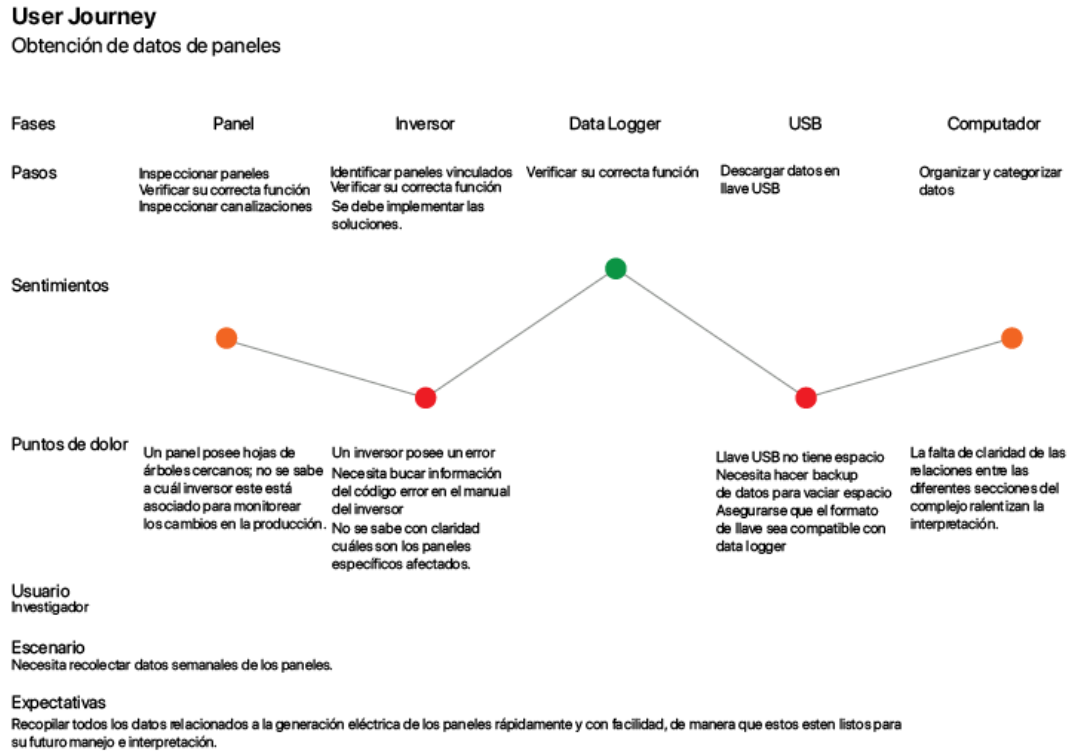


Figura 7. Journey map de la obtención de datos de paneles del complejo

Conclusiones generales

Existe una gran cantidad de datos técnicos, relacionados a la producción eléctrica. Se debe determinar más a adelante si el manejo de estos se realizará dentro de la misma metodología o por medio de dashboard design para un proyecto futuro.

6.2 Análisis de referenciales

El análisis de referenciales se enfocó en la búsqueda de plataformas para la visualización de datos relacionados con la producción eléctrica que son familiares para los usuarios. El análisis se enfocó en identificar las formas en las que las distintas plataformas resuelven la necesidad de brindar información eléctrica a los usuarios.

6.2.a Enlighten Manager

+ Pros

- Las estadísticas relevantes son claras y legibles
- Los gráficos elegidos para cada tipo de dato
- Tiene accesos rápidos a los rangos de fechas más comunes para energía y poder

- Contras

- Gran cantidad de elementos desplegados al mismo tiempo

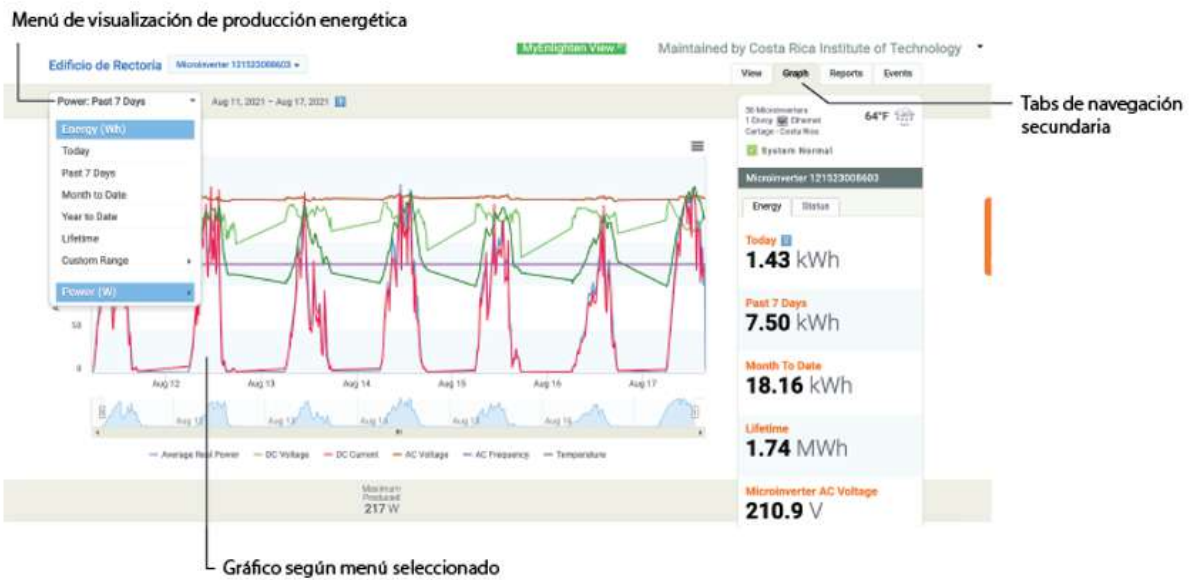


Figura 8. Análisis de enlighten

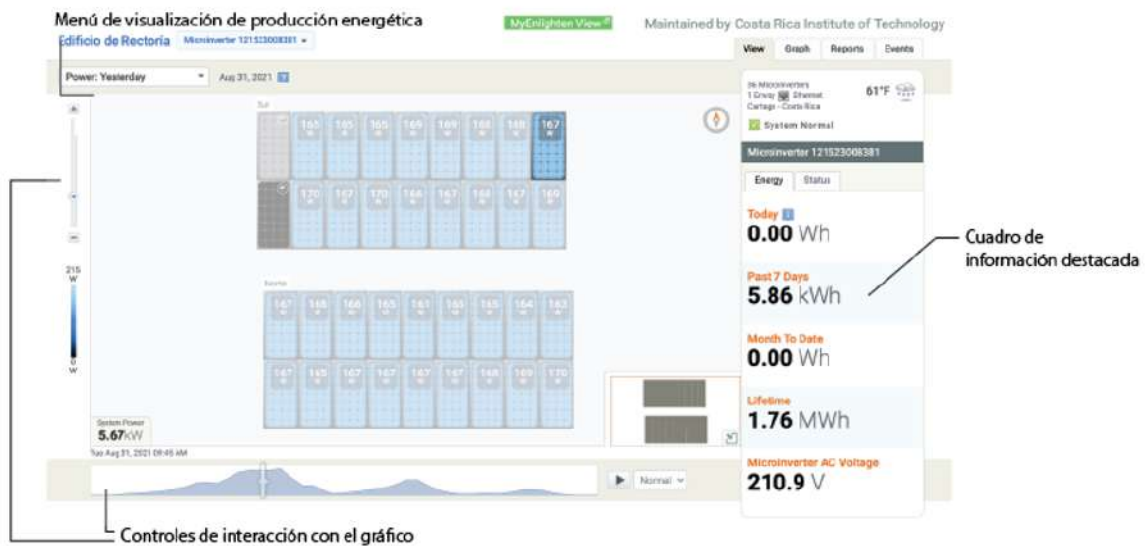


Figura 9. Análisis de controles de Enlighten Manager

6.2.b Enphase

+ Pros

- Jerarquía clara y bien establecida
- Buen uso del espacio negativo
- Elementos simples y claros

- Contras

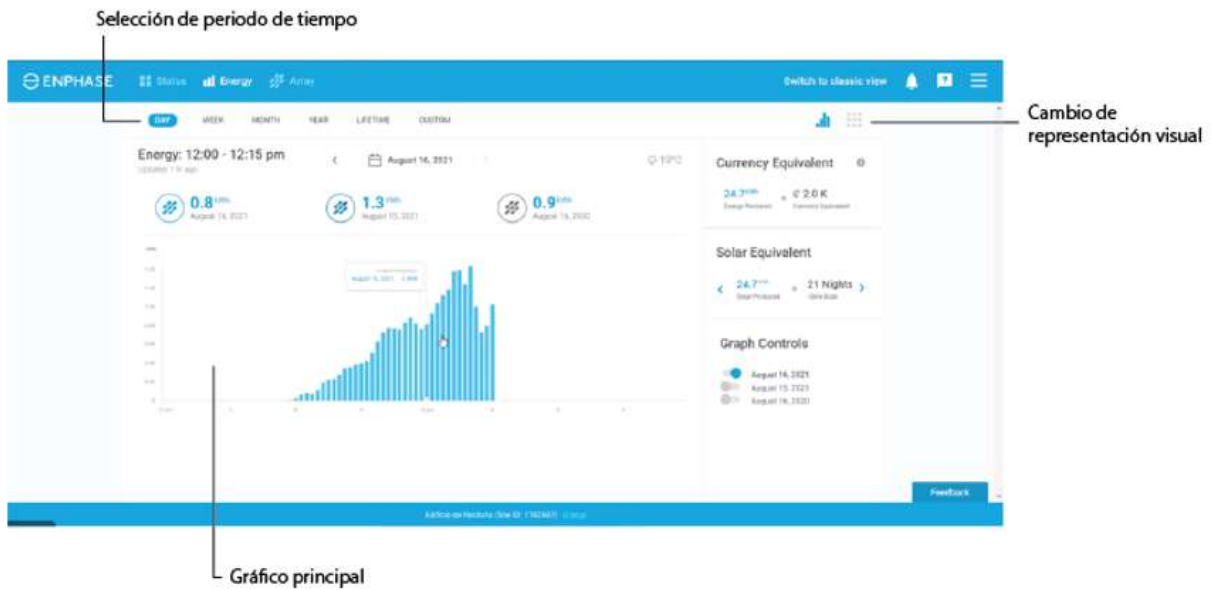


Figura 10. Análisis de Enphase

6.2.c Measurabl

+ Pros

- Dashboard customizable (habilitar y deshabilitar módulos)
- Los colores utilizados apoyan la comunicación
- Información clara y legible
- Permite múltiples visualizaciones de un mismo set de información (gráfico de barras, trend, tabla)

- Contras

- Gran cantidad de elementos podría ralentizar la lecturabilidad

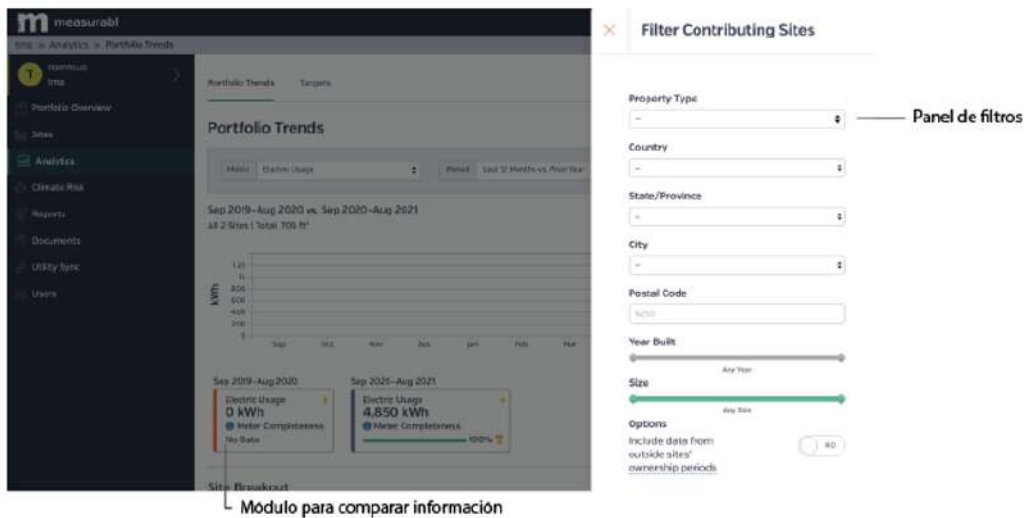


Figura 11. Análisis de Measurabl



Figura 12 Dashboard design de Measurabl

6.2.d Solar Edge

+ Pros

- El gráfico principal tiene varios controles interactivos para visualizar la información
- El gráfico principal tiene buena legibilidad
- Hay muchas opciones de filtro para el gráfico principal

- Contras

- El layout del sistema es inconsistente
- Los gráficos secundarios tienen sets de datos inflexibles y sin muchas opciones de filtro
- El tamaño de los gráficos secundarios no facilita el procesamiento de la información

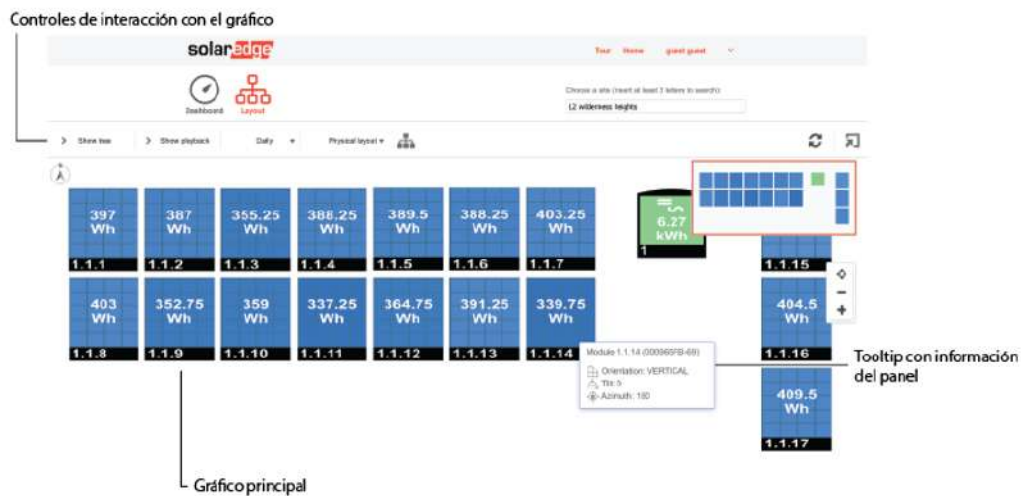


Figura 13 Análisis de Solar Edge

Cuadro de información destacada

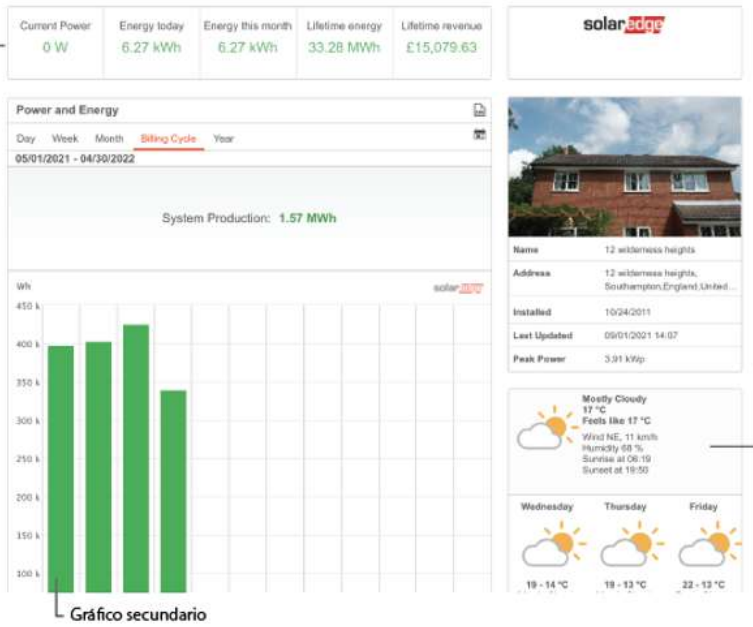


Gráfico secundario

Módulo con información de condiciones atmosféricas

Figura 14. Información relacionada a la producción eléctrica de Solar Edge

6.2.a Mínimos comunes

Tabla I
Tabla de mínimos comunes

Comparativa	Enlighten Manager	Enphase	Measurabl	Solar Edge
Gráficos secundarios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Filtro por periodos de tiempo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tooltips en gráficos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estadísticas destacadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Filtros	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Condiciones meteorológicas	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Múltiples complejos	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Múltiples visualizaciones de un gráfico		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Gráfico de paneles solares	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
Timelapse	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
Dashboard resumen		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Generación de reportes	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	

6.4 Análisis de usuarios

Personas

El objetivo fue identificar a los usuarios que van a utilizar la plataforma. Se agruparon los distintos tipos de usuarios basado en la necesidades identificadas para el uso de la plataforma.

Personas Investigador



Sobre Pedro

Pedro es docente de Electrónica pero se dedica mayormente a estudiar. Tiene dos másters relacionados a fuentes renovables de energía.

Motivaciones

- Que la tecnología facilite el monitoreo del complejo solar.
- Le gusta la organización y eficiencia.
- Busca mejorar la eficiencia de los procesos relacionados al complejo.

Necesidades

- Monitorear los datos del complejo solar del TEC
- Solventar los errores que puedan tener los paneles

Escenarios

- Monitorear los datos del sistema.
- Identificar y arreglar errores.
- Buscar oportunidades de mejora.
- Gestionar la producción eléctrica.

Figura 15. Persona Investigador

Personas Estudiante



Sobre Jeremy

Jeremy está cursando su tercer año en Ingeniería Electrónica. Lleva un año como asistente de laboratorio.

Motivaciones

- Poder aprender más sobre los paneles.
- Conocer más sobre el funcionamiento del complejo solar.
- Que la tecnología facilite sus labores.

Necesidades

- Pasar la menor cantidad de tiempo posible haciendo tareas manuales.
- No depender del investigador para entender y realizar sus tareas.

Escenarios

- Monitorear los datos del sistema de producción de electricidad del TEC.
- Acompañar a los investigadores a solventar errores.

Figura 16. Persona Estudiante

6.5 Análisis de necesidades

En esta etapa se identificaron las necesidades principales que tiene cada usuario definido anteriormente.

Se elaboró una lista con todas las tareas en las que el estudiante y el investigador se van a desempeñar.

La siguiente tabla muestra las tareas que posee cada usuario.

6.5.a Diagrama de Necesidades/Personas

Tabla II
Diagrama de Necesidades/Personas

Diagrama de Necesidades/Personas

Tarea	Investigador	Estudiante
Ver configuración del complejo solar	●	●
Ver configuración de paneles en grupos	●	●
Ver relación de inversor a grupos de paneles	●	●
Ver cadenas de los grupos de paneles	●	●
Ver canalizaciones de la plantación	●	
Filtrar datos a visualizar	●	●
Conocer temperaturas debajo de paneles	●	
Conocer radiación solar en el complejo	●	●
Conocer temperatura ambiente en el complejo	●	●
Conocer precipitaciones en el complejo	●	●
Notificar errores de inversores	●	●
Consultar errores en los inversores	●	●
Conocer causas de los errores		
Consultar ficha técnica de inversores	●	
Consultar ficha técnica de paneles	●	
Ver modelos de paneles en el complejo	●	●
Ver modelos de inversores en el complejo	●	●
Llevar control de la producción de energía	●	
Generar un registro de la producción de energía	●	
Ver línea del tiempo de producción		●
Ver estadísticas destacadas		●
Generar reporte de estadísticas		●

6.5.b Definición de frontends

Debido a las necesidades parecidas de las personas, se tomó la decisión de trabajar un único frontend.

6.5.c Definición del tráfico y Pareto

La defición del tráfico, que concluye con el gráfico de Pareto, se enfoca en jerarquizar las necesidades definidas de las personas determinadas anteriormente en relación a la toma de decisions de la arquitectura.

Se designó como usuario principal a Pedro, el cual se tiene un 60% y como usuario secundario a Jeremy con el 40% restante.

Posteriormente se le asignó un valor porcentual a cada necesidad. Este porcentaje se calculó tomando en cuenta la relación con el trabajo que tiene cada usuario con sus labores en el SESLab.

Investigador



60%
5 días a la semana

Estudiante



40%
3 días a la semana

Figura 17 Tráfico definido para las personas

Tabla III
Consolidado del tráfico

Consolidado del tráfico

Necesidades	Investigador (60%)	Estudiante (40%)	% In	% Es	Total	Total acumulado
Ver configuración del complejo solar	0.24	0.28	14.4	11.2	25.6	25.6
Ver configuración de paneles en grupos	0.24	0.27	14.4	10.8	25.2	50.8
Ver relación de inversor a grupos de paneles	0.27	0.31	16.2	12.4	28.6	79.4
Ver cadenas de los grupos de paneles	0.02	0.01	1.2	0.4	1.6	81
Ver canalizaciones de la plantación	0.02	0	1.2	0	1.2	82.2
Filtrar datos a visualizar	0.03	0.02	1.8	0.8	2.6	84.8
Conocer temperaturas debajo de paneles	0.02	0	1.2	0	1.2	86
Conocer radiación solar en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	87
Conocer temperatura ambiente en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	88
Conocer precipitaciones en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	89
Notificar errores de inversores	0.02	0.01	1.2	0.4	1.6	90.6
Consultar errores en los inversores	0.02	0	1.2	0	1.2	91.8
Conocer causas de los errores	0.01	0.02	0.6	0.8	1.4	93.2
Consultar ficha técnica de inversores	0.02	0	1.2	0	1.2	94.4
Consultar ficha técnica de paneles	0.02	0	1.2	0	1.2	95.5
Ver modelos de paneles en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	96.6
Ver modelos de inversores en el complejo	0.01	0.01	0.6	0.4	1	97.6
Llevar control de la producción de energía	0.01	0	0.6	0	0.6	98.2
Generar un registro de la producción de energía	0.01	0	0.6	0	0.6	98.8
Ver línea del tiempo de producción	0	0.01	0	0.4	0.4	99.2
Ver estadísticas destacadas	0	0.01	0	0.4	0.4	99.6
Generar reporte de estadísticas	0	0.01	0	0.4	0.4	100
Total	1	1	60	40	100	

80% Complejo

100% Otros

En base a la figura anterior se puede demostrar que para ambos miembros del SESLab es de suma importancia la producción eléctrica del complejo solar.

Otra necesidad importante para tanto el investigador como el estudiante en el SESLab sería la visualización del complejo solar.

6.5.d Diagrama de Pareto

El grafico de Pareto que se muestra a continuación permite visualizar las tareas ordenadas de una manera jerarquica correcta de acuerdo a las necesidades de los usuarios investigador y estudiante.

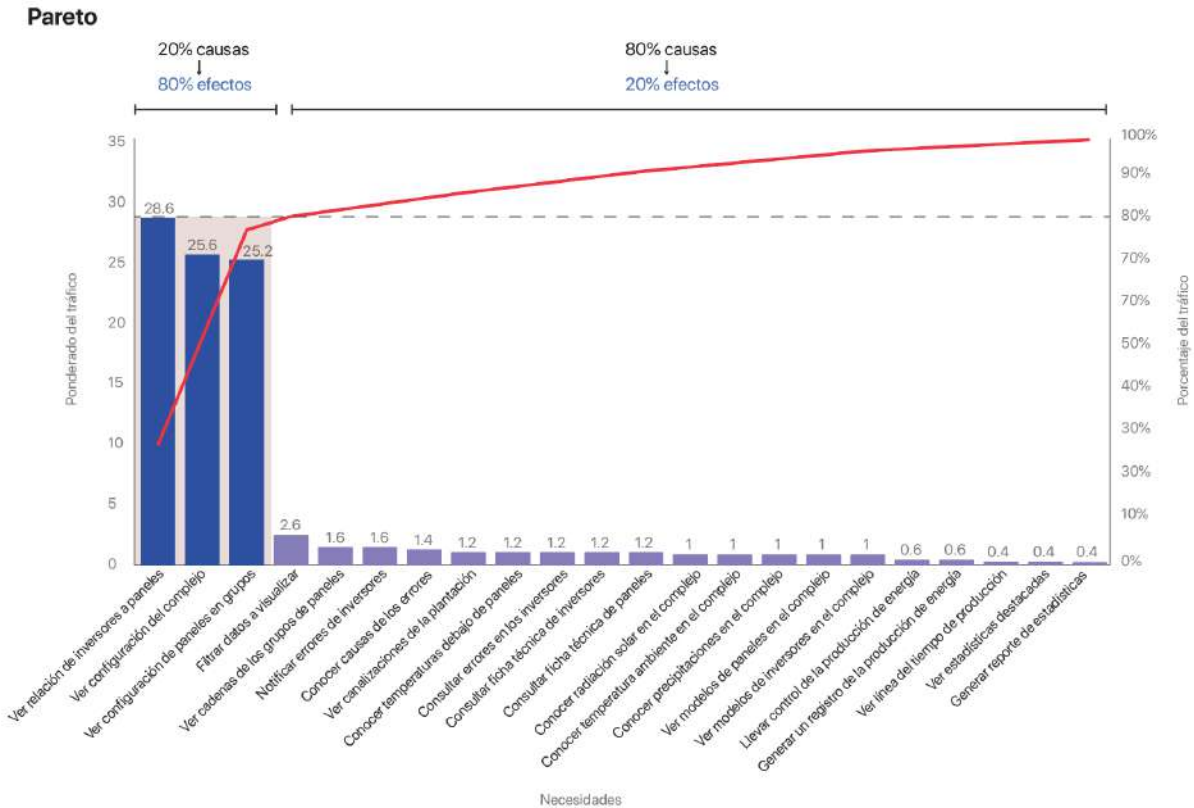


Figura 18. Diagrama de Pareto

Las necesidades que se van a estar priorizando son las que ocupan el primer 79.8% del Grafico de Pareto, las cuales corresponden a:

- Ver la configuración del complejo solar
- Ver factores que influyen en la producción eléctrica

Las diferentes responsabilidades del investigador y el estudiante es el principal diferenciador.

Luego, el resto de las necesidades para satisfacer el siguiente 20.2% y así alcanzar el 100% son:

- Conocer las condiciones meteorológicas que afectan el complejo solar.
- Consultar fichas técnicas de los inversores y paneles que forman parte del complejo.

6.6 Arquitectura alfa

Con la definición de los tres análisis anteriores se definió la arquitectura alfa, la cual es una estructuración del contenido que responde a las condiciones requeridas para su óptimo uso.

Arquitectura α

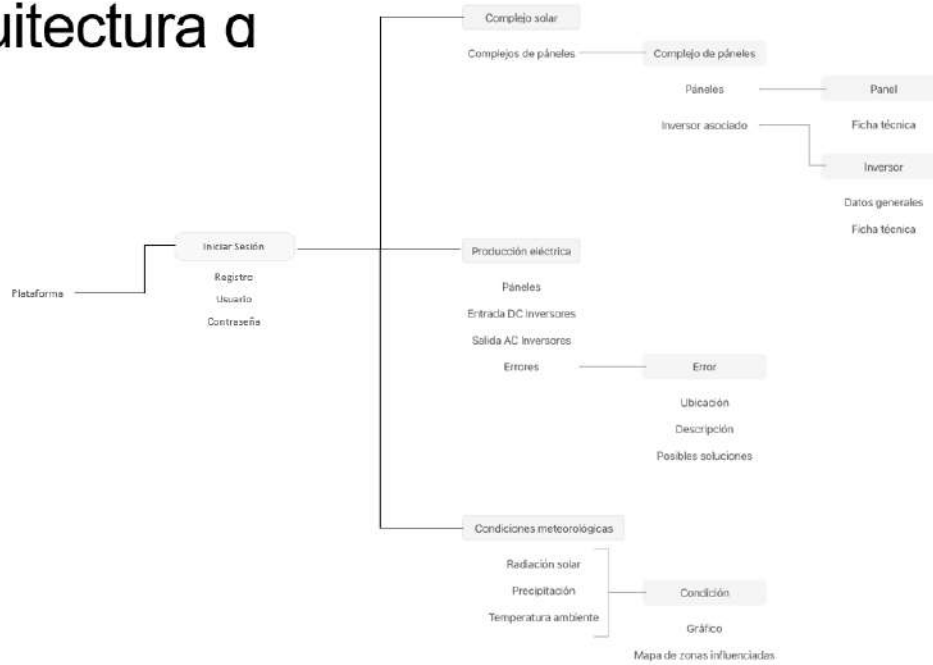


Figura 19 Primera estructuración de la arquitectura α

6.7 Card Sorting

Para esta prueba, se utilizaron términos tanto de la arquitectura alfa como del inventario de contenidos. Se realizó un card sorting abierto. Todos los Card Sorting se llevaron a cabo de manera remota y se utilizaron usuarios investigadores y asistentes. Al tratarse de una aplicación con terminología específica de nicho, se persiguen tres objetivos con la arquitectura:

1. Validar la navegación y la categorización adecuada de los elementos
2. Comprender la forma en la que los usuarios asocian términos propios del nicho
3. Identificar posibles términos o conceptos faltantes

Se esclarece sobre las definiciones de tarjetas seleccionadas para la prueba.	Panel	Condiciones meteorológicas
Potencia La potencia solar absorbida.	Inversor	Estadísticas
Voltaje Diferencia de potencial eléctrico.	Complejo solar	Estado
Corriente Cantidad de carga que fluye por unidad de tiempo.	Producción eléctrica	Línea del tiempo
Eficiencia La razón de potencia de salida mecánica con respecto a la potencia de entrada.	Grupo de paneles	Errores
Salida AC Se refiere a las salidas de corriente alterna.	Canalizaciones	Ficha Técnica
Entrada DC Entradas de corriente continua.	Datos generales	Modelo

Figura 20. Términos usados para el Card Sorting

6.7.a Card Sorting 01

Resultado:
Persona investigador 1



Figura 21. Resultados del primer card sorting realizado

Observaciones

Realizó la prueba en menos de 10 minutos.
Hizo una clara distinción entre datos que varían en el grupo de generación eléctrica.

Comentario

Sin comentarios durante la prueba.

6.7.b Card Sorting 02

Resultado:

Persona estudiante 1



Figura 22 Resultados del segundo tester del Card Sorting

Observaciones

Agregó la palabra “dashboard” para agrupar, en su mayoría, datos variables de la producción eléctrica. “Granja solar” se utilizó para referirse a lo que a lo largo del proyecto se ha llamado “complejo solar,” lo cual puede indicar una mejor comprensión con esa terminología.

Comentario

Sin comentarios durante la prueba.

.7.c Card Sorting 03

Resultado:
Persona investigador 2



Figura 23. Resultados del tercer tester del Card Sorting

Observaciones

Este participante duró casi el doble que el resto de las personas en realizar la prueba. No agregó ningún nombre propio para los conceptos que no relacionó con corriente alterna y continua.

Comentario

“Quizás que no estén tan pegados a una grid los grupos”

6.7.d Card Sorting 04

Resultado: Persona estudiante 2



Figura 24. Resultados del cuarto tester del Card Sorting

Observaciones

Agregó sus propios nombres a todos los grupos creados.

Comentario

Sin comentarios durante la prueba.

6.7.e Card Sorting 05

Resultado: Persona estudiante 3



Figura 25. Resultados del quinto tester del Card Sorting

Observaciones

Al igual que el estudiante anterior, el usuario creó sus propios nombres para los grupos creados. A diferencia de otros testers, hizo tres grupos distintos para conceptos que varían con el tiempo.

Comentario

Sin comentarios durante la prueba.

6.7.f Card Sorting 06

Resultado:
Persona estudiante 4



Figura 26. Resultados del sexto tester del Card Sorting

Observaciones

Es el segundo tester en usar la palabra “información” para hacer distinciones en sus grupos.

Comentario

Sin comentarios durante la prueba

6.7.g Card Sorting 07

Resultado:
Persona estudiante 5

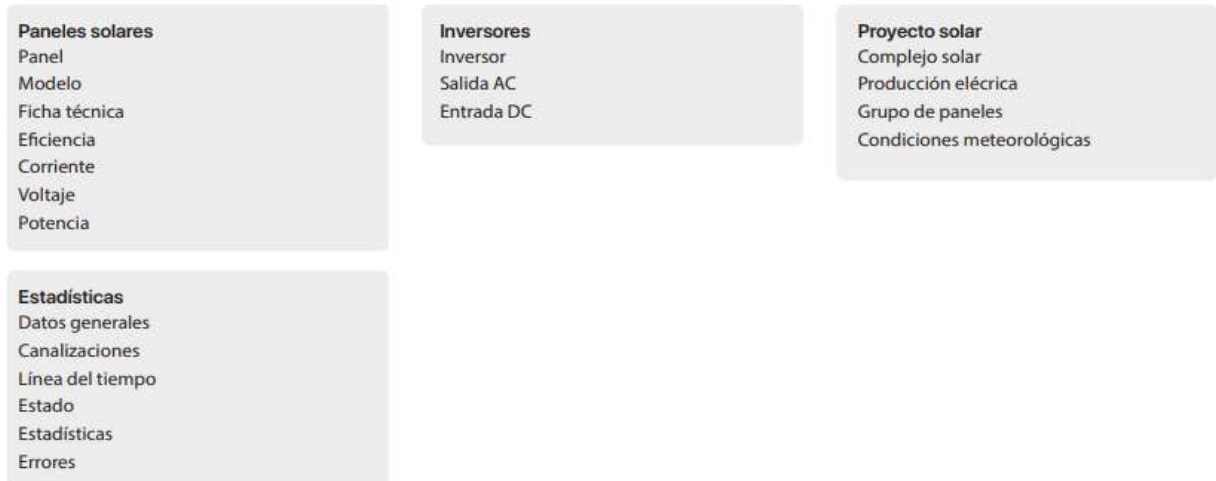


Figura 27. Resultados del séptimo tester del Card Sorting

Comentario

Usó la palabra “proyecto solar” en vez de “complejo solar;” esto indica que la comprensión de esta nomenclatura, al igual con el tester que usó “granja solar,” se puede mejorar.

Observaciones

Sin comentarios durante la prueba

6.7.h Card Sorting 08

Resultado:
Persona estudiante 6



Figura 28. Resultados del octavo tester del Card Sorting

Observaciones

No usó nombres de conceptos como tales para los grupos.

Comentario

Durante la prueba hizo un comentario de querer tener un “dark mode”.

6.7.1 Dendrograma

Los resultados de las pruebas se consolidan en un dendrograma a continuación, que consiste en un resumen gráfico de las asociaciones y agrupaciones de los términos que fueron realizadas por los testers.

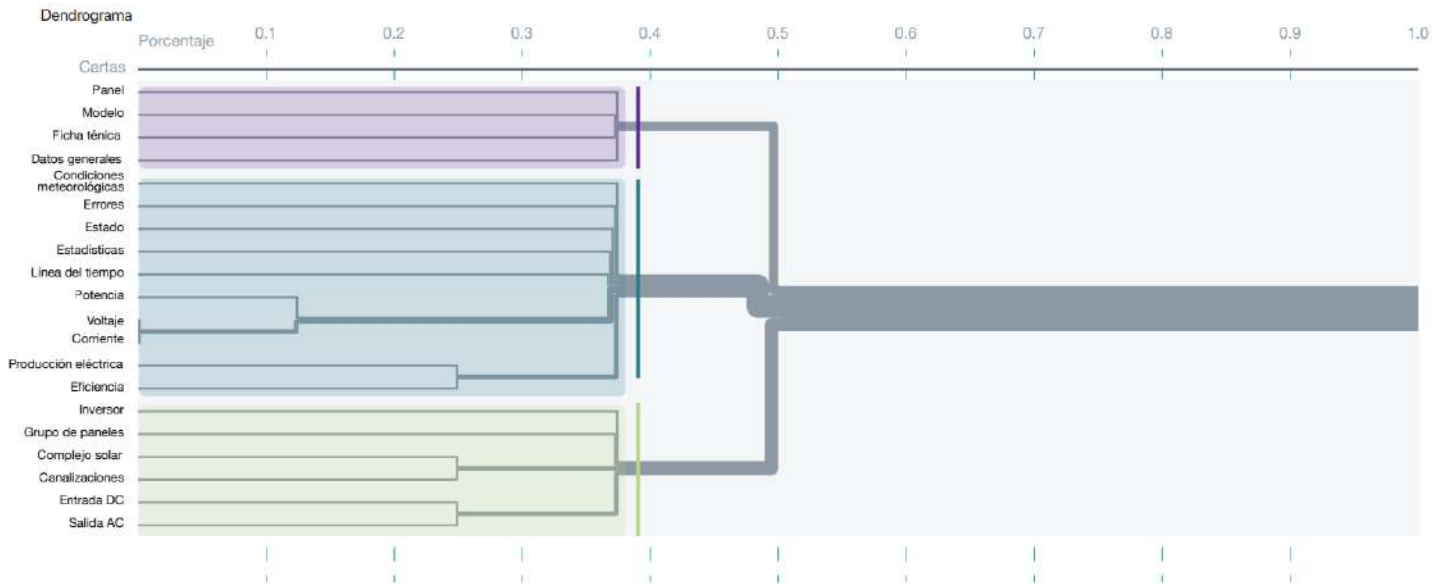


Figura 29. Dendrograma consolidado del Card Sorting

Al finalizar la prueba, se evidenció que los testers formaron grupos muy similares a los conceptos asociados en la arquitectura a con el complejo solar y datos técnicos de los paneles e inversores. Es importante resaltar que, en los grupos creados, se empleó terminología distinta a “complejo solar,” en cambio usando “granja,” “proyecto,” “sistema físico,” “sistema fotovoltaico” y “componentes.” Por esto se concluye que la terminología planteada debe ser cambiada. Un cambio importante que se debe destacar consiste en la agrupación de condiciones meteorológicas, que afectan la producción eléctrica, junto a variables de la producción y en algunos casos datos del complejo solar. Por esto, se debe modificar la arquitectura para que las condiciones se separen como una sección completamente aparte.

6.8 Navigation paths

Se realizó para limitar las líneas de flujos de las tareas más importantes, de manera que se pudo verificar la navegación adecuada la plataforma, y así realizar el Paper prototyping. Además, se definieron y limitaron de manera concreta los wireframes que se van a desarrollar.” Son los caminos que debe tomar el usuario en la arquitectura para realizar las tareas de más tráfico.” (Hernández-Castro, 2016, p.25). Las tareas seleccionadas a continuación se basan en el tráfico-Pareto que se realizó anteriormente.

6.8.a Investigador

Inverstigador: Tarea 1

Ver complejo

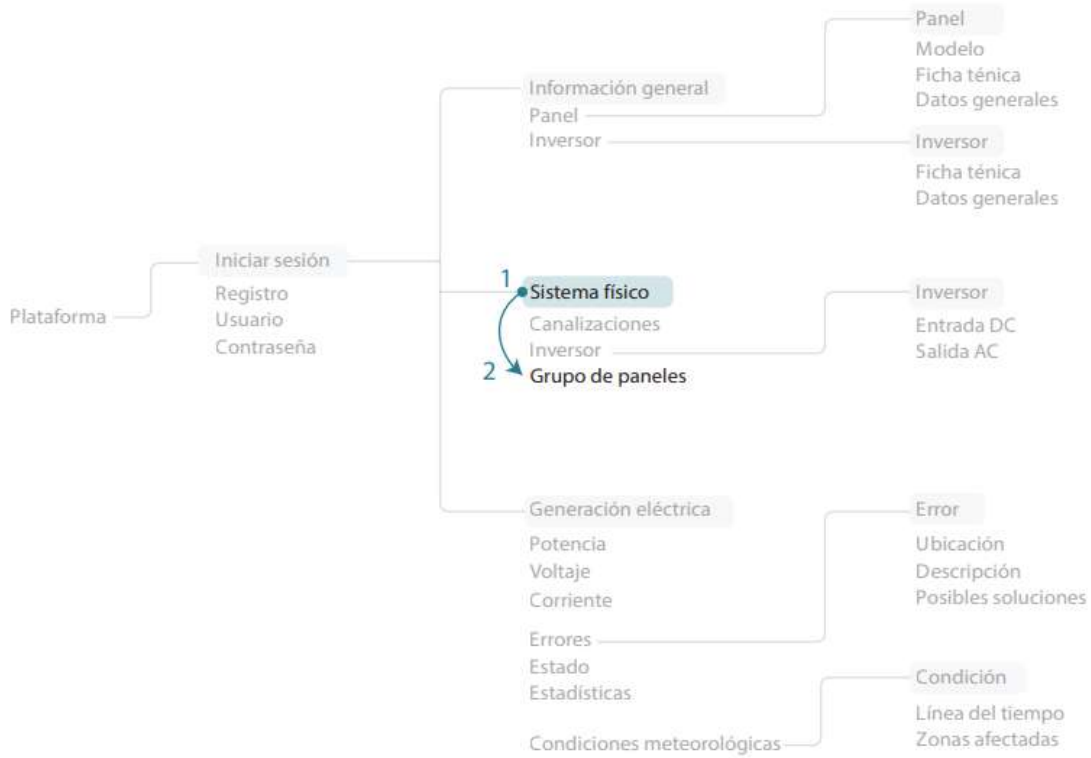


Figura 30. Navigation path para ver el complejo

Inverstigador: Tarea 2
Consultar ficha técnica de equipos (paneles e inversores)

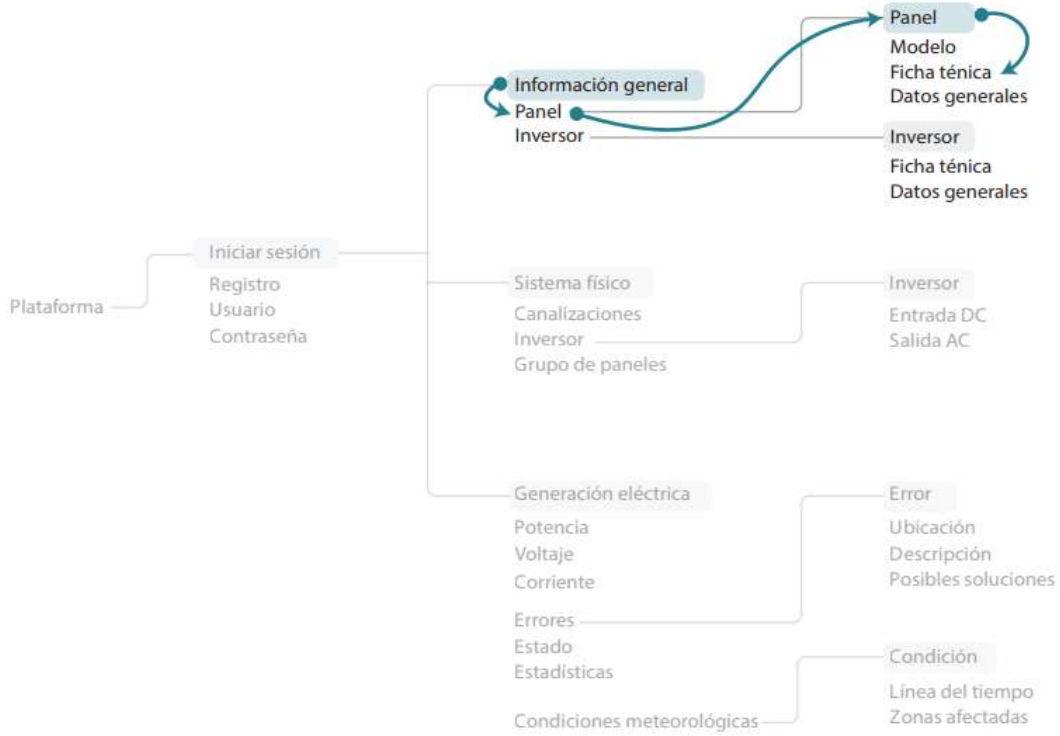


Figura 31 Navigation path para consultar fichas técnicas de equipos

Inverstigador: Tarea 3
Ver registro de producción eléctrica

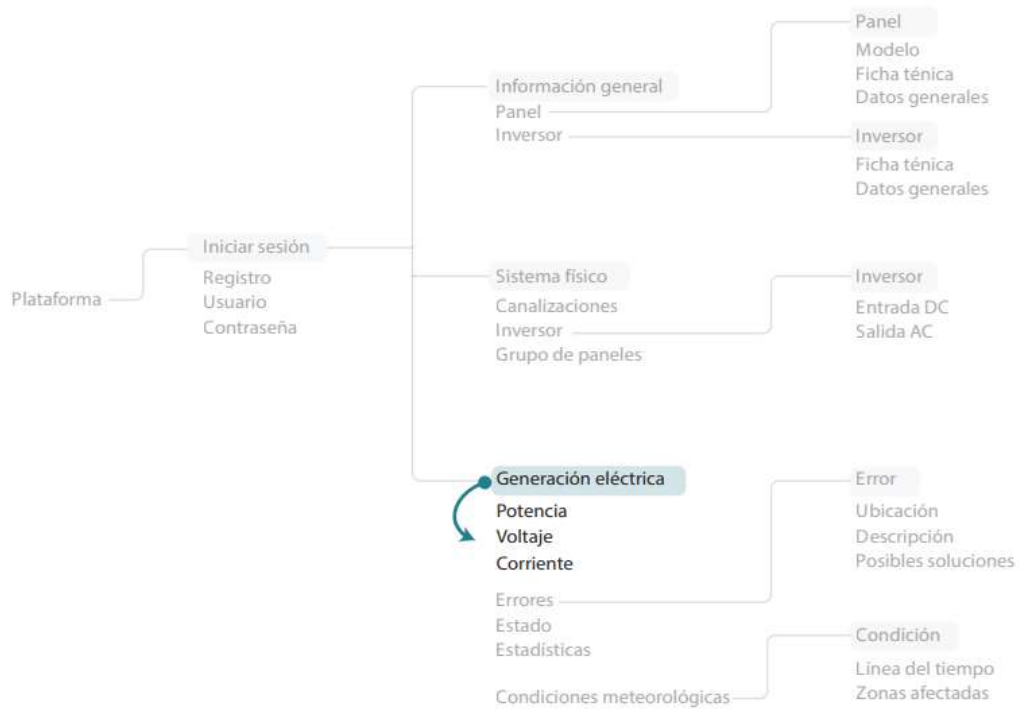


Figura 32. Navigation path para ver el registro de la producción eléctrica

Inverstigador: Tarea 4
Ver errores en el complejo

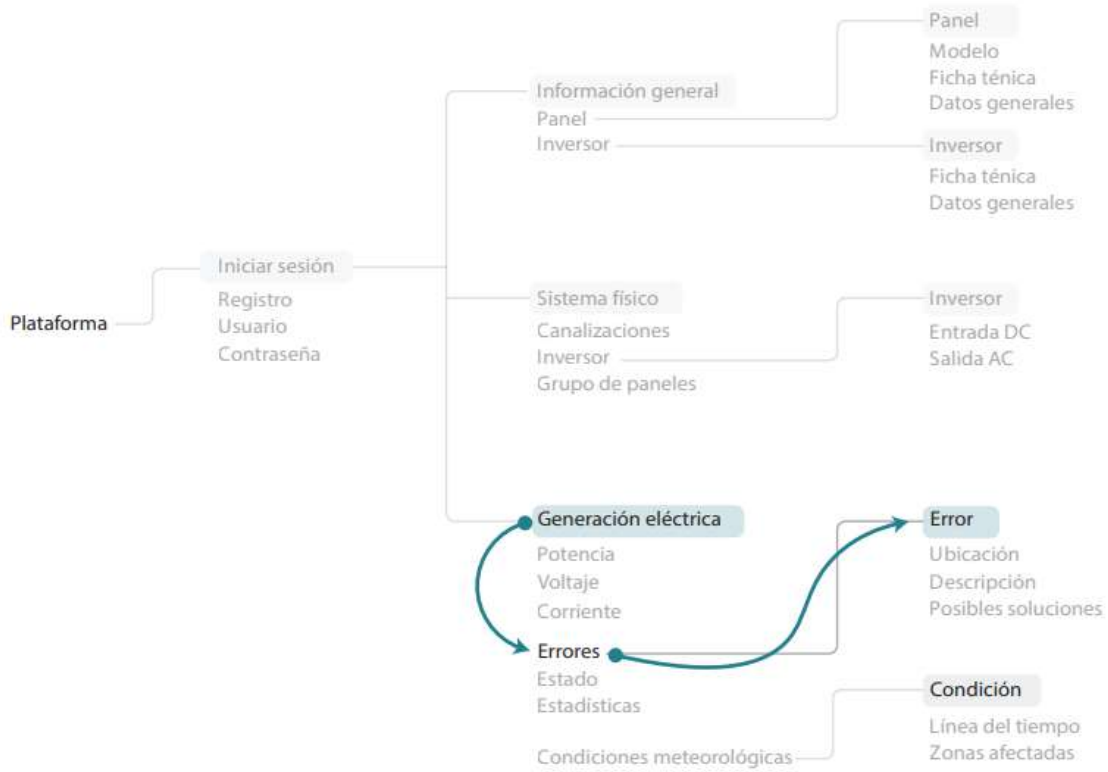


Figura 33. Navigation path para ver errores en el complejo

6.8.b Estudiante

Estudiante: Tarea 1

Ver relaciones de grupos de paneles a inversores

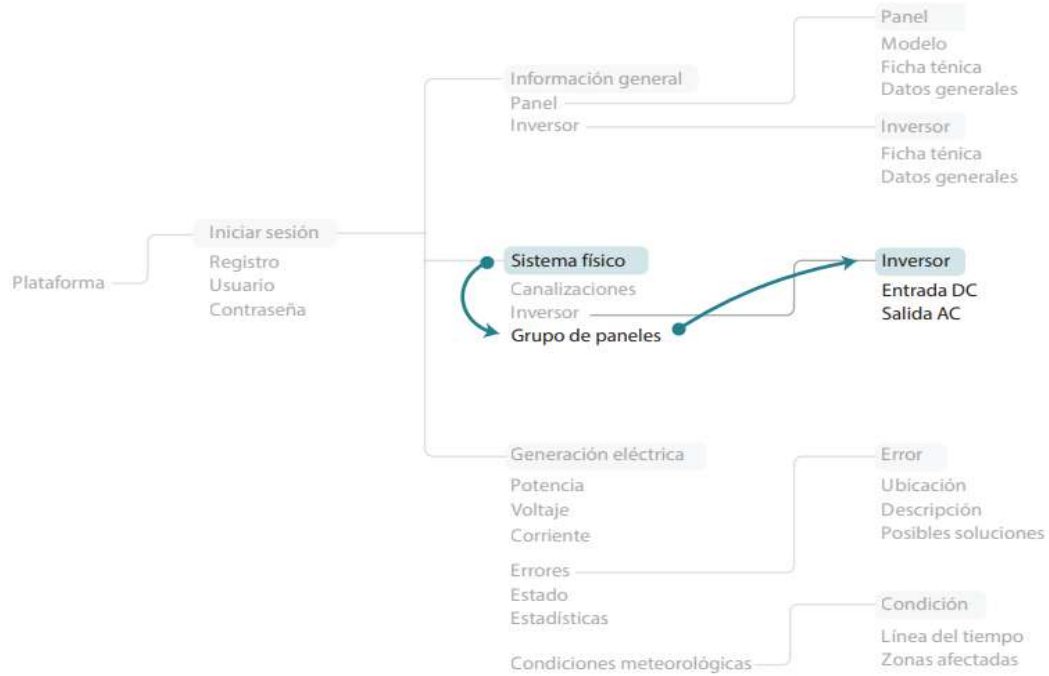


Figura Navigation path para ver relaciones de inversores a paneles

Estudiante: Tarea 2
Monitorear producción energética

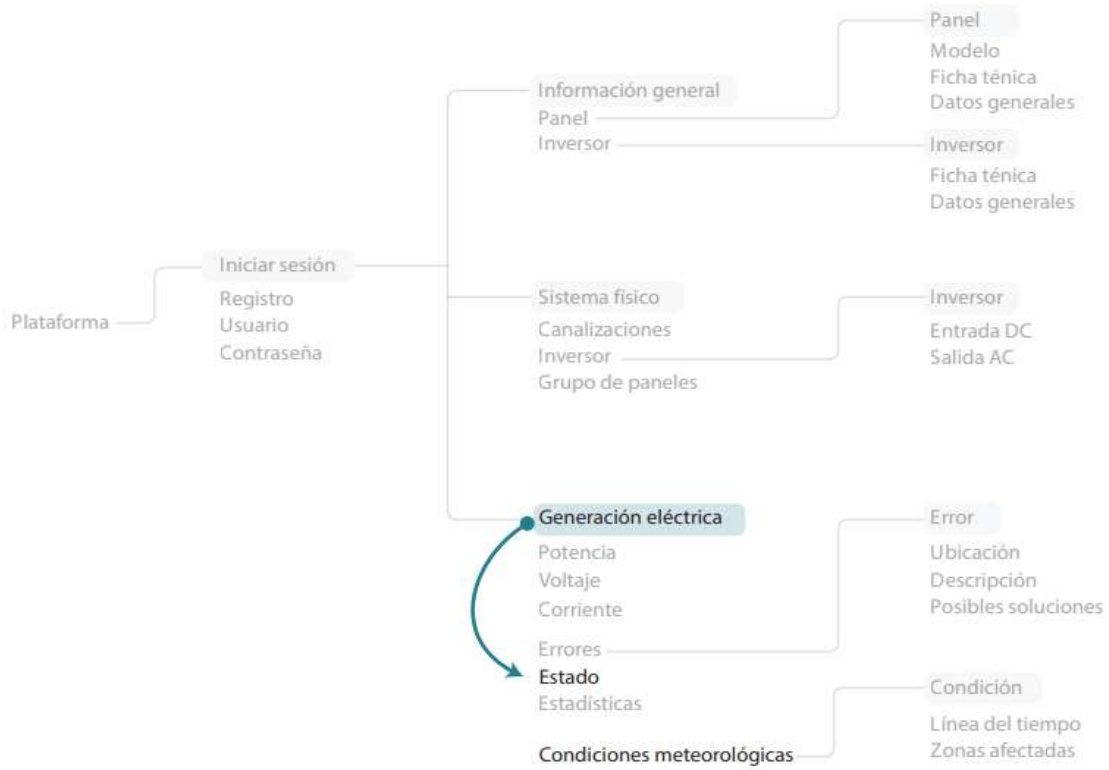


Figura 35. Navigation path para monitorear la generación eléctrica

Estudiante: Tarea 3

Ver condiciones meteorológicas que afectan la producción

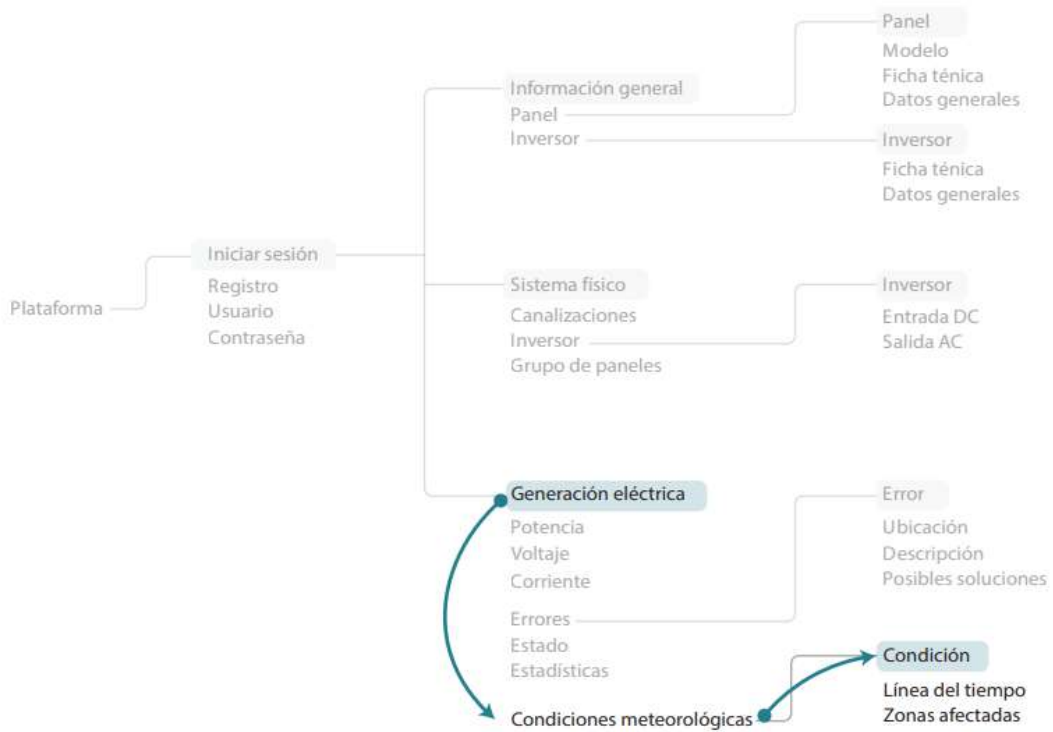


Figura 36. Navigation path para ver condiciones meteorológicas que afectan el complejo

6.9 Wireframes

6.9.1 Low Fidelity

Se buscó experimentar por primera vez los escenarios definidos anteriormente a partir de diagramaciones, sin color ni detalle gráfico para a futuro ponerlas a prueba por medio de un Paper Prototyping.

6.9.1.a Login

Se creó una distinción para el usuario investigador y estudiante.

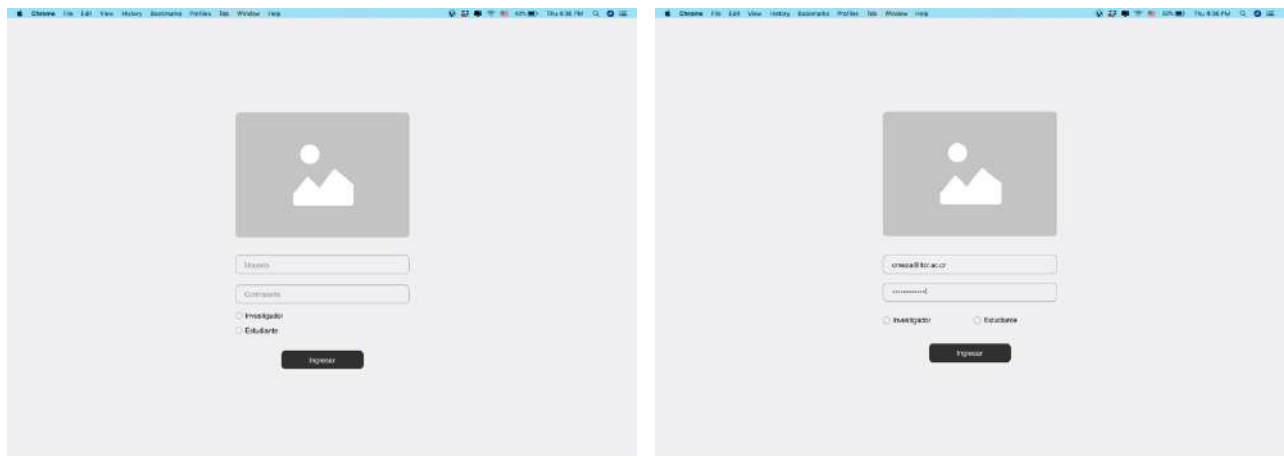


Figura 37. Wireframes de baja fidelidad para iniciar sesión

6.9.1. c Sistema físico

Para el mapa del sistema físico se optó por darle la opción al usuario de filtrar los diferentes elementos que lo componen.

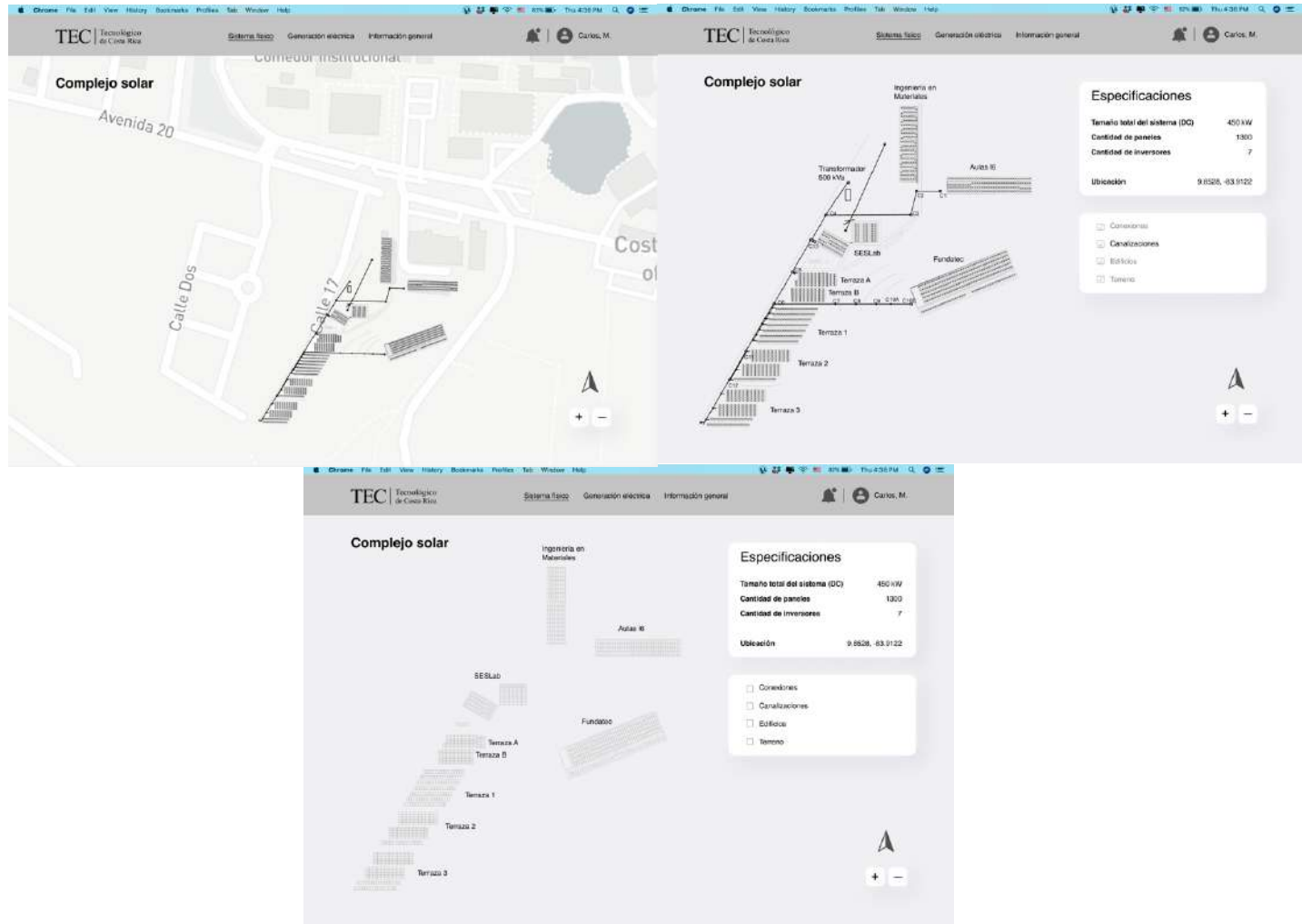


Figura 38. Wireframes de baja fidelidad para ver el complejo

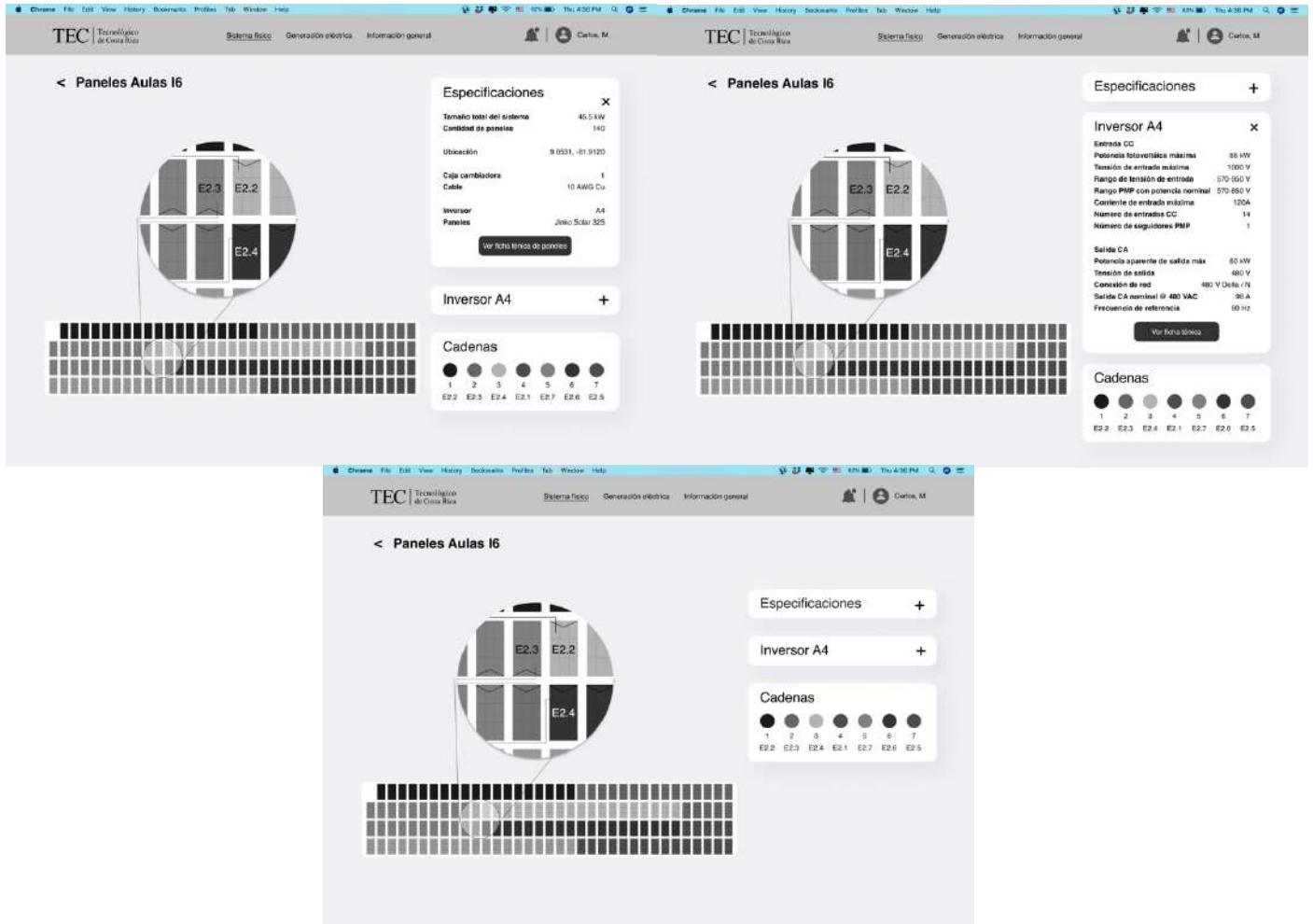


Figura 39. Wireframes de baja fidelidad para ver grupos de paneles

6.9.1. d Información General

En esta sección se incluyen todos los paneles e inversores que actualmente forman parte del sistema.

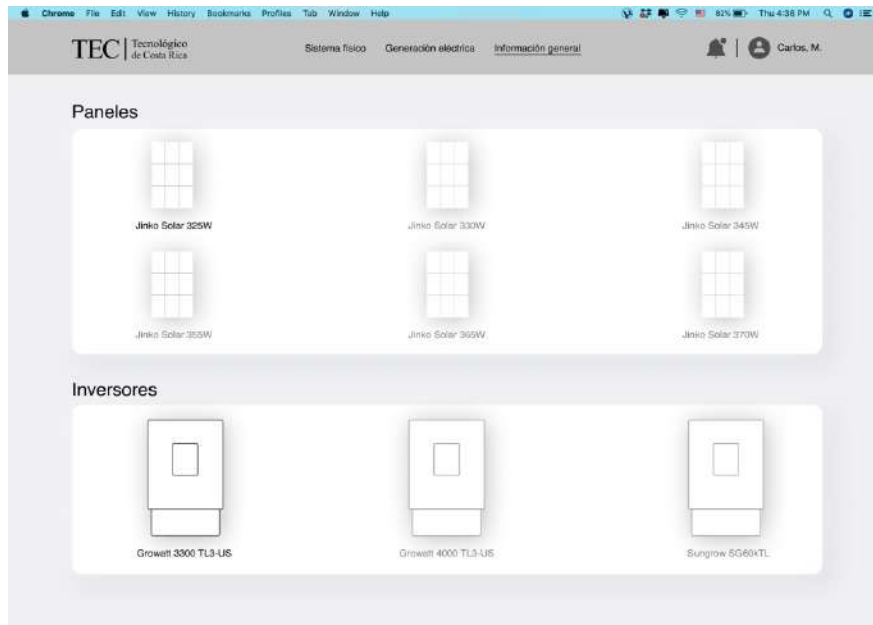


Figura 40 Wireframes de baja fidelidad con inversores y paneles en el complejo

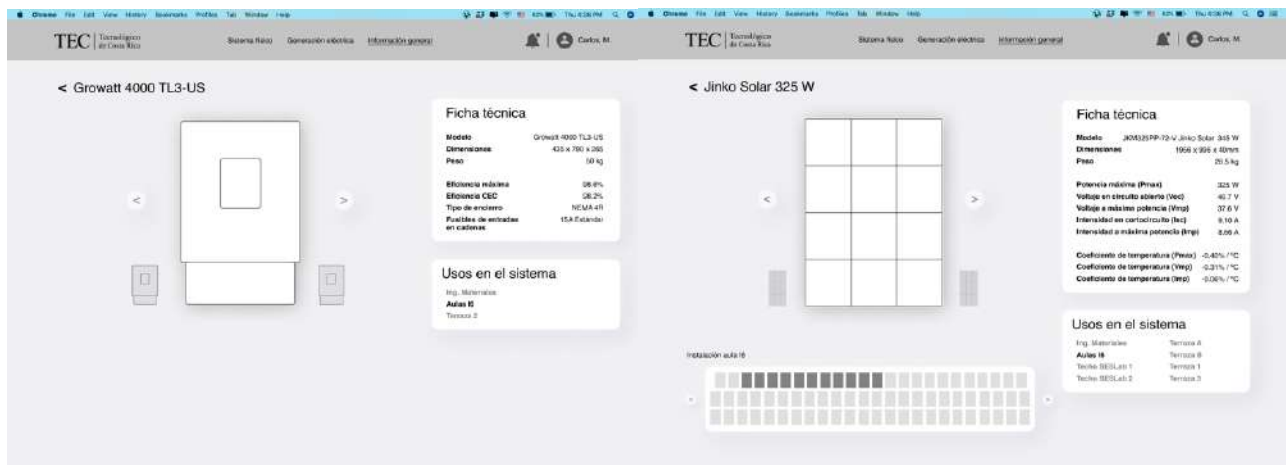


Figura 41. Wireframes de baja fidelidad con información específica de paneles e inversores

6.9.1.e Generación eléctrica

No se detalla la visualización de los datos, puesto que se definió que quedaría fuera del scope del proyecto, sin embargo, los datos que se determinaron en pruebas anteriores que deben estar en esta sección se encuentran en los wireframes.

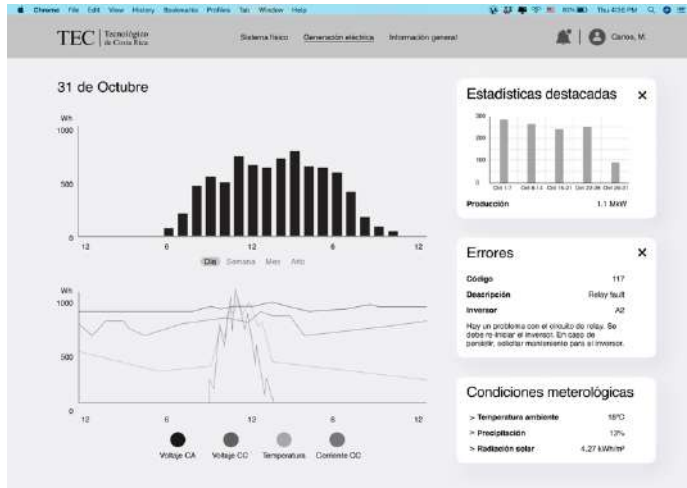


Figura 42. Wireframes de baja fidelidad de generación eléctrica

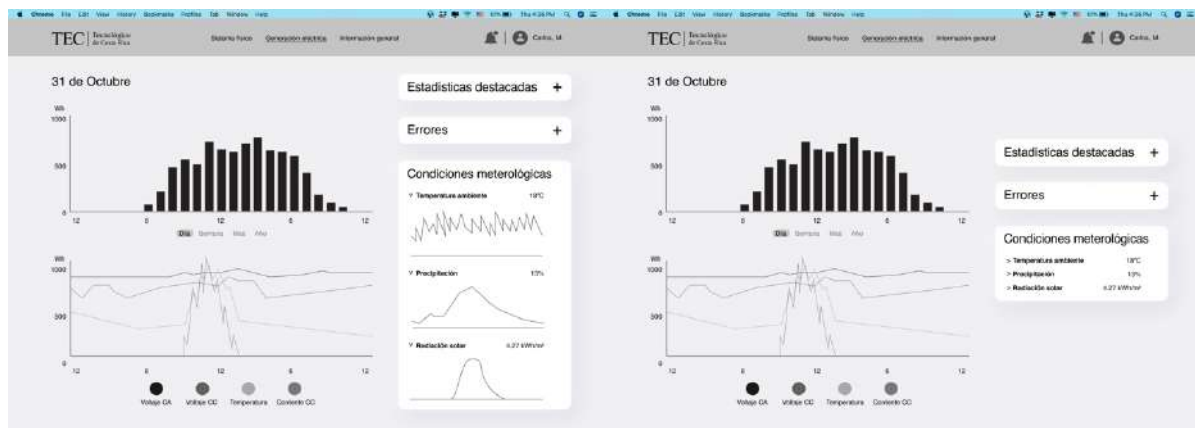


Figura 43. Wireframes de baja fidelidad con variables de afectación (condiciones meteorológicas expandidas y colapsadas)

6.10 Paper prototyping

A partir de los wireframes de baja fidelidad y Navigation paths, se realiza una prueba de paper prototyping para evaluar si los storyboards y escenarios propuestos poseen una navegación fácil de realizar y entender para los usuarios.

La prueba se realiza de manera remota, por medio de la herramienta figma, a través de una maqueta y el sitio Maze, para que los testers puedan realizar la tarea dentro de la misma.

“Su principal objetivo es probar la navegación, la arquitectura alfa, los patrones de diseño y la jerarquía y secuencia de lectura de los elementos de la interface” (Hernández-Castro, 2016, p.25).

Definición de tareas para la Persona: Investigador

1. Ver el complejo solar

Usted es un investigador en el Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad. Quiere encontrar las instalaciones, en especial las Aulas I6, porque está buscando fondos para un proyecto de investigación.

2. Revisar Ficha Técnica

Quiere instalar un nuevo inversor a red para los paneles de las aulas I6, por lo que necesita conocer el voltaje en circuito abierto (VOC) de los paneles.

3. Revisar generación eléctrica

La generación eléctrica de este mes está siendo afectada por ondas tropicales, por lo que quiere ver el desempeño de la producción

4. Identificar errores

El inversor A4 posee un error y necesita revisar cuál error está teniendo y en qué consiste el mismo.

6.10.a Paper prototyping 01

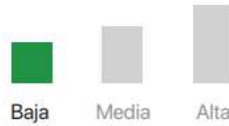
Resultado

Persona Investigador 1

Tarea

1. Ver complejo solar

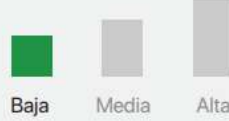
Dificultad para realizarla



Observaciones

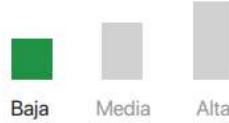
Realizó la tarea rápidamente y con facilidad.

2. Revisar ficha técnica



Realizó la tarea indirectamente, fácil y rápidamente, navegando desde la plantación, expandiendo especificaciones y navegando desde ahí hasta la ficha técnica a través del botón que las vincula.

3. Consultar generación eléctrica



Realizó la tarea rápidamente y con facilidad.

4. Identificar errores



Primero buscó en varias partes de la sección del sistema físico, luego se trasladó a generación eléctrica y rápidamente expandió la información que necesitaba.

Figura 44. Resultados del primer tester del Paper Prototyping

6.10.b Paper prototyping 02

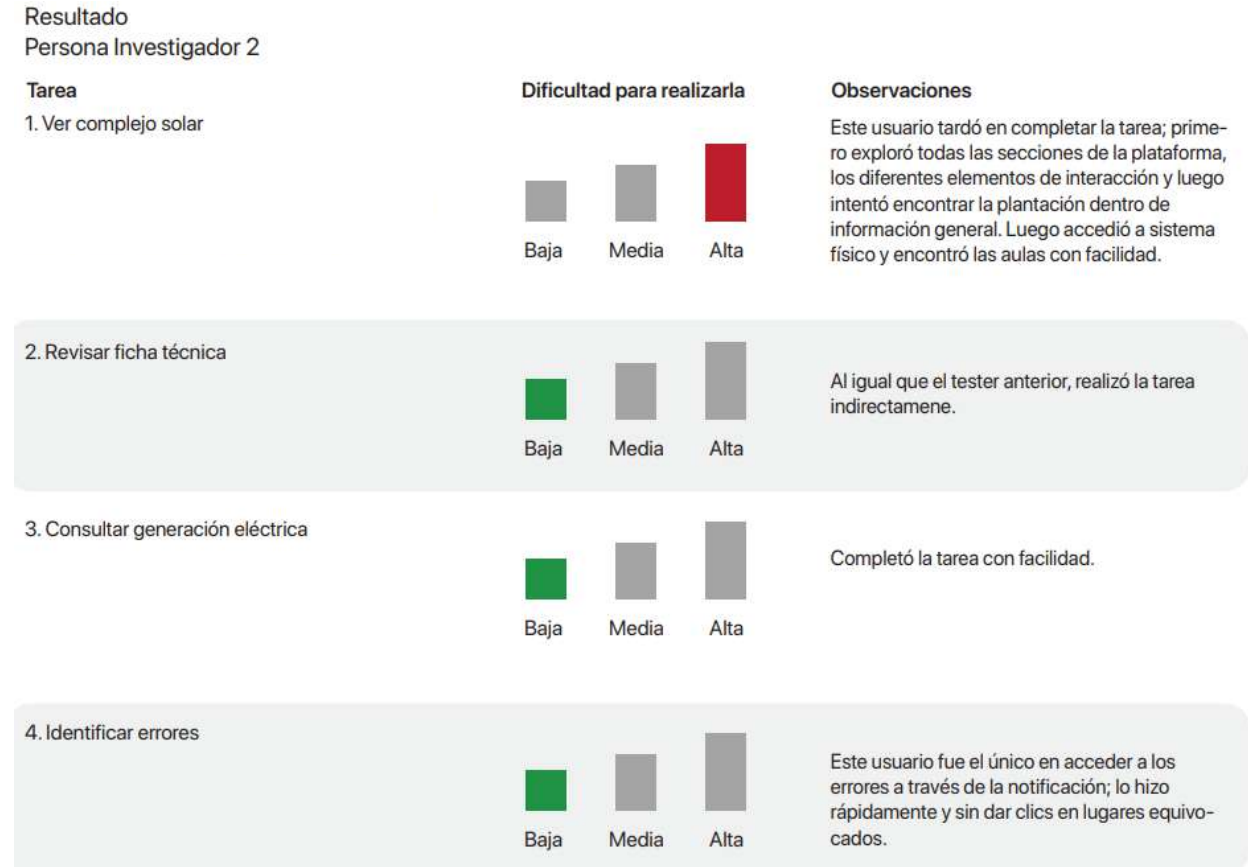


Figura 45. Resultados del segundo tester del Paper Prototyping

6.10.c Paper prototyping 03

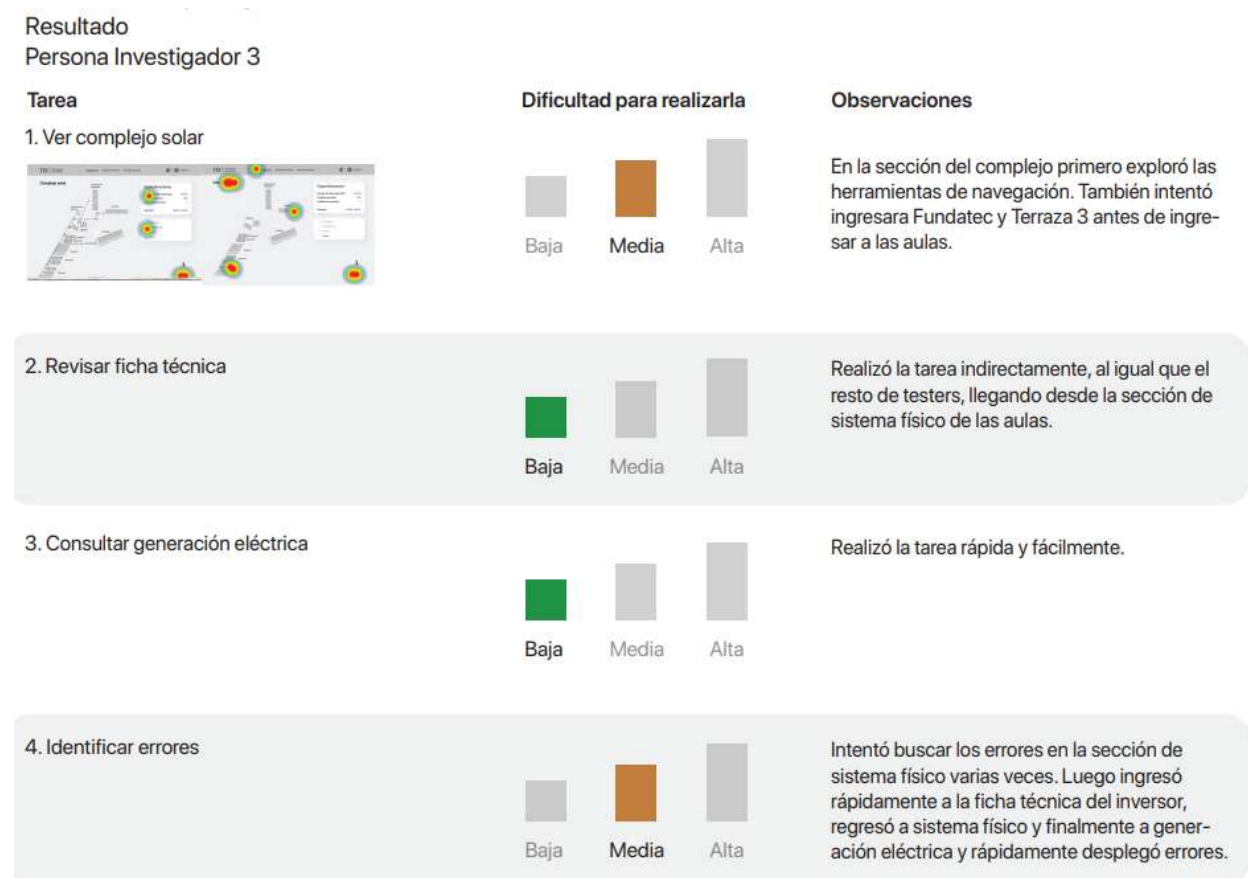


Figura 46. Resultados del tercer tester del Paper Prototyping

6.10.d Paper prototyping 04

Resultado

Persona Investigador 4

Tarea

1. Ver complejo solar

Dificultad para realizarla



Observaciones

Realizó la tarea rápidamente y con facilidad.

2. Revisar ficha técnica



Realizó la tarea indirectamente, al igual que el resto de testers.

3. Consultar generación eléctrica



Realizó la tarea rápidamente, si cliquear en ningún lugar equivocado.

4. Identificar errores



Intentó encontrar los errores en el sistema físico y en parte en la sección de información general. Después de probar varias veces en el sistema físico accedió a generación eléctrica y encontró el error con facilidad.

Figura 47. Resultados del cuarto tester del Paper Prototyping

6.10.e Paper prototyping 05

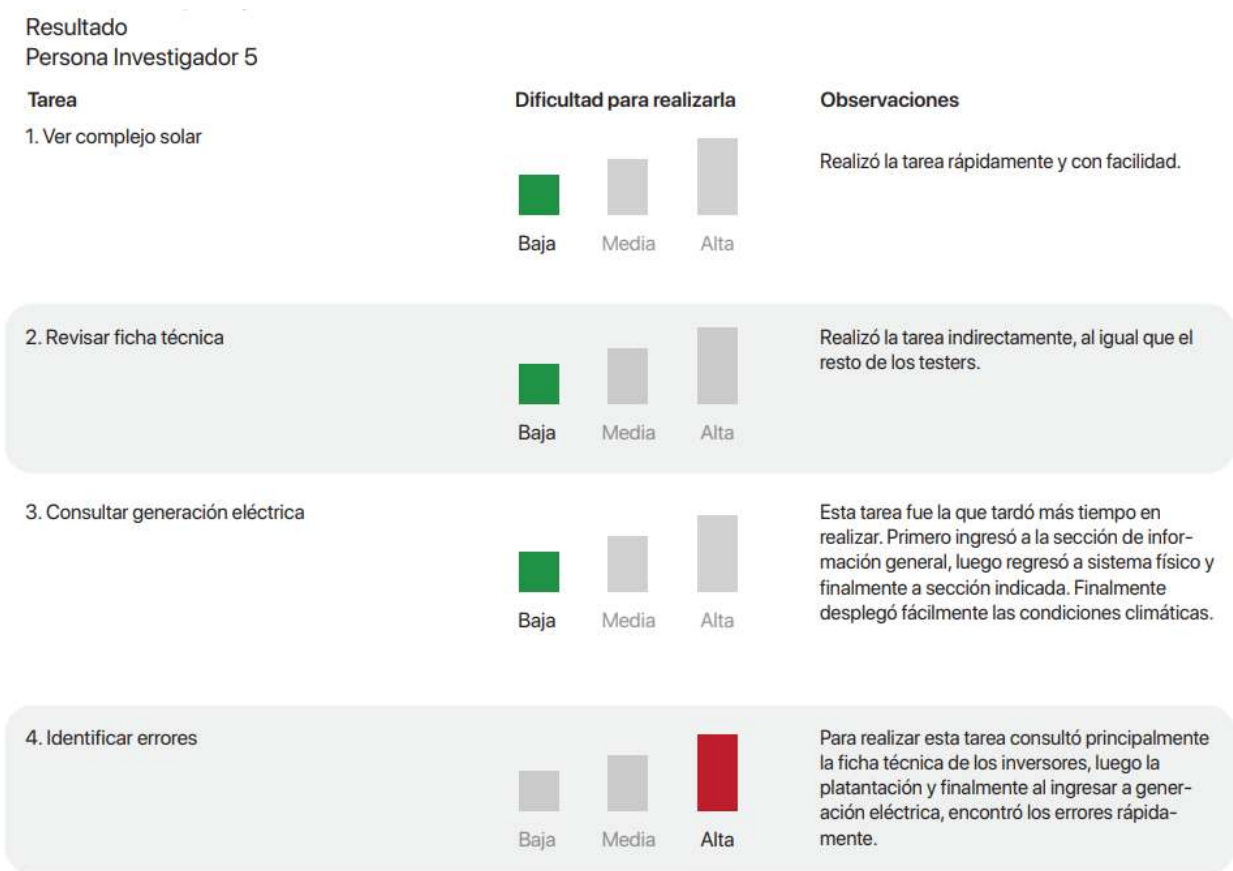


Figura 48. Resultados del quinto tester del Paper Prototyping

6.10.f Paper prototyping 06

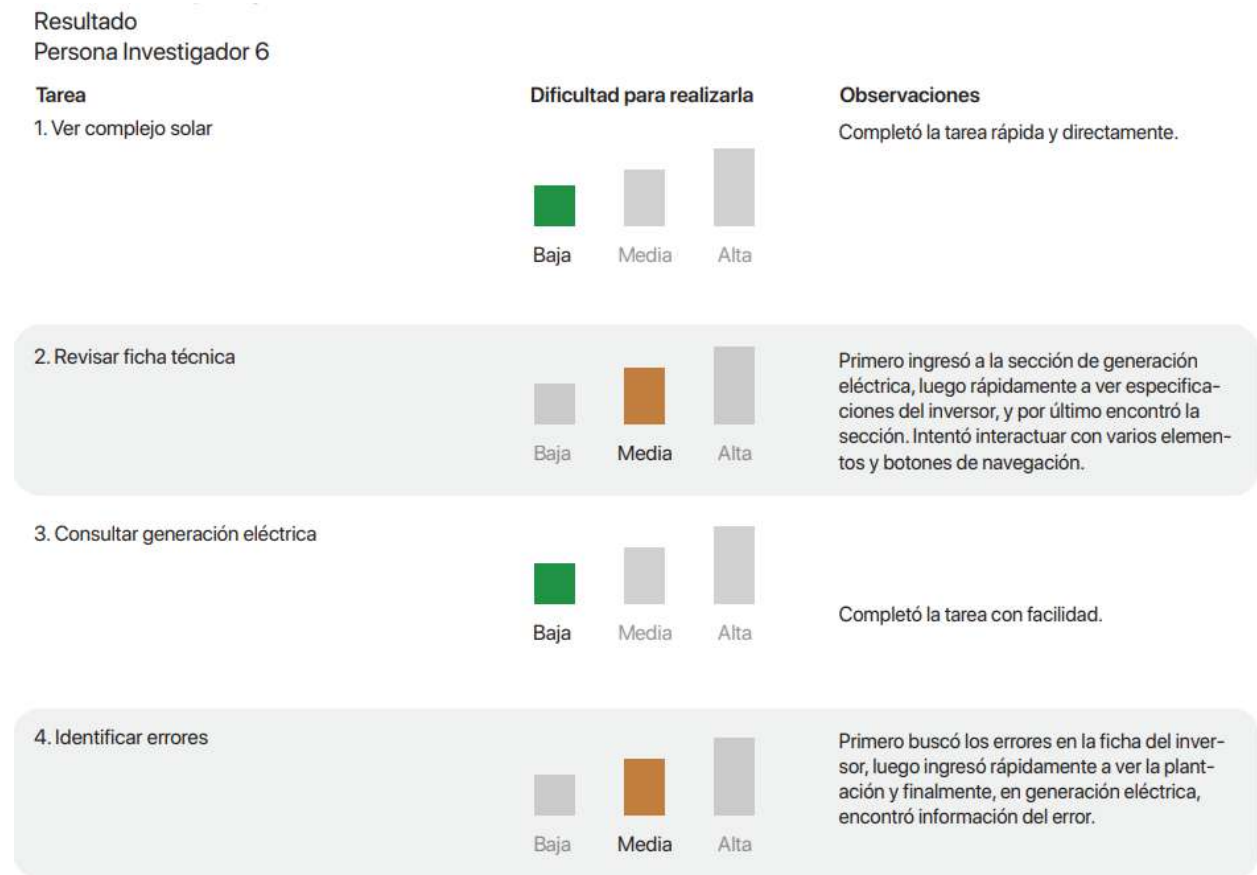


Figura 49. Resultados del sexto tester del Paper Prototyping

Conclusiones usuario investigador

A excepción del tester que exploró la plataforma antes de ejecutar las tareas, todos los usuarios tuvieron problemas en encontrar la sección de errores. La mayoría buscó los errores en el sistema físico, mientras que un tester, además del sistema físico, realizó la búsqueda en información general, en la sección de inversor. De esto se concluye que el apartado de errores debe ser cambiado o convertirse en una sección separada. También, debido a la búsqueda entre las diferentes secciones, se puede agregar una sección separada solo para los errores. Un tester comentó que le gustaría que hubiera “mensajes de advertencia o error.”

Por otro lado, para consultar datos de la ficha técnica, todos los testers accedieron a la misma a través de las especificaciones en el sistema físico, a través de un botón de acceso que vincula los inversores y paneles particulares de las instalaciones con las respectivas fichas técnicas.

En la tarea de revisar la generación eléctrica, todos los testers realizaron la tarea rápidamente y con facilidad. Para esta prueba un tester agregó: “En general la página es muy intuitiva, me gustó mucho el diseño y la información que brinda.”

6.10 Paper prototyping

Definición de tareas para la Persona: Estudiante

1. Buscar el inversor asociado a un grupo de paneles.
Usted es un estudiante asistente en el Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad. Necesita verificar a cuál inversor está vinculada la instalación de paneles de las aulas I6 puesto que este inversor está presentando un error.
2. Verificar la generación eléctrica
Está pasando una onda tropical por el TEC y necesita consultar la generación eléctrica del complejo solar durante la misma.
3. Analizar las condiciones meteorológicas
Dentro de sus labores como asistente necesita reportar el estado de las condiciones meteorológicas que afectan la producción para revisar si hay alguna anomalía para tomar nota.
4. Consultar estadísticas destacadas de la producción
Para generar un reporte al laboratorio, necesita consultar las estadísticas destacadas de este mes.

6.10.g Paper prototyping 07

Resultado

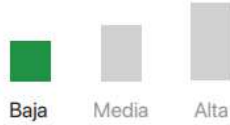
Persona Estudiante 1

Tarea

1. Buscar el inversor asociado a un grupo de paneles



Dificultad para realizarla



Observaciones

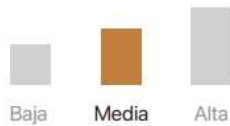
Realizó la tarea rápidamente y con facilidad. Primero intentó revisar las instalaciones de Fundatec y luego rápidamente se trasladó a las Aulas.

2. Verificar la generación eléctrica



Realizó la tarea directamente, sin ningún clic en ningún lugar equivocado.

3. Ver las condiciones meteorológicas



Esta tarea fue la que tardó más tiempo en realizar. Primero ingresó a la sección de información general, luego regresó a sistema físico y finalmente a sección indicada. Finalmente desplegó fácilmente las condiciones climáticas.

4. Consultar estadísticas destacadas de la producción



Realizó esta tarea rápidamente y sin dar clic en ningún lugar equivocado.

Figura 50. Resultados del sétimo tester del Paper Prototyping

6.10.h Paper prototyping 08

Paper prototyping

Resultado

Persona Estudiante 2

Tarea

1. Buscar el inversor asociado a un grupo de paneles



Dificultad para realizarla



Baja



Media



Alta

Observaciones

Realizó la tarea rápidamente y con facilidad. Primero intentó revisar las instalaciones de Fundatec y luego rápidamente se trasladó a las Aulas.

2. Verificar la generación eléctrica



Baja



Media



Alta

Realizó la tarea directamente, sin ningún clic en ningún lugar equivocado.

3. Ver las condiciones meteorológicas



Baja



Media



Alta

Esta tarea fue la que tardó más tiempo en realizar. Primero ingresó a la sección de información general, luego regresó a sistema físico y finalmente a sección indicada. Finalmente desplegó fácilmente las condiciones climáticas.

4. Consultar estadísticas destacadas de la producción



Baja



Media



Alta

Realizó esta tarea rápidamente y sin dar clic en ningún lugar equivocado.

Figura 51. Resultados del octavo tester del Paper Prototyping














Resultado Persona Estudiante 3		
Tarea	Dificultad para realizarla	Observaciones
1. Buscar el inversor asociado a un grupo de paneles	   Baja Media Alta	Realizó la tarea rápidamente y con facilidad.
2. Verificar la generación eléctrica	   Baja Media Alta	Realizó la tarea directamente, sin ningún clic en ningún lugar equivocado.
3. Ver las condiciones meteorológicas	    Baja Media Alta	Logró encontrar la sección de condiciones fácilmente, sin embargo, después de ahí no utilizó los elementos de interacción para desplegar todas las condiciones y navegó al resto de las páginas, hasta regresar varias veces a la sección y finalmente interactuar con los botones para desplegarlas.
4. Consultar estadísticas destacadas de la producción	   Baja Media Alta	Ingresó a información general rápidamente y luego se trasladó a generación eléctrica y desplegó las estadísticas destacadas.

Figura 52. Resultados del noveno tester del Paper Prototyping

Conclusiones usuario estudiante

Todos los testers tuvieron problemas a la hora de desplegar las condiciones meteorológicas. En concreto, para esta parte, uno de los usuarios comento: “Para las pestañas, debería ser de un color más notorio. No se aprecia que se puede abrir más opciones (pensando en las condiciones climatológicas). No se aprecia lo suficiente para pensar que tiene más información.”

Además, dentro del tema de la cromática, otro tester agregó “sería mejor si se utilizaran más colores tanto en las distintas zonas en el mapa como en las gráficas.” A pesar de esto indicó que la información es fácil de encontrar.

De esto se puede concluir que a pesar de que la sección se encuentra en una ubicación que se encuentra con facilidad, la interacción con la misma presenta problemas de jerarquía. Se puede utilizar un botón para colapsar y expandir la sección en su totalidad para ayudar a identificar que hay más elementos, puesto que este botón de interacción se entendió claramente en otras secciones, y usar la cromática para darle mayor jerarquía y dejar clara su función a los botones para desplegar más información específica. Estos cambios se probarán en las pruebas heurísticas.

Conclusiones generales

Puesto que muchos testers no hallaron la sección de errores directamente, con respecto a los cambios a realizarse, el apartado de errores se debe cambiar de sección. Tomando en cuenta que el complejo normalmente no posee errores, eliminar los errores de la sección de generación eléctrica, además, permite que en esta se encuentren únicamente los datos que influyen directamente a la misma y que se pueden manejar a futuro con un dashboard design.

Durante esta prueba, varios testers intentaron interactuar con botones y otros elementos para navegar; estos elementos se deben probar correctamente con la cromática y jerarquía determinada en las pruebas heurísticas a realizar.

6.11 Arquitectura beta

En esta arquitectura se incorporan las mejoras que se hicieron a partir de las etapas anteriores, en especial el último Paper Prototyping. La principal modificación que se realiza a la arquitectura es el cambio de la sección de Errores de la generación eléctrica.

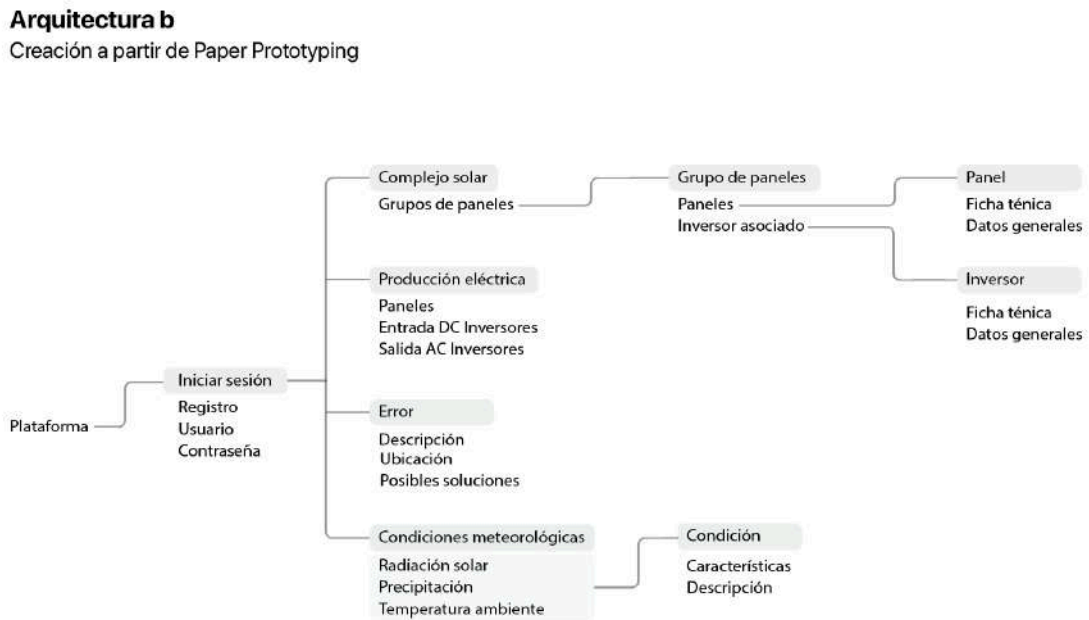


Figura 53. Arquitectura β , creada a partir de los hallazgos del Paper Prototyping

6.12 Look & Feel

El Look & Feel corresponde al diseño gráfico de la plataforma. Puesto que el público meta de la aplicación es investigadores y estudiantes, se buscó transmitir visualmente un concepto Sobrio - Moderno, para no ralentizar la lectura e interacción.

El Look & Feel toma inspiración de la identidad corporativa del ITCR.

Moodboard general

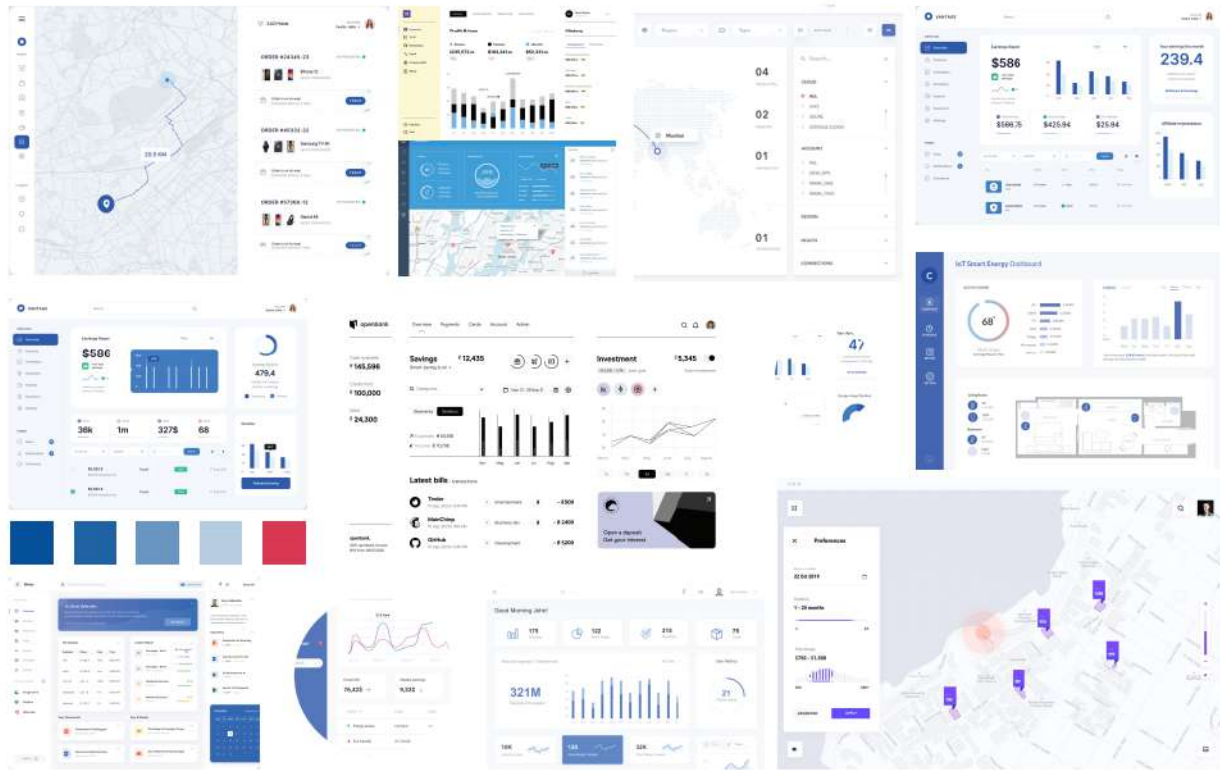


Figura 54. Moodboard para el Look & Feel de la plataforma

6.12.a Cromática

Cromática

Primaria



Hex: #005198

R 0 H 207%
G 81 S 100%
B 152 B 59%

C 100%
M 77%
Y 9%
K 1%

Acentos



Hex: #D83951

R 216 H 350°
G 57 S 73%
B 81 B 84%

C 10%
M 92%
Y 63%
K 1%

Degradados



Figura 55. Cromática principal de la plataforma

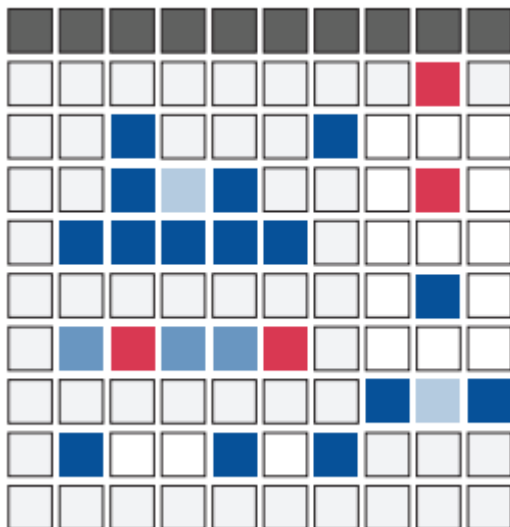


Figura 56 Matriz cromática definida para la plataforma

El azul principal ocupa un 15%, el rojo para acentos un 4%.
Luego, los degradados del azul ocupan un 3% y un 2% para botones y otros elementos de navegación.

Por otro lado, el negro para el menú principal ocupa un 10%, el blanco aproximadamente 16% y el fondo o espacio negativo un 50%.

A continuación se detallan otros colores usados para los componentes del sistema:

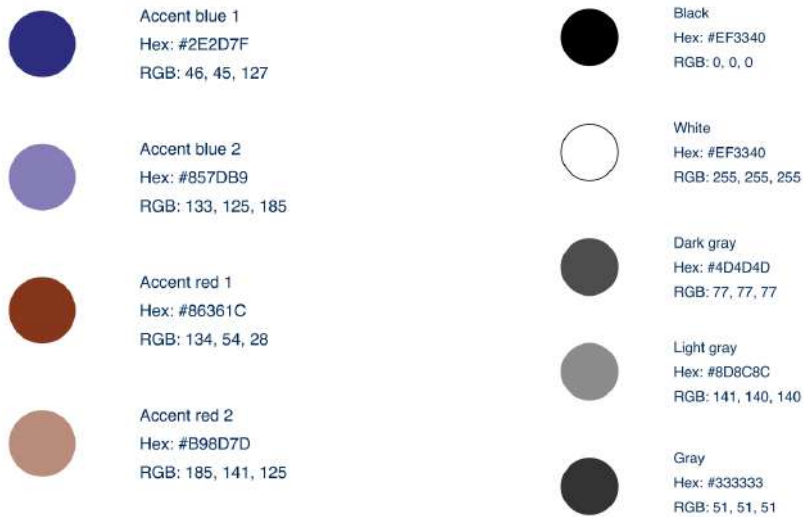


Figura 57. Librería de colores generada para el Design System

Los strings de los paneles:



Figura 58. Cromática de los Strings de los paneles en el Design System.

6.12.b Tipografía



Figura 59. Tipografías definidas para la plataforma

Se toman tipografías sin serifas o palo seco por su mejor lectura en medios digitales. Se limita el uso a dos familias tipográficas para evitar un exceso de variedad en la interfaz.

A continuación se especifica su uso en la interfaz:

Estilos de texto para Heros.



Figura 60. Componentes de la librería de textos “Display” en el Design System

Estilos de texto para títulos o headlines.

H1	Family	Helvetica	● ●
	Weight	Bold	○
	Size	48 px	●
H2	Family	Helvetica	●
	Weight	Bold	○
	Size	32 px	●
H3	Family	Helvetica	●
	Weight	Bold	○
	Size	24 px	●

Figura 61. Componentes de la librería de textos para títulos en el Design System

Estilos de texto para párrafos.

Body 1	Family	Helvetica	●
	Weight	Regular	●
	Size	18 px	○
Body 2	Family	Helvetica	●
	Weight	Regular	●
	Size	16 px	○
Inline link 1	Family	Helvetica	●
	Weight	Regular	
	Size	18 px	
Inline link 2	Family	Helvetica	●
	Weight	Regular	
	Size	16 px	

Figura 62. Componentes de la librería de textos para párrafos en el Design System

Estilos de texto para funciones específicas dentro de la interfaz.

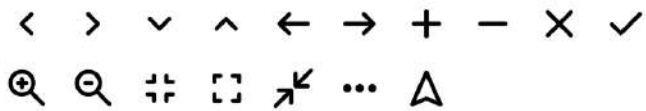
<i>Label</i>	Family	Helvetica	●
	Weight	Oblique	○
	Size	16 px	
Input text field	Family	Helvetica	●
	Weight	Regular	○
	Size	18 px	
Input label	Family	Helvetica	●
	Weight	Regular	○
	Size	14 px	
Sucess message	Family	Helvetica	●
	Weight	Regular	
	Size	16 px	
Error message	Family	Helvetica	●
	Weight	Bold	
	Size	18 px	
Link 1	Family	Helvetica	●
	Weight	Regular	
	Size	18 px	
Link 2	Family	Helvetica	●
	Weight	Regular	
	Size	14 px	

Figura 63. Componentes de la librería de textos con otras funciones específicas en el Design System

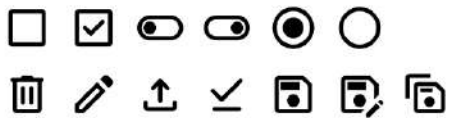
6.12.c Iconografía

Lo iconos se enmarcan en cuadrados de 24px para equilibrio visual.

Navigation



Form



Weather conditions



Actions



Figura 64. Iconos del Design System

Se utilizan la iconografía de Material Design Icons de Google, sin relleno, con bordes redondeados. Esto se hace para facilitar la futura programación de la interfaz.

6.12.d Componentes

Dentro de la interfaz, los iconos se usan para funciones importantes y resaltar las tareas que se realizan con dichas funciones.

Navegación primaria

<u>Sistema físico</u>	Generación eléctrica	Información general
Sistema físico	<u>Generación eléctrica</u>	Información general
Sistema físico	Generación eléctrica	<u>Información general</u>

Figura 65. Componente de navegación primaria del Design System

CTA principal y secundario.

Primary

No icon

Icon

Default

Primary Button

Primary Button +

Hover

Primary Button

Primary Button +

Disabled

Primary Button

Primary Button +

Secondary

Default

Secondary Button

Secondary Button +

Hover

Secondary Button

Secondary Button +

Disabled

Secondary Button

Secondary Button +

Figura 66. Componente de CTA principal y secundario del Design System

Icon button primario y secundario en tamaño pequeño y grande.

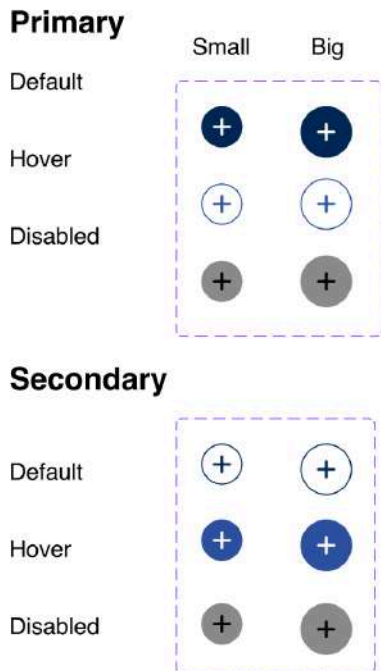


Figura 67. Icon button principal y secundario del Design System

Botón de texto

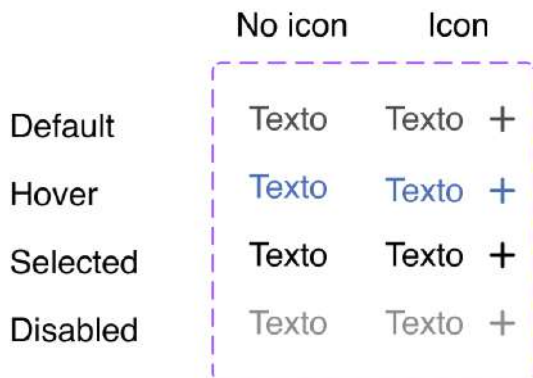


Figura 68 Botón de texto del Design System

Logos usados en la aplicación

TEC



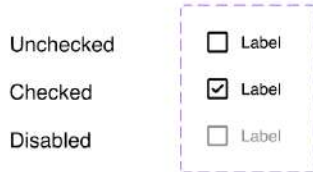
Solar Guide

**Solar
Guide**

Figura 69. Logos usados como componentes en el Design System

Otros componentes:

Checkbox



Toggle



Radio button



Choice chips



Figura 70. Otros componentes del Design System

La mayoría de botones o elementos de interacción son rectangulares, con bordes redondeados a un radio de 15cm. Se usa la cromática para enfatizar estados de los botones y jerarquizarlos.

6.13 High Fidelity wireframes

Se busca experimentar por primera vez los escenarios por medio de diagramaciones, con colores y detalles gráficos definidos y detallados dentro de un Design System.

6.13.a Errores

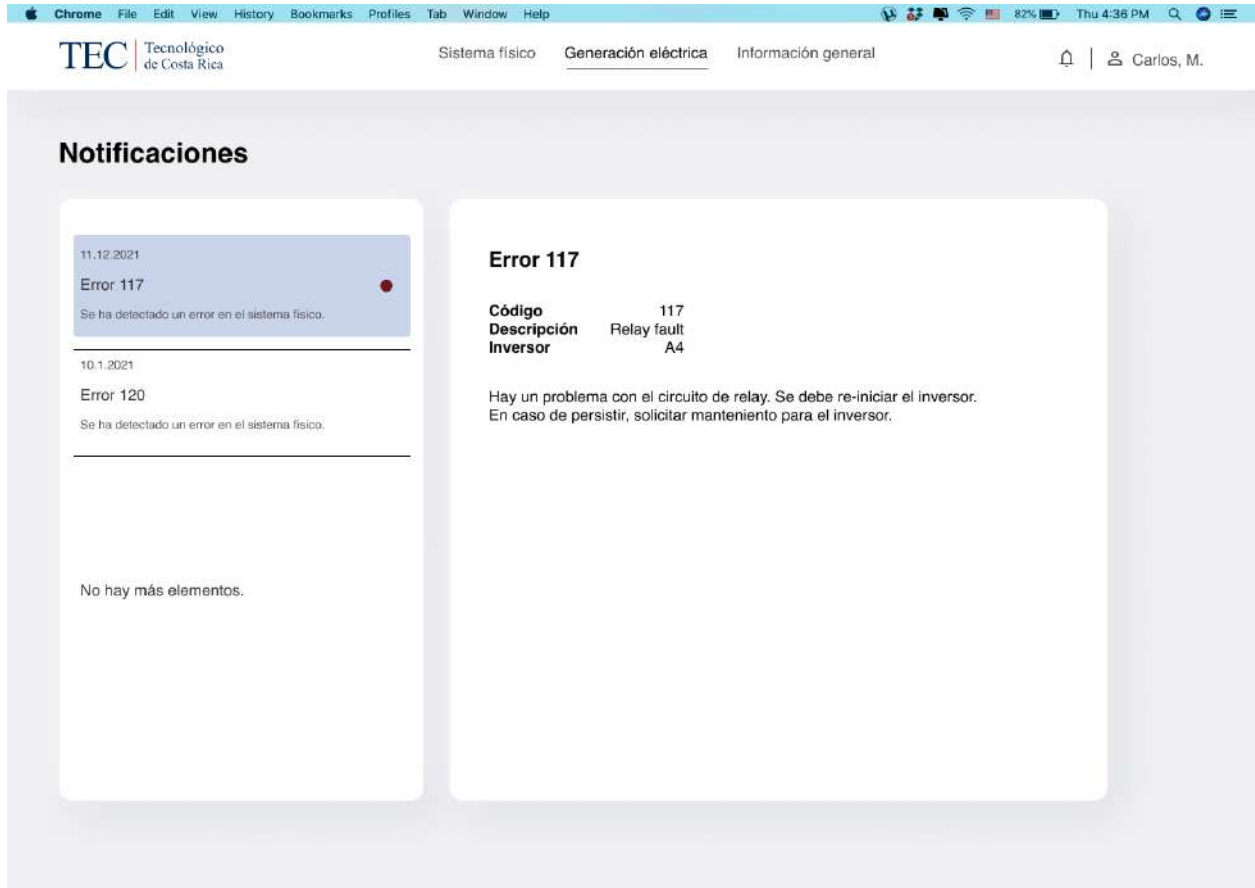


Figura 71. Wireframe de alta fidelidad para nueva sección de errores

6.13.b Generación eléctrica

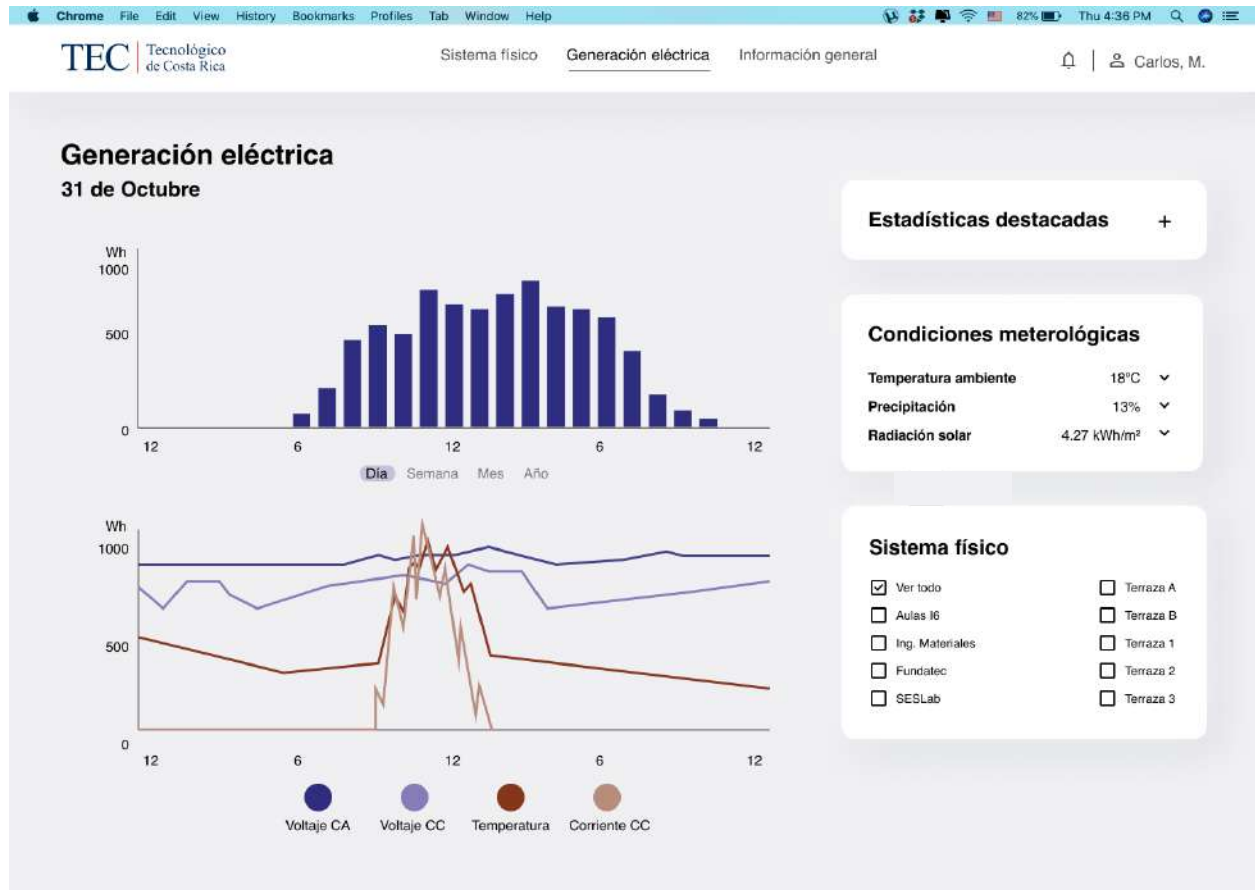


Figura 72 Wireframe de alta fidelidad para sección de generación eléctrica

6.13c Información general

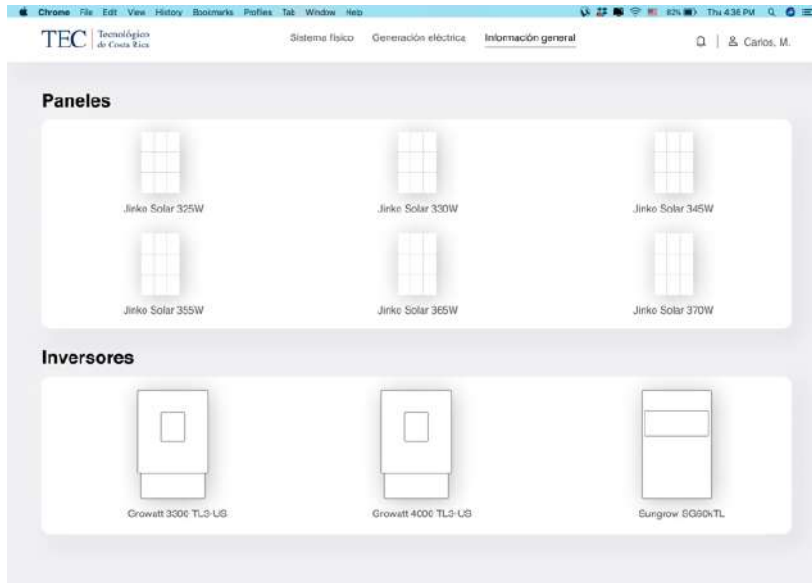


Figura 73. Wireframe de alta fidelidad de inversores y paneles en el complejo

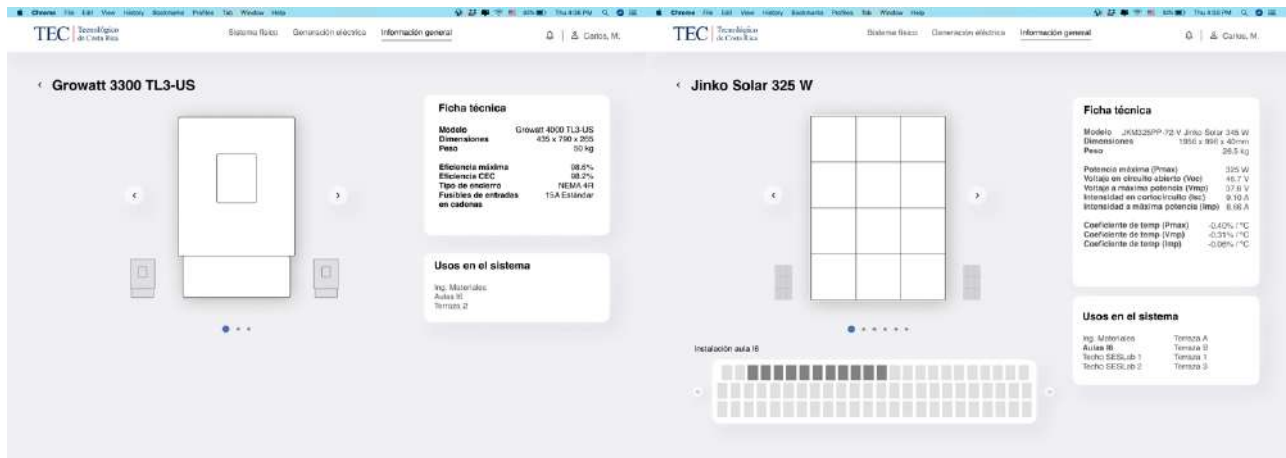


Figura 74. Especificaciones de inversores y paneles

6.13.d Login

La diferenciación entre los usuarios se mueve al registro en vez del login.



Figura 75. Wireframe de alta fidelidad para iniciar sesión

6.13.e Registrarse

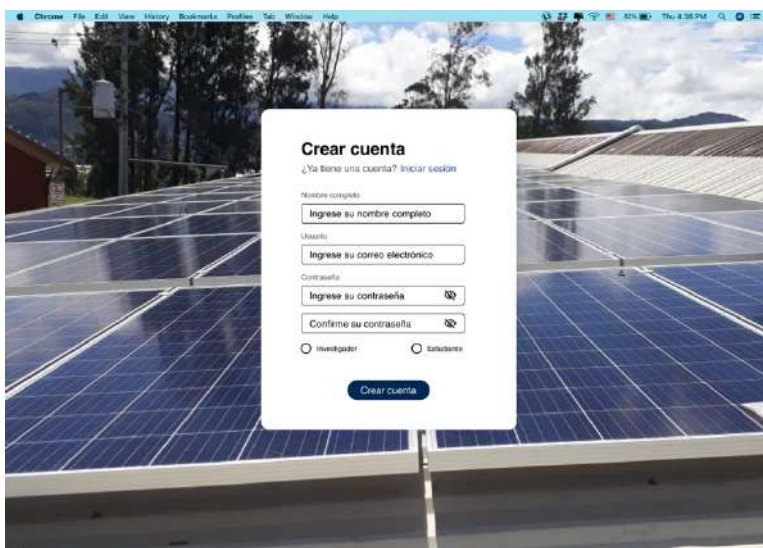


Figura 76. Wireframe de alta fidelidad para registrarse

6.13.f Sistema físico

Se utiliza la cromática que se ha definido en proyectos anteriores para la designación de las diferentes cadenas de los paneles.

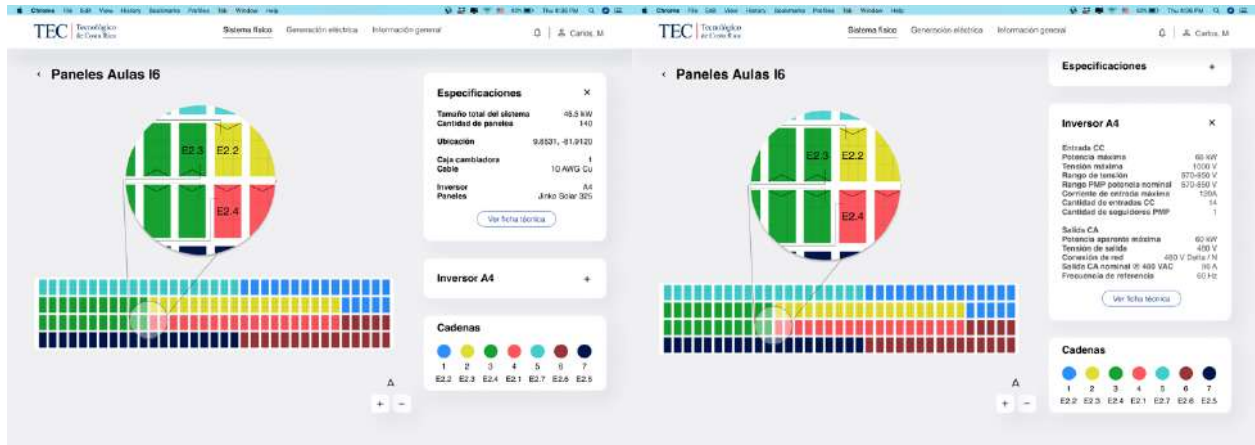


Figura 77. Wireframe de alta fidelidad de grupos de paneles

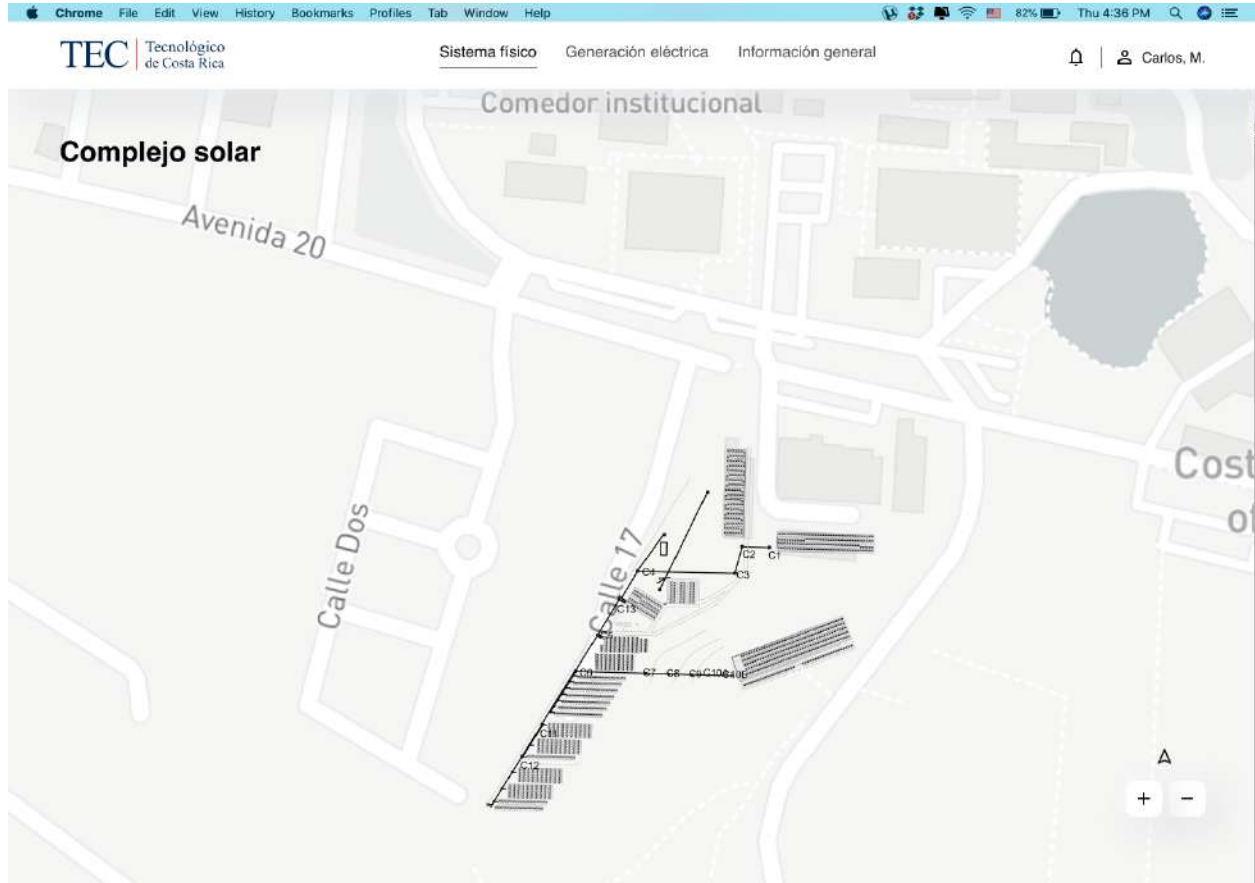


Figura 78. Wireframe de alta fidelidad de vista superior del complejo

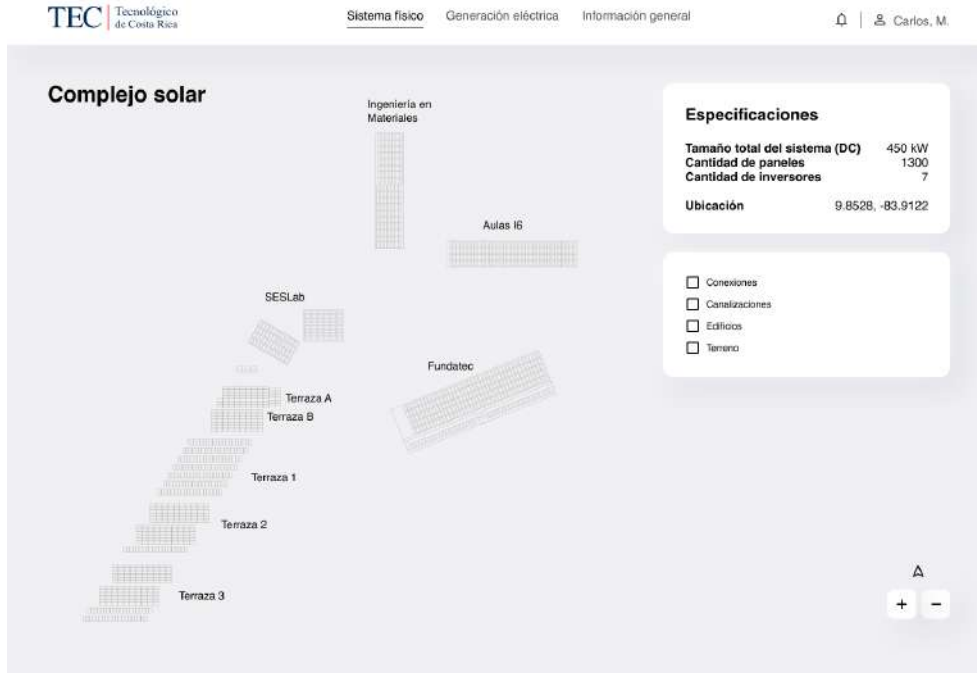


Figura 79. Wireframe de alta fidelidad de vista de los grupos de paneles

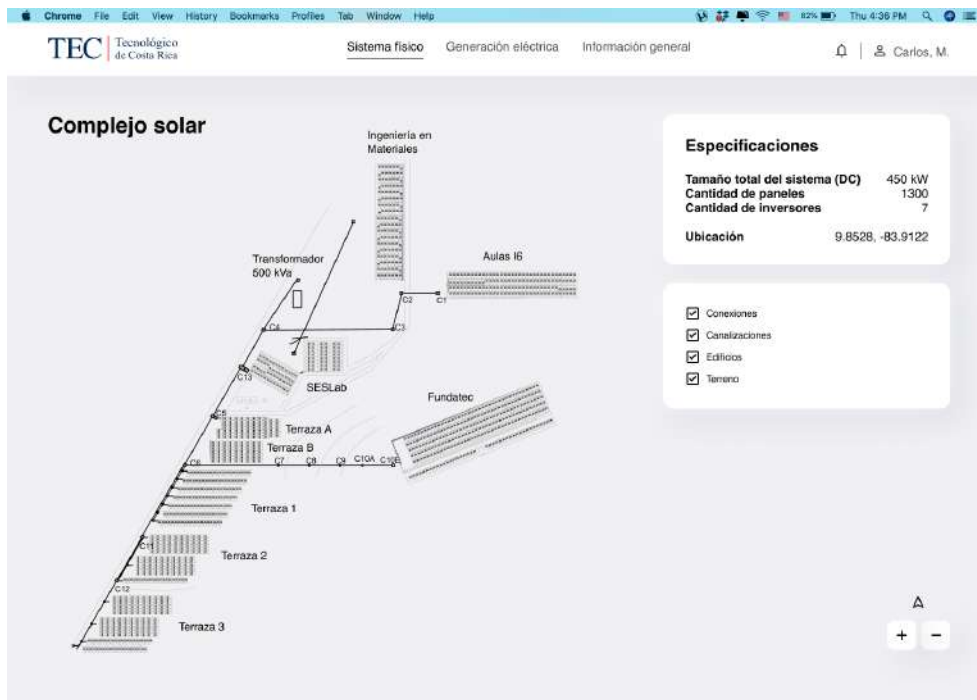


Figura 80. Wireframe de alta fidelidad de todos los filtros del complejo aplicados

6.14 Pruebas heurísticas

Estas son pruebas que se realizan con la maqueta funciona y la arquitectura beta. Para estas se opta por validar elementos de interacción del design system creado para la plataforma y su correcto uso.

Implementación

Para esta parte se tiene claridad en la arquitectura de la información y se tienen wireframes de alta fidelidad

Se realizan las las últimas pruebas de cómo se visualizan diferente elementos de la plataforma y las interacción que posee como parte de la experiencia. Se busca validad que Look & Feel funcione.

6.14.1 Persona: Investigador

1. Ver si hay errores nuevos

Necesita revisar si hay errores nuevos que actualmente afecten el complejo solar.

2. Revisar errores viejos

Después de asegurarse de que ningún error esté afectando el complejo actualmente, necesita consultar los errores que anteriormente han afectado el mismo.

3. Encontrar cuales paneles se vinculan al Inversor A2

Anteriormente hubo un error en el inversor A2. Necesita ver cuáles paneles se encuentran vinculados al mismo para hacer una revisión más a detalle de los mismos.

4. Ver generación eléctrica del grupo de paneles de FundaTEC

Necesita generar un reporte de la producción eléctrica de los paneles de Fundatec, por lo que necesita consultar los datos relacionados a la misma.

A continuación se muestran las pruebas realizadas:

6.14.a Prueba Heurística 01

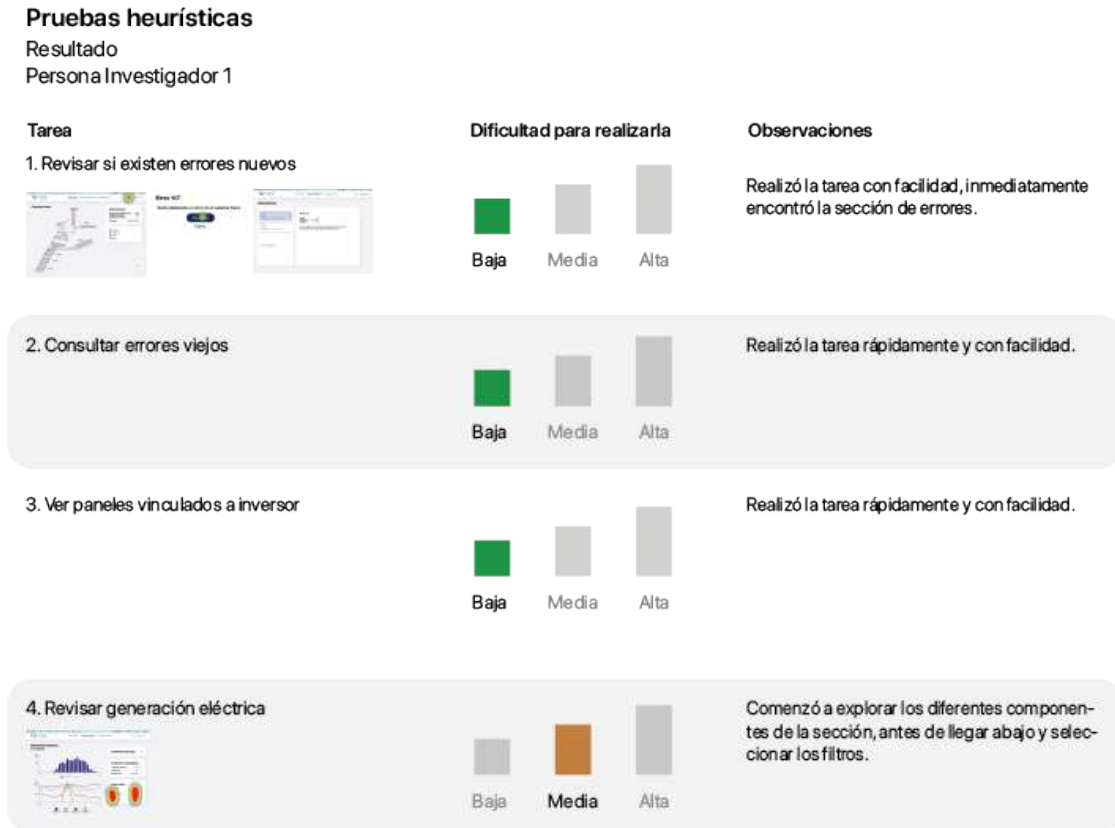


Figura 81 Resultado del primer tester de la prueba heurística

6.14.b Prueba Heurística 02







Pruebas heurísticas		
Resultado		
Persona Investigador 2		
Tarea	Dificultad para realizarla	Observaciones
1. Revisar si existen errores nuevos 	 Baja Media Alta	Este usuario tardó en completar la tarea; primero exploró elementos del sistema físico, revisando las aulas I6 y después encontró el error. Durante esta exploración sí tuvo el mouse encima de la sección, pero hasta después de ver las aulas lo cliqueó.
2. Consultar errores viejos	 Baja Media Alta	Realizó la tarea rápidamente y con facilidad.
3. Ver paneles vinculados a inversor 	 Baja Media Alta	Completó la tarea indirectamente, primero accediendo a un complejo de paneles que tiene el inversor asociado. De ahí llegó a la información del inversor la información solicitada.
4. Revisar generación eléctrica	 Baja Media Alta	Realizó la tarea rápidamente y con facilidad.

Figura 82. Resultado del segundo tester de la prueba heurística

6.14.c Prueba Heurística 03

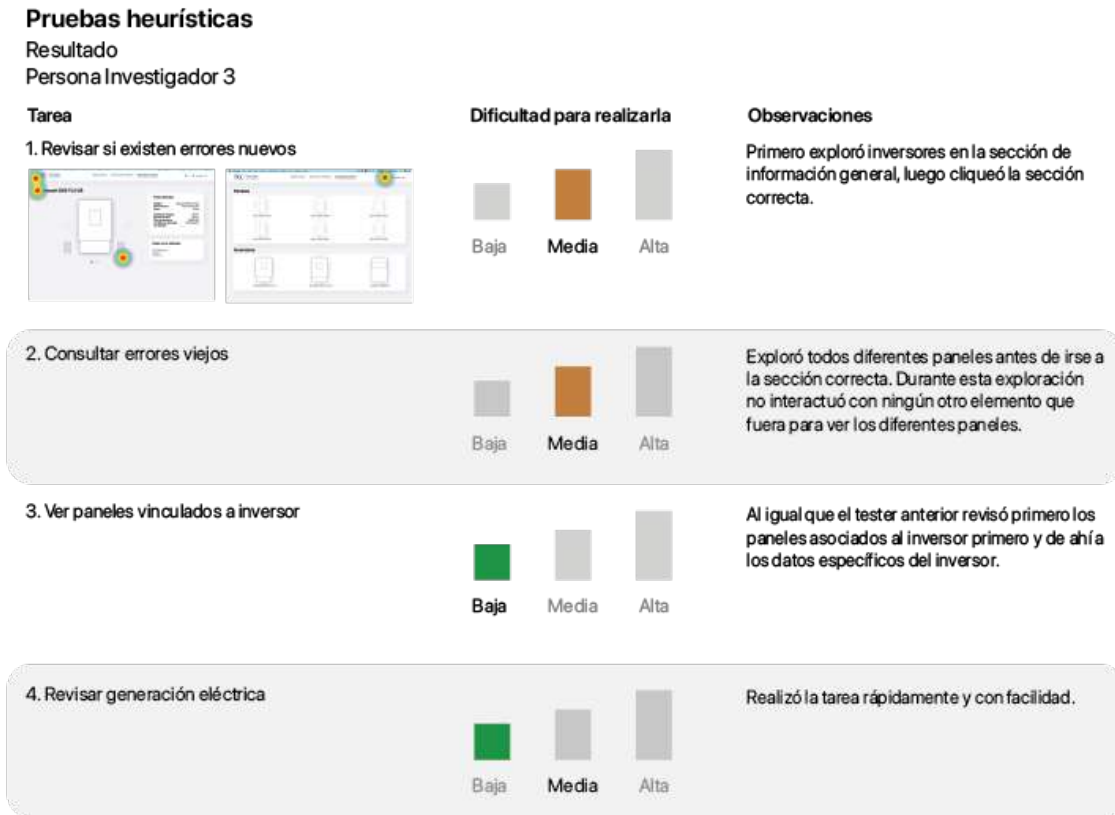


Figura 83. Resultado del tercer tester de la prueba heurística

6.14.d Prueba Heurística 04

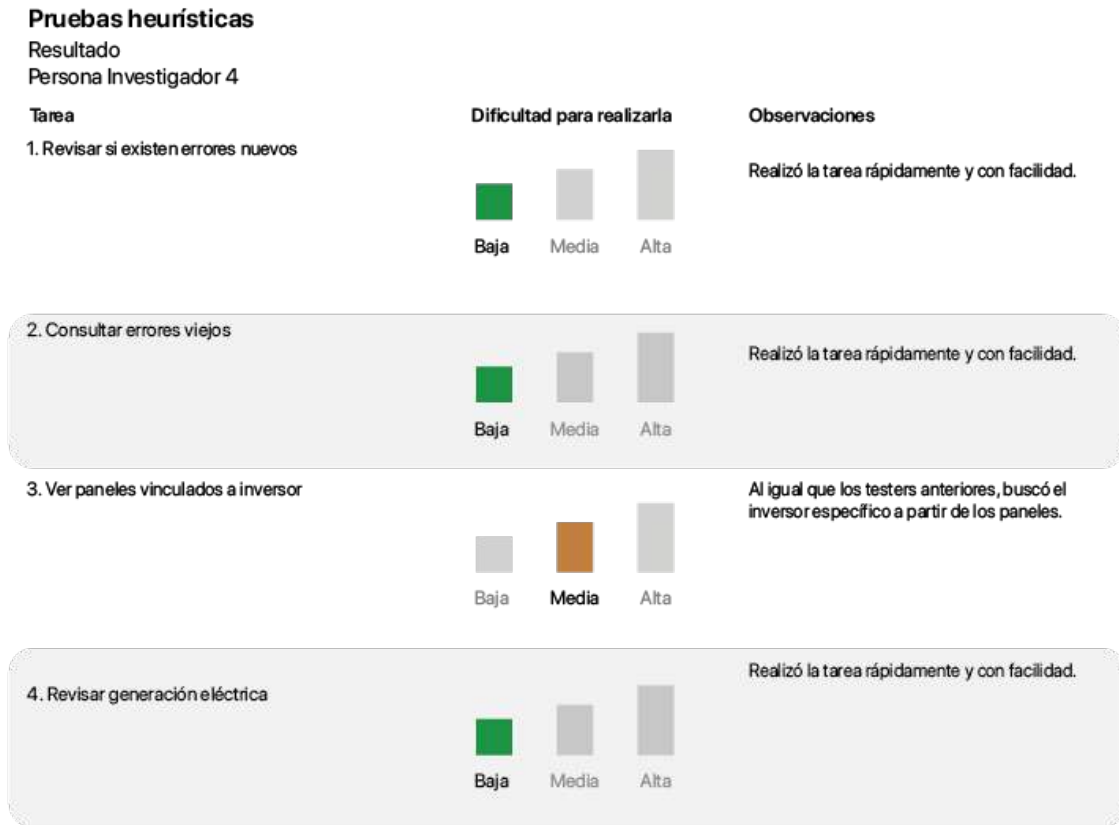


Figura 84. Resultado del cuarto tester de la prueba heurística

Conclusiones usuario investigador

Para el uso de filtros, algunos testers no los veían inmediatamente por su ubicación; operaron por explorar elementos que estaban encima de la sección de filtros antes.

Con respecto a la sección de errores, en algunos casos la asociación se realizó directamente con los inversores, puesto que los errores que se generan son de los inversores.

Para la sección de inversores en información general se debe agregar también los nombres de los inversores (A1, A4, entre otros) usados en el complejo, correspondientes a cada modelo de la sección para mayor clarificación.

6.14.2 Persona: Estudiante

1. Registrarse

Usted es un estudiante asistente en el Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad. Necesita crear una cuenta para acceder a la plataforma de monitoreo de los paneles solares.

2. Verificar la precipitación en el sistema físico

Necesita consultar el estado de la precipitación actual en el sistema físico.

3. Conocer las conexiones del sistema físico

Necesita visualizar las conexiones que existen entre las terrazas del sistema para una revisión del complejo que se está realizando.

4. Ver datos específicos del inversor de la Terraza A

Necesita corroborar cuál es el modelo del inversor asociado a la Terraza A.

Se muestran las pruebas realizadas:

6.14.1.a Prueba Heurística 05



Figura 85. Resultado del quinto tester de la prueba heurística

6.14.1.b Prueba Heurística 06

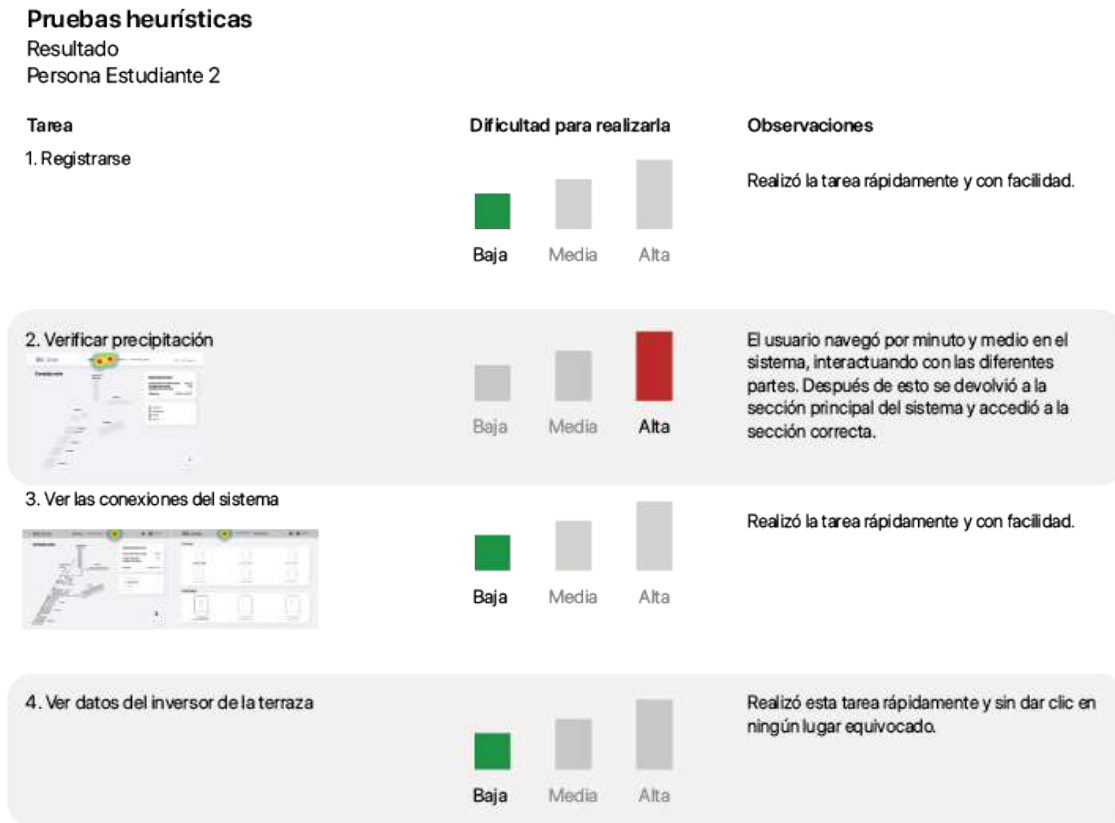


Figura 86. Resultado del sexto tester de la prueba heurística

Conclusiones usuario estudiante

En el Paper Prototyping hubo problemas de interacción para interactuar con las condiciones meteorológicas. La sección se encontraba con facilidad, sin embargo, la tenía problemas de jerarquía y componentes.

Durante las pruebas heurísticas se interactuó adecuadamente con los componentes modificados y la estandarización generada con el design system también puede haber sido parte de esta mejora para esta sección.

Conclusiones generales de las pruebas heurísticas

El resto de elementos estéticos y de navegación fueron usados correctamente y con éxito. El problema principal del Paper Prototyping que se realizó anteriormente, donde los usuarios no encontraban la sección de errores directamente mejoró con el cambio de la arquitectura, y el elemento de interacción para ver los mismos se usó correctamente en todos los casos.

Los usuarios interactuaron con botones y otros elementos para navegar adecuadamente.

7. Conclusiones

Durante el desarrollo de este proyecto se determinó la necesidad de un componente que identifique los subgrupos de paneles y los relacione a los inversores asociados a los mismos, además de evidenciar su posición en el complejo para facilitar el monitoreo y administración del complejo.

Durante las pruebas que se llevaron a cabo se evidenció las necesidades específicas de los investigadores y sus colaboradores, en concreto, la necesidad de establecer una terminología entendida por el nicho. Para referirse al complejo, durante el Card Sorting se determinó que la terminología de “granja solar, complejo solar, plantación solar,” entre otros, debió cambiarse a “Sistema Físico” posterior a esta prueba.

La revisión constante de las necesidades resultó importante para facilitar el monitoreo y administración del complejo; algunas de ellas, tales como verificar los errores que llegaran a ocurrir en el complejo o realizar cambios de componentes electrónicos como inversores, evolucionaron durante el desarrollo y pueden llegar a evolucionar a futuro. Además, es importante siempre estar evaluando con los usuarios meta las propuestas de interfaz; durante el Paper Prototyping se evidenció que la sección de errores no se encontraba con facilidad en las propuestas iniciales, por lo que se dividió como otra sección completamente aparte y así ser encontrada y consultada de manera más intuitiva.

8. Recomendaciones

La visualización de datos de la plataforma de dashboard design se puede llegar a considerar como otro proyecto debido a que mediante esta metodología se puede verificar maneras para visualizar los datos generados por la producción eléctrica del complejo solar de manera óptima. Además, la modificación de los elementos y componentes del complejo solar se puede abarcar como otro proyecto de visualización de datos debido a la gran cantidad de elementos del complejo, los paneles solares, inversores, canalizaciones, conexiones y demás componentes electrónicos que pueden llegar a variar en el futuro esto ya sea debido a que pueden agregarse o eliminarse. Una vez que la plataforma digital esté funcionando, se recomienda realizar un análisis del tráfico (con respecto a los dispositivos que se usan para acceder a la plataforma) para valorar si es relevante crear una versión para tableta y teléfono celular. Por otro lado también se puede desarrollar a futuro un estudio de branding para la aplicación, la creación de un logotipo más adecuado, entre otras aplicaciones.

Referencias

- [1] Ministerio de Ambiente y Energía MINAE, Plan Nacional De Energía 2015-2030. San José, Costa Rica, 2015, pp. 1–2.
- [2] R. van Riet, A. Skowron, and S. Teske, “Escenario: 100% Energía Renovable para Costa Rica,” Hamburg, Germany, mayo, 2020.
- [3] Dirección Sectorial de Energía, “Matriz del Balance Energético Nacional.” San José, Costa Rica, 2014.
- [4] Muñoz, B. “RE: Cantidad total de paneles instalados” [en línea] En:< amolina@dse.go.cr> lunes 20 de julio de 2015 < BMunoz@ice.go.cr> [consulta: 20 de julio de 2015].
- [5] Instituto Costarricense de Electricidad, “Plan de Expansión de la Generación Eléctrica Periodo 2014-2035.” San José, Costa Rica, 2014.
- [6] I. Grajales-Navarrete, “El TEC se convierte en la primera universidad pública carbono neutral del país,” Hoy en el TEC, 2019.
- [7] G. Jiménez-Mata, “Nuevo Complejo Solar producirá del 25 al 30% de la energía eléctrica del Campus Tecnológico Central,” Hoy en el TEC, Cartago, Costa Rica, abril, 2019.
- [8] Hernández-Castro, F, “Usability cookbook: metodología para el análisis y diseño de aplicaciones,” RepositorioTec, Cartago, Costa Rica, 2016.