



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica
Superior d'Enginyeria
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica
Universitat Politècnica de València

Diseño de interfaces gráficas centradas en el
usuario para la interacción de la tripulación con
sistemas de ayuda a la decisión médica durante
misiones espaciales

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

Autor: Ricardo Soler Bachs

Tutor: Dr. Juan Miguel García Gómez

Dra. Sabina Asensio Cuesta

2020-2021

Diseño de interfaces gráficas centradas en el usuario para la interacción de la tripulación
con sistemas de ayuda a la decisión médica durante misiones espaciales

Resumen

A principios de 2021 tres naves espaciales, el Hope Orbiter, el Tianwen-1 y el Perseverance, llegarán a Marte con la esperanza de llevar a cabo misiones específicas para estudiar su atmósfera y su superficie con el objetivo concreto de detectar signos claros de vida. Los tres vuelos espaciales son misiones de exploración basadas en la tecnología de los instrumentos y la robótica, pero aún no ha sido la ventana orbital para la exploración humana de Marte.

La adaptación de los sistemas de soporte vital y de salud a las condiciones espaciales de largas misiones de exploración suponen un reto para las tecnologías aún no resueltas.

En este proyecto diseñaremos interfaces gráficas centradas en el usuario para la interacción de tripulaciones de misiones de exploración espacial con sistemas de ayuda a la decisión médica a bordo. Se evaluará la usabilidad, así como la experiencia del usuario, todo ello con el objetivo de favorecer la aceptabilidad del sistema por los astronautas, y su utilización en el ámbito de las misiones espaciales.

Palabras clave: ayuda a la decisión médica, medicina espacial, interfaces gráficas centradas en el usuario, sistemas de información médicos, integración a bordo.

Abstract

On early 2021 three spacecrafts, the Hope Orbiter, Tianwen-1 and Perseverance, will hopefully arrive to Mars carrying out with specific missions to study its atmosphere and surface with the specific objective of detecting clear sign of life. The three spaceflights are exploration missions based on instruments and robotics technology, but it was not the orbital window for human exploration of Mars yet.

Adapting the life support and healthcare systems to the space conditions of long exploration missions suppose a challenge for unresolved technologies yet.

In this project we will design user-centered graphic interfaces for the interaction of space exploration mission crews with onboard medical decision support systems. The usability will be evaluated, as well as the user experience, all with the aim of favoring the acceptability of the system by astronauts, and its use in the field of space missions.

Keywords: medical decision support, space medicine, user-centered graphic interfaces, medical information systems, on-board integration



Índice de contenidos

1.	Introducción	7
1.1	Motivación	7
1.2	Objetivos	8
1.3	Conceptos relevantes	8
	Sistemas de ayuda la decisión médica.....	8
	Sistemas de gestión de emergencias.....	9
	Diseño UI/UX	9
	Usabilidad y métricas	10
1.4	Estructura	11
2.	Estado del arte	11
2.1	Interfaces de usuario para CDSS	12
2.2	Interfaces de usuario para sistemas de gestión de emergencia	14
2.3	Interfaces de usuario para misiones espaciales	15
2.4	Usabilidad y UX	18
	Métricas de usabilidad basadas en ISO 25000	18
	Análisis de carga de trabajo con NASA-TLX.....	19
2.5	Técnicas de elicitación de requisitos.....	20
	Técnica Personas	20
	Análisis de contexto de uso.....	21
	<i>Journey Map</i>	21
3.	Análisis del problema.....	21
3.1	Elicitación de requisitos	21
	Naturaleza del CDSS.....	22
	Técnica Personas	22
	Análisis de contexto de uso.....	27
	<i>Journey Map</i>	30
3.2	Identificación y análisis de problemas encontrados.....	33
3.3	Soluciones propuestas.....	34
4.	Desarrollo de la solución.....	35
4.1	<i>Wireframes</i> y navegación.....	35
4.2	Diseño gráfico.....	38

4.3	Experiencia de usuario.....	41
5.	Evaluación.....	42
5.1	Evaluación de usabilidad	42
5.2	Evaluación de la carga de trabajo	45
6.	Conclusiones	47
6.1	Relación con las asignaturas cursadas	47
7.	Trabajos futuros.....	48
8.	Referencias.....	51
9.	Anexos.....	54
	ANEXO 1: <i>Journey Map</i>	55
	ANEXO 2: Wireframes.....	56
	ANEXO 3: Diseño gráfico.....	57

Índice de tablas

Tabla 1:	Componentes de misiones espaciales y selección para técnica persona	22
Tabla 2:	Tabla de extracción de ideas del concurso de diseño Ergonomía	35
Tabla 3:	Métricas de usabilidad.....	43
Tabla 4:	Evaluación de usabilidad.....	44
Tabla 5:	Resultado medio de la evaluación con NASA-TLX	46

Tabla de acrónimos

CDSS: Clinical Decision Support System
 CMO: Chief Medical Officer
 HCI: Human Computer Interaction
 UI: User Interface
 UX: User Experience



Índice de figuras

Figura 1: Descomposición del estado del arte	11
Figura 2: Interfaz gráfica de Horizon Trends	12
Figura 3: Interfaz gráfica de ProtocolWatch	12
Figura 4: Interfaz gráfica de Micromedex Medication Management.....	13
Figura 5: Interfaz gráfica para el asistente IBM Watson	13
Figura 6: Sistema 112 del BDSLab	14
Figura 7: Resultado de la predicción sistema 112 de BDSLab	14
Figura 8: Interfaz gráfica de GEMA por APD	15
Figura 9: Puesto de controles de simulador de vuelo de la NASA.....	16
Figura 10: Puesto de controles de la nave Dragon de SpaceX	16
Figura 11: Nuevo puesto de controles de la nave Dragon V2 de SpaceX.....	17
Figura 12: Interfaz gráfica para emergencias en la película Passengers (2016).....	18
Figura 13: Interfaz gráfica para atención médica en la película Prometheus (2012)	18
Figura 14: ISO/IEC 25010 - Características de calidad	19
Figura 15: Escala para medida de atributos de NASA-TLX	20
Figura 16: Modelo de ficha de persona	20
Figura 17: Persona 1 - Martha K. Wilson – Comandante	24
Figura 18: Persona 2 - Félix C. Mendoza – Piloto	25
Figura 19: Persona 3 - Ruth G. Franklin - Payload Commander y CMO	26
Figura 20: Persona 4 - Roger C. Haskell - Mission Specialist	27
Figura 21: Clasificación de tipos de usuarios	28
Figura 22: Organización social vs. Organización médica de los usuarios	28
Figura 23: Journey Map I - Detección y Observación.....	30
Figura 24: Journey Map II – Decisión.....	31
Figura 25: Journey Map III - Ejecución del Cuidado.....	32
Figura 26: Journey Map IV - Alta del Paciente.....	33
Figura 27: Wireframes I - Introducción y Detección	36
Figura 28: Wireframes II - Descripción y Confirmación	36
Figura 29: Wireframes III - Validación, Plan de acción y Alta.....	37
Figura 30: Navegación.....	37
Figura 31: Paleta de colores y tipografías	38
Figura 32: Prototipo I - Inicio y Detallado de la emergencia	39
Figura 33: Prototipo II - Descripción, Validación y Confirmación.....	39
Figura 34: Prototipo III - Predicción, Plan de acción y Alta	40
Figura 35: Prototipo IV - Plan de acción.....	40
Figura 36: Prototipo V - Constantes vitales.....	41
Figura 37: Resultados de NASA-TLX para evaluación de carga de trabajo - Parte I....	45
Figura 38: Resultados de NASA-TLX para evaluación de carga de trabajo – Parte II..	46

1. Introducción

El auge de la carrera espacial es uno de los nuevos retos a los que se enfrenta la ingeniería, con un único objetivo: Marte. Para 2021 tres misiones espaciales llegarán a Marte con la finalidad de abrir una ventana orbital para la exploración humana y detectar signos claros de vida (1); el *Hope Orbiter* (2) de la agencia espacial de los Emiratos Árabes Unidos, el *Tianwen-1* (3) de la Administración Espacial Nacional de China (CNSA) y la misión *Perseverance* (4) de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) estadounidense, son misiones espaciales basadas en tecnología y robótica.

La adaptación de nuevos sistemas de soporte vital y de la salud de la tripulación en misiones espaciales de largo alcance es fundamental para el éxito de estas, por lo que se recomienda que la tripulación de estas misiones cuente con un médico a bordo (5). Aun así, el contexto de las misiones necesita de nuevas herramientas para el cuidado de la tripulación como lo son los sistemas de ayuda a la decisión médica (CDSS).

Por otra parte, el diseño de interfaces gráficas centradas en el usuario (UI) es esencial para el éxito de productos software y está comprobado que bajos niveles de usabilidad son sinónimo de bajos niveles de satisfacción del usuario (6) y por tanto, fracaso en el uso del producto (7). También la experiencia de usuario (UX) es un aspecto fundamental que tomar en cuenta para mejorar la eficiencia de uso, claridad de uso, uso intuitivo y utilidad de los sistemas (8).

A lo largo de este trabajo se hará el diseño centrado en el usuario de un sistema de emergencias para misiones espaciales de largo alcance, en específico se desarrollará este diseño a partir del CDSS (MEDEA) propuesto por García-Gómez (9) tomando en cuenta la interacción entre la tripulación y el sistema.

1.1 Motivación

A lo largo de mi vida estudiantil he ido desarrollando especial interés en múltiples áreas de conocimiento que en primera instancia parecen no tener ninguna relación. Desde el colegio me ha gustado mucho la biología y las ciencias de la salud, más adelante en el instituto empecé a desarrollar interés por las nuevas tecnologías y la programación y al llegar a la universidad descubrí el mundo de la bioinformática e informática médica. Al mismo tiempo, durante toda la carrera fui desarrollándome y aprendiendo sobre diseño gráfico, interfaces de usuario y experiencia de usuario; siendo estas el pilar fundamental durante mi participación en diferentes concursos.

Al llegar el momento de desarrollar el Trabajo de Fin de Grado veo que, ahora tutor, profesor de bioinformática está desarrollando proyectos que cumplen con los tres elementos que estaba buscando: ciencias de la salud, informática y diseño UI/UX; añadiendo algo tan innovador como pueden ser los viajes espaciales de larga distancia y asistentes automáticos en casos de emergencias.

Tras indagar un poco en el tema descubrí lo actual que es, siendo este un primer paso para desarrollarme en ese conocimiento multidisciplinar que buscaba y abriendo nuevas posibilidades laborales a futuro en cualquiera de las áreas tratadas, incluido el competitivo mercado espacial que está en pleno apogeo.

1.2 Objetivos

El objetivo principal del trabajo es diseñar las interfaces gráficas centradas en el usuario para la interacción de la tripulación con CDSS de atención de emergencias durante misiones espaciales de largo alcance. Para ello se tomaron en cuenta los siguientes objetivos específicos:

- Definir los usuarios objetivo del sistema, tomando en cuenta sus habilidades y conocimientos como base para el diseño de las interfaces gráficas.
- Delimitar el contexto de uso del sistema considerando los diferentes perfiles de usuarios, tareas a realizar por cada uno de ellos, herramientas de apoyo que poseen, contexto físico y organización social de los usuarios.
- Establecer un modelo de interacción entre el sistema y los usuarios.
- Diseñar las interfaces gráficas centradas en el usuario, tomando en cuenta la experiencia de usuario.
- Evaluar la usabilidad de las interfaces para favorecer la aceptabilidad del sistema.

1.3 Conceptos relevantes

En este apartado se definirán los conceptos que se tratarán a lo largo del trabajo dando una base teórica del sistema que se diseñará, teoría de la interacción persona-computador y métricas de usabilidad.

Sistemas de ayuda la decisión médica

Los sistemas de ayuda a la decisión médica, conocidos como CDSS¹ por sus siglas en inglés, son sistemas computacionales que proporcionan conocimientos específicos a la hora de tomar decisiones en planes de diagnóstico, tratamiento, administración y pronóstico de pacientes (10).

Los CDSS se pueden clasificar según su funcionalidad como puede ser la ayuda al diagnóstico, gestión de costes temporales, interpretación de señales, búsqueda de patrones, entre otros. El sistema MEDEA (9) centra su funcionalidad en tres pilares fundamentales: alerta y vigilancia de la salud de los pacientes, ayuda al diagnóstico y gestión de las patologías diagnosticadas.

- **Alerta y vigilancia de la salud de los pacientes (tripulación):** el sistema a la hora de predecir y tomar decisiones toma en cuenta la salud del paciente ya que se encuentra en constante monitoreo de este a través de múltiples sensores, adquiriendo señales fisiológicas, nutritivas y de la salud general de la tripulación.

¹ Clinical Decision Support System.

- **Ayuda al diagnóstico:** el sistema a partir del salto de una alerta procederá a diagnosticar al paciente. Tomando en cuenta sus síntomas, historia clínica electrónica y descripción de la emergencia predecirá si se trata de un riesgo vital (si/no), dilema ético para la misión (si/no), demorabilidad en minutos de la atención de la emergencia, duración esperada de la terapia y finalmente diagnósticos compatibles. A partir de esta predicción el sistema clasificará el tipo de intervención a realizar en el paciente (cuidado de emergencia, cuidado de soporte vital, cuidados intermedios, cuidado ambulatorio o cuidado paliativo).
- **Gestión de patologías:** una vez que el sistema clasifica el tipo de intervención a realizar genera un plan de acción optimizado para el tratamiento de la patología.

Sistemas de gestión de emergencias

Los sistemas de gestión de emergencias² son sistemas informáticos que facilitan la gestión de urgencias sociosanitarias con la finalidad de optimizar recursos, gestionar las comunicaciones, integración de sistemas de datos y sistemas de localización geográfica y de vehículos. Sistemas muy comunes en esta clasificación son los utilizados por los operadores para la atención del servicio de emergencias 112.

El sistema MEDEA (9) tiene la ventaja de estar dotado de una vigilancia por sensores y guarda de la historia clínica electrónica del paciente, y además el usuario que atiende la emergencia podrá complementar la descripción de la emergencia a través de texto libre y/o notas de audio.

Diseño UI/UX

La interacción persona computador (HCI) es el estudio de cómo los humanos interactúan con sistemas informáticos, incluyendo la psicología, ergonomía y diseño gráfico detrás de este (11). La interacción que realiza el usuario con el computador se hace a través de la interfaz de usuario (UI) por lo que su comprensibilidad, facilidad de uso y estética son fundamentales para el éxito del sistema (6) y por el contrario, problemas en el diseño pueden generar frustración en el usuario y en caso de sistemas críticos o de emergencias pueden llegar a ser un riesgo de seguridad.

La interacción persona computador no sólo se realiza a través de la interfaz gráfica de usuario sino otras interfaces físicas (cómo pueden ser el teclado, ratón, micrófono, webcam, tableta gráfica, etc.). Todos estos elementos que apoyan al comportamiento del usuario (12) mejorando la usabilidad del sistema se le conoce como experiencia de usuario (UX).

La experiencia de usuario es algo que siempre ha existido, sin embargo es un novedoso elemento que se está tomando en cuenta para el desarrollo de sistemas, siendo una perspectiva distintiva de la calidad en tecnología interactiva (13). Al tratarse de una

² Esta definición surge de la actual plataforma tecnológica que posee la Comunidad Valenciana para la gestión de emergencias con el sistema 112: <https://www.112cv.gva.es/es/la-plataforma-tecnologica>

métrica subjetiva es muy difícil valorar su importancia ya que puede depender de la cultura (14) y el contexto histórico en el que se desarrolla el producto software.

Iteraciones en el diseño UI

El proceso de diseño de interfaces de usuario es un proceso incremental que se tiene que tomar en cuenta en cualquier tipo de filosofía de desarrollo que se utilice, desde la tradicional hasta la ágil (15).

Cada una de las iteraciones que se haga en el ciclo de vida del producto software debe contemplar como mínimo cuatro pasos fundamentales (16):

- **Desarrollo de los wireframes:** un *wireframe* es un esquema o modelado general de la pantalla para ordenar su contenido enfocándose en la jerarquía de la información, cantidad de funciones disponibles y elementos auxiliares de navegación.
- **Definición de la navegación:** tras maquetar cada una de las pantallas es importante definir la navegación entre cada una de ellas tomando en cuenta ventanas de confirmación o de carga que podrían aparecer a lo largo del sistema.
- **Desarrollo de prototipos interactivos de alta fidelidad:** en esta etapa se realizan prototipos de alta fidelidad como el *storyboard*, tomando en cuenta el diseño gráfico de la aplicación y su navegación.
- **Medición de la usabilidad.**

Usabilidad y métricas

El término usabilidad ha sido definido extensamente en la literatura pero se puede resumir como la lista de atributos que miden con qué nivel de éxito un usuario específico puede superar de forma efectiva, eficiente y satisfactoria las tareas definidas en el contexto de uso (17). La usabilidad se puede definir en múltiples atributos de calidad, sin embargo para el sistema MEDEA (9) tomaremos en cuenta los siguientes con sus respectivas métricas:

- **Legibilidad:** funcionalidades evidentes y entendibles.
- **Mensajes de confirmación/cancelación:** capacidad de deshacer funcionalidades implementadas.
- **Percepción de los elementos de la interfaz:** claridad percibida por los usuarios de los elementos de la interfaz y satisfacción de la interacción.
- **Capacidad de aprendizaje:** facilidad para realizar una tarea.

Todo este punto se desarrollará a mayor profundidad en el capítulo 5 que hace referencia a la evaluación de la usabilidad y métricas de calidad.

1.4 Estructura

Este trabajo se expondrá en capítulos tomando en cuenta las diferentes etapas de desarrollo del diseño del sistema:

- **Capítulo 2 - Estado del arte:** se estudiará el estado actual de las tecnologías relacionadas con interfaces de usuario para CDSS, sistemas de emergencias y para misiones espaciales. Se dará una crítica del estado del arte dando así la motivación que lleva al desarrollo de este trabajo.
- **Capítulo 3 - Análisis del problema:** se realizará la elicitación de requisitos, contemplando la filosofía “centrada en el usuario” de la interfaz. Se identificarán dificultades para el desarrollo del diseño y la aproximación de una solución propuesta.
- **Capítulo 4 - Desarrollo de la solución:** se especificará el paso a paso para el desarrollo de la solución, tomando en cuenta todas las etapas de diseño que se llevan a cabo en una iteración en el diseño UI, incluidos *wireframes*, navegación y diseño gráfico.
- **Capítulo 5 - Evaluación:** se medirá la usabilidad del sistema usando métricas de calidad estipuladas en la ISO/IEC 25010: capacidad de aprendizaje, capacidad de ser usado y estética de la interfaz. También se medirá la carga de trabajo subjetiva para atender una emergencia utilizando la herramienta NASA-TLX (18).

Finalmente se expondrán las conclusiones, la relación que tiene con el Grado en Ingeniería Informática y trabajos futuros a desarrollar a partir del diseño propuesto, explicando flecos no alcanzados por el alcance y nuevas líneas de desarrollo.

2. Estado del arte

En este capítulo se estudiará el estado actual de las tecnologías relacionadas con el trabajo para poder entender mejor y con mayor exactitud en dónde se encuentran para trabajar sobre ellas, buscando buenas formas de diseño y oportunidades de mejora. También se explicarán las diferentes técnicas de elicitación de requisitos utilizadas en el desarrollo de este trabajo.

Al tratarse de un software muy específico, se dividió este estudio estratégico en las partes en que se puede componer la temática de este (*Figura 1*): interfaces gráficas para CDSS, interfaces gráficas para gestión de emergencias, interfaces gráficas para misiones espaciales y usabilidad y experiencia de usuario.



Figura 1: Descomposición del estado del arte

2.1 Interfaces de usuario para CDSS

Los principales sistemas de ayuda a la decisión médica están desarrollados por cinco compañías (19) Siemens Healthineers, Philips Healthcare, IBM Watson Health, Cerner y Change Healthcare. Se detallarán a fondo las dos más significativas a nivel de interfaces de usuario:

- **Philips Healthcare:** los CDSS desarrollados por esta empresa están en embebidos en monitores médicos como es el caso de *Horizon Trends* (20) que se encarga de monitorizar las constantes vitales para alertar en tiempo real algún caso de desviación peligrosa.



Figura 2: Interfaz gráfica de Horizon Trends

Lo mismo ocurre con su sistema *ProtocolWatch Sepsis* (21) que también se encarga de evaluar constantes vitales con la finalidad de conseguir patrones que lleven a identificar una sepsis.

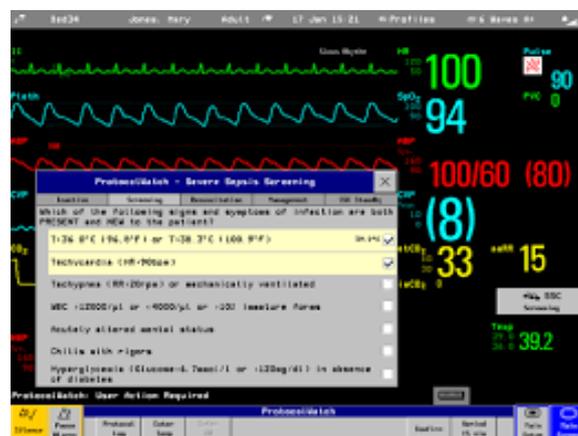


Figura 3: Interfaz gráfica de ProtocolWatch

En estos dos casos podemos observar como las interfaces de usuario son muy rudimentarias ya que son un monitor de constantes vitales común con la propiedad de alertar en caso de ciertas condiciones.

- **IBM Watson Health:** este sistema está disponible para dispositivos con sistemas operativos iOS y Android por lo que lo hace mucho más accesible a un gran número de usuarios.

La *Figura 4* es la interfaz de usuario para el sistema *Micromedex Medication Management*, se puede observar cómo es un formulario web común. Sin embargo con la nueva incorporación del asistente inteligente *Watson* (22) (*Figura 5*) hace de esta herramienta una de las mejores diseñadas a nivel de interfaz de usuario y experiencia de usuario ya que se comunica en lenguaje natural, ofreciendo información de medicamentos, contraindicaciones e información educativa al paciente.

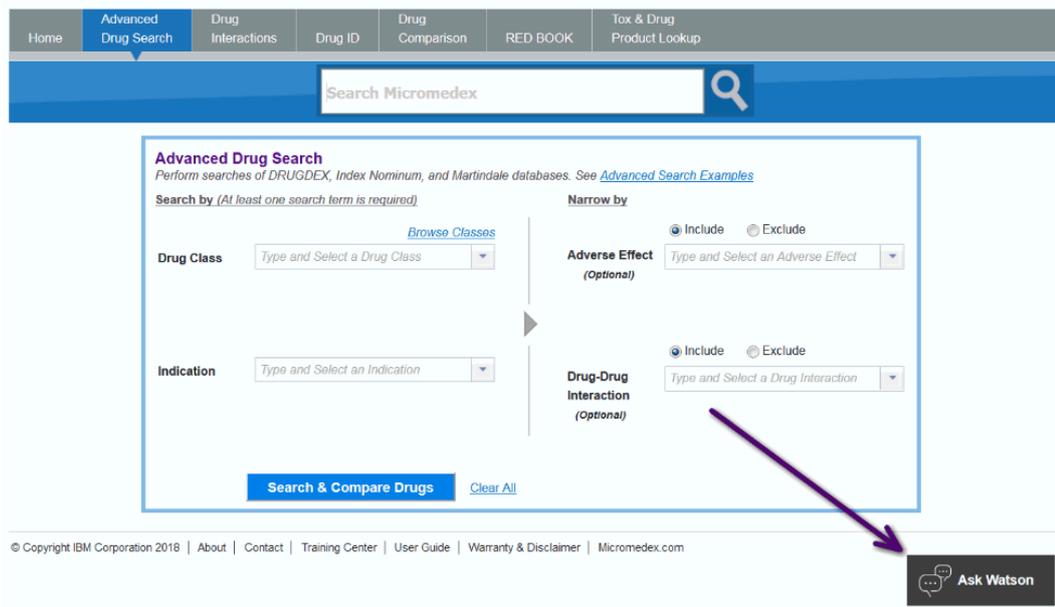


Figura 4: Interfaz gráfica de Micromedex Medication Management

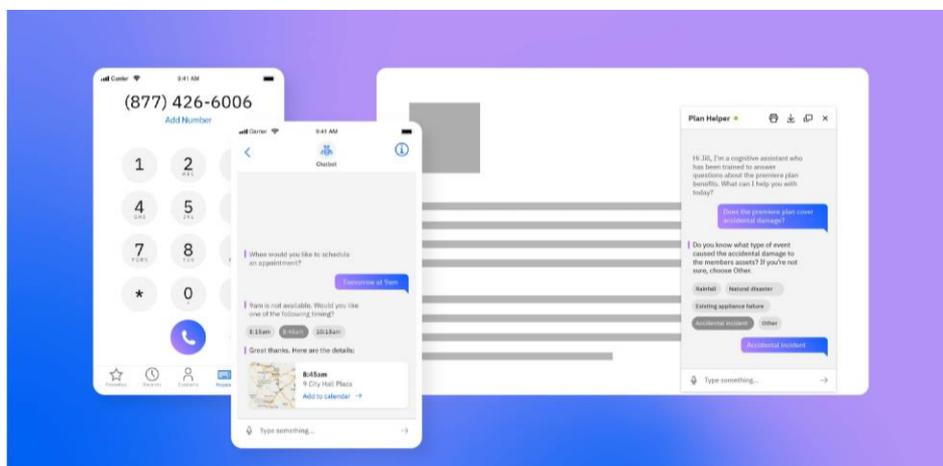


Figura 5: Interfaz gráfica para el asistente IBM Watson

2.2 Interfaces de usuario para sistemas de gestión de emergencia

Las interfaces gráficas de usuario para sistemas de gestión de emergencias tienen la particularidad de estar muy cargadas de información por las necesidades propias del sistema, sin embargo su distribución en la interfaz es fundamental para el correcto trabajo de los operadores.

En primer lugar podemos observar en la *Figura 6* la interfaz de usuario diseñada para un sistema de gestión de emergencias 112 por el *Biomedical Data Science Laboratory* (23) (BDSLab). Este sistema clasifica emergencias médicas en riesgo vital (sí/no), demorabilidad de la emergencia y jurisdicción a la que responde la misma. En la *Figura 7* podemos ver el resultado de una llamada al sistema.

Edad

Sexo
 HOMBRE MUJER OTRO

Grupos de riesgo

<input type="checkbox"/> ACCIDENTE VASCULA...	<input type="checkbox"/> ALCOHOLISMO	<input type="checkbox"/> ALERGIA	<input type="checkbox"/> ALERTANTE REURRE...
<input type="checkbox"/> ALZHEIMER	<input type="checkbox"/> ASMA	<input type="checkbox"/> CANCER	<input type="checkbox"/> CARDIOPATA
<input type="checkbox"/> DEMENCIA ALZHEIMER	<input type="checkbox"/> DIABETES	<input type="checkbox"/> DROGADICCION	<input type="checkbox"/> ENFERMEDAD PULMO...
<input type="checkbox"/> EPILEPSIA	<input type="checkbox"/> HABITUAL	<input type="checkbox"/> HEMOFILIA	<input type="checkbox"/> HIPERTENSION
<input type="checkbox"/> OBESIDAD MORBIDA	<input type="checkbox"/> PARKINSON	<input type="checkbox"/> PRUEBA 2	<input type="checkbox"/> PRUEBA GRUPO RIESGO
<input type="checkbox"/> PRUEBA GRUPO RIESG...	<input type="checkbox"/> PSIQUIATRA	<input type="checkbox"/> SIMULACION	<input type="checkbox"/> TRANSPLANTE
<input type="checkbox"/> VIH			

Notificadores

Instituciones emergencias

<input type="checkbox"/> 112 CON COMUNICACION	<input type="checkbox"/> 112 SIN COMUNICACION	<input type="checkbox"/> BOMBEROS
<input type="checkbox"/> CRUZ ROJA	<input type="checkbox"/> OTRAS INSTITUCIONES EMERGE...	<input type="checkbox"/> PROTECCION CIVIL

Instituciones sanitarias

<input type="checkbox"/> AMBULANCIAS	<input type="checkbox"/> ATENCION PRIMARIA	<input type="checkbox"/> HOSPITAL PRIVADO
<input type="checkbox"/> HOSPITAL PUBLICO	<input type="checkbox"/> OTRAS INSTITUCIONES SANITA...	<input type="checkbox"/> PAC SAMU DAUD
<input type="checkbox"/> UNIDAD DE HOSPITALIZACION ...		

Cuerpos de seguridad

Figura 6: Sistema 112 del BDSLab

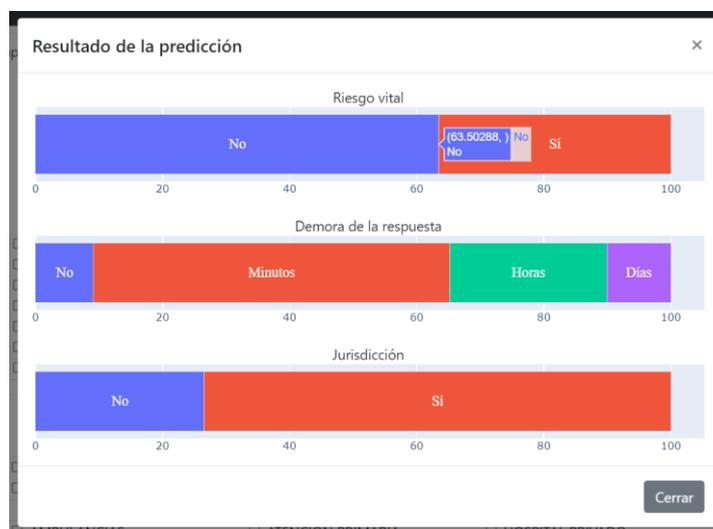


Figura 7: Resultado de la predicción sistema 112 de BDSLab

Por otro lado podemos observar el sistema de información y despacho GEMA desarrollado por la compañía APD (24). Este sistema de seguimiento de emergencias es

una aplicación web en el que los campos están bien distribuidos, por lo que a simple vista se puede hacer un análisis general de la emergencia.

Figura 8: Interfaz gráfica de GEMA por APD

2.3 Interfaces de usuario para misiones espaciales

Las interfaces de usuario de aeronaves para misiones espaciales son sistemas críticos para los que agencias espaciales han desarrollado manuales (25) que describen el cómo proceder durante la definición de requisitos funcionales y no funcionales. La NASA incluso describe cuáles son sus criterios aceptables de usabilidad destacando los siguientes puntos:

- El sistema deberá permitir a la tripulación desarrollar tareas de forma efectiva.
- El sistema deberá ofrecer interfaces eficientes, intuitivas y de fácil capacidad de aprendizaje.

Respecto a la estandarización de las interfaces de usuario, la agencia espacial estadounidense destaca lo siguiente:

- Las interfaces de usuario de la tripulación deberán estar estandarizadas en todo el sistema.
- Cada programa deberá establecer una librería de iconos y nomenclatura.
- Todas las unidades de medida deben de ser consistentes a lo largo de todo el sistema.
- Los métodos para operar y utilizar las interfaces de usuario deberán estar estandarizados, priorizando siempre los mismos tipos de interfaces (botones, cuadros de texto, barras ,entre otros).
- Los procedimientos para realizar tareas similares deberán de ser consistentes.

Entre muchas otras especificaciones, la NASA también destaca cómo manejar sistemas en el que hay un seguimiento digital del mismo:

- El sistema deberá indicar en todo momento en qué etapa se encuentra, cuántas han sido completadas y cuántas quedan por completar.

Entrando en el análisis de diferentes sistemas para misiones espaciales, en la *Figura 9* se puede observar el puesto de control de un simulador de vuelo de la NASA. Podemos detallar la cantidad de botones e información que se pueden ver en pantalla sin embargo se cumplen todas las especificaciones que se mencionaron anteriormente. Se podría cuestionar si es un sistema usable, ya que la curva de aprendizaje es muy alta y la tripulación tiene que aprender el funcionamiento y ubicación de cada uno de los botones a la hora de realizar una tarea.



Figura 9: Puesto de controles de simulador de vuelo de la NASA

Por otro lado en la *Figura 10* podemos ver el puesto de controles de la nave Dragon de SpaceX (26). Se aprecia a simple vista la simplificación de la interfaz, facilitando su uso y comprensión; haciéndola más intuitiva y amigable. Sin embargo esta simplicidad se debe a la automatización desde el centro de misiones de muchas de las tareas que se realizaban a bordo por lo que si lo comparamos con la imagen anterior está claro que hay una simplificación y modernización de la interfaz pero esta puede realizar menos tareas.



Figura 10: Puesto de controles de la nave Dragon de SpaceX

Este problema se ve solucionado en el prototipo diseñado para la segunda versión de la aeronave Dragon de la misma compañía. En la *Figura 11* podemos observar cómo los grandes monitores prevalecen pero se añaden nuevos botones y

mandos. También es destacable la cantidad de información que se muestra en los monitores, sin embargo su distribución y disposición hacen que sea legible y didáctica.



Figura 11: Nuevo puesto de controles de la nave Dragon V2 de SpaceX

Es evidente la evolución existente en interfaces de usuario para misiones espaciales, sin embargo la tendencia a sistemas digitales es irrevocable.

Tras realizar este análisis podemos observar cómo en los tres campos hay una preocupación por realizar sistemas más amigables y más próximos al usuario, no solo tomando en cuenta el diseño sino la experiencia general de uso.

Hablar del estado del arte para interfaces gráficas centradas en el usuario para la interacción de la tripulación con CDSS durante emergencias médicas en misiones espaciales es una tarea difícil, es una temática que se encuentra en pleno auge y es esta necesidad tecnológica lo que da sentido a la redacción de este trabajo. Al tratarse de una temática muy concreta se encontró la dificultad que muchos análisis, documentación e información era de carácter confidencial o de herramientas que aún estaban en desarrollo.

Por otra parte, es interesante hacer referencia a diferentes películas y series de ciencia ficción que desarrollan la temática ya que ahí se puede observar las expectativas generales de cómo pueden llegar a ser este tipo de sistemas y por lo tanto, utilizar estos tipos de referencias harán que los sistemas sean más familiares para el usuario, haciendo de uso una experiencia más gratificante e interesante.



Figura 12: Interfaz gráfica para emergencias en la película Passengers (2016)



Figura 13: Interfaz gráfica para atención médica en la película Prometheus (2012)

Podemos observar cómo existe una similitud entre sistemas ficticios (Figuras 12 y 13) con los sistemas más modernos que existen en este momento en el mercado (Figuras 10 y 11) por lo que es interesante mimetizar el estilo que proponen algunas obras cinematográficas siempre que cumplan con las necesidades de usabilidad y requisitos que proponen los sistemas.

2.4 Usabilidad y UX

A continuación se especificarán dos tipos de análisis utilizados en el desarrollo de este trabajo para medir la usabilidad (métricas basadas en ISO 25000) y la experiencia de usuario (evaluación de carga de trabajo con NSA-TLX)

Métricas de usabilidad basadas en ISO 25000

La familia de las ISO/IEC 25000 conocida como *SQuaRE*³, son un conjunto de normas que crean un marco común para evaluar la calidad de un producto software. Específicamente la ISO/IEC 25010 establece las ocho características (Figura 14) que definen un modelo de calidad, la usabilidad es una de ellas.

³ Por sus siglas en inglés para “System and Software Quality Requirements and Evaluation”.



Figura 14: ISO/IEC 25010 - Características de calidad

La finalidad de las métricas definidas por este marco es hacer un estándar para la evaluación de la usabilidad, específicamente de las subcategorías: capacidad para reconocer adecuación, capacidad de aprendizaje, capacidad de ser usado, protección contra errores de usuario, estética de la interfaz de usuario y accesibilidad. Cada producto software, en relación con sus necesidades, diseñará un modelo de calidad con las características, subcaracterísticas y métricas de calidad adecuadas para su contexto y características. Por el alcance de este trabajo, sólo se medirán algunas métricas de usabilidad con la finalidad de favorecer la aceptabilidad del sistema.

Análisis de carga de trabajo con NASA-TLX

Una propiedad muy importante para evaluar en sistemas diseñados centrados en el usuario es la carga de trabajo que implica realizar las tareas que le propone el sistema. La NASA creó una herramienta con la finalidad de evaluar subjetivamente el índice de carga que supone una tarea para diferentes características.

NASA-TLX mide seis propiedades psicométricas diferentes, en primer lugar las ordena según la importancia del usuario y más adelante este da su opinión respecto a cada una de ellas respondiendo a una pregunta muy concreta:

- **Demanda mental:** ¿Cuánta actividad mental y perceptual fue requerida? ¿La tarea fue fácil o demandante, lenta o enérgica, simple o compleja?
- **Demanda física:** ¿Cuánta actividad física fue requerida? ¿La tarea fue fácil o demandante, lenta o enérgica, calmada o laboriosa?
- **Demanda temporal:** ¿A qué nivel se sintió la presión del tiempo en relación con el ritmo en que las tareas ocurrían? ¿El ritmo fue lento y calmado o rápido y frenético?
- **Rendimiento:** ¿Qué tan exitoso piensas que fuiste en superar las metas propuestas por la tarea? ¿Estás satisfecho con tu rendimiento para alcanzar estas metas?
- **Esfuerzo:** ¿Qué tan duro tuviste que trabajar (mental o físicamente) para obtener tu nivel de rendimiento?
- **Nivel de frustración:** ¿Qué tan inseguro, desanimado, irritado, estresado y aturdido frente a seguro, gratificado, contento, relajado y complaciente durante la realización de las tareas?

La respuesta a todas estas preguntas se hace utilizando una escala (*Figura 15*) de bajo a alto dónde el usuario tendrá que situarse con relación a su respuesta.



Figura 15: Escala para medida de atributos de NASA-TLX

2.5 Técnicas de elicitación de requisitos

En este apartado se detallarán diferentes técnicas de elicitación de requisitos específicas para el diseño centrado en el usuario, resaltando la importancia de entender a plenitud al usuario objetivo, contexto de uso del sistema e interacción del usuario con el sistema.

Técnica Personas

La técnica personas, introducida por Cooper (27) (28), es ampliamente utilizada en el diseño de interfaces gráficas, especialmente las centradas en la interacción con el usuario. Este método consiste en modelar arquetipos de usuarios, añadiendo objetivos, información cultural y características de personalidad; que ayuden a entender profundamente cuáles son las necesidades de los usuarios. Esta técnica también permite evaluar qué nuevas características necesita un sistema y la definición de arquetipos ayuda a describir diferentes perfiles a buscar a la hora de hacer la evaluación de usabilidad (29).

Previo a la realización de las personas hay que definir cuántas se van a representar, Cooper *et al.* (28) argumenta que las personas tienen que ser modeladas a partir de un grupo muy específico de individuos e incluso una persona puede estar compuesta de características de muchas personas (30). Posteriormente hay rellenar una ficha de persona (*Figura 16*) en la que se asigna diferentes características de personalidad, rasgos, gustos y conocimientos a cada una de las personas

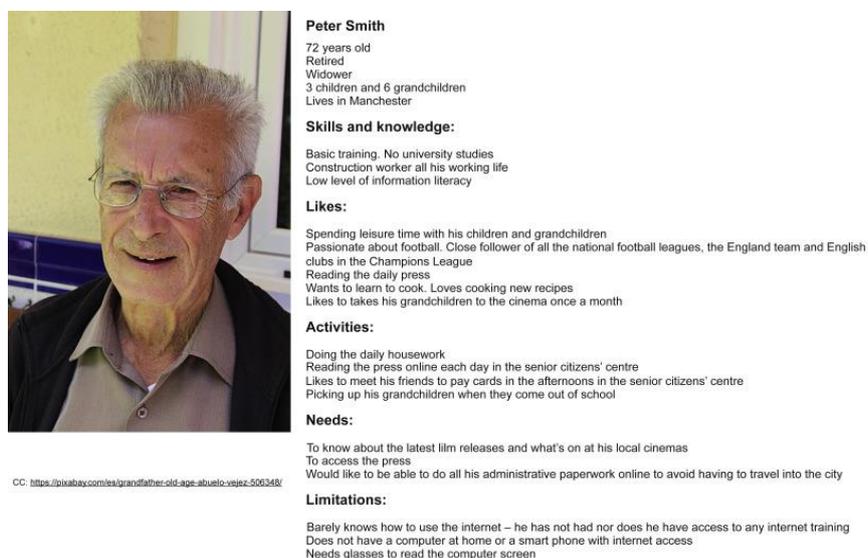


Figura 16: Modelo de ficha de persona

Análisis de contexto de uso

El contexto es un concepto fundamental para el diseño de cualquier tipo de producto y es esencial entenderlo desde diferentes perspectivas cuando se está realizando un diseño centrado en usabilidad.

Cuando un sistema es diseñado considerando el contexto surgirán múltiples criterios a evaluar (31): tipos de usuarios, organización social de los usuarios, tareas a realizar por los usuarios, herramientas para el apoyo en el desarrollo de tareas, contexto físico, entre otras; con la finalidad de definir el problema, metas del sistema, diseño conceptual, diseño detallado y encontrar necesidades de usabilidad. Generalmente el análisis del contexto de uso se realiza en etapas tempranas del ciclo de vida del producto y se va refinando con la elicitación de nuevos requisitos y recopilación de diferentes estudios de usabilidad.

Journey Map

El *journey map*⁴ es una herramienta de diseño de experiencia de usuario en la que se describe cómo el usuario interactúa con el servicio que se le ofrece. El resultado de utilizar esta técnica es una representación gráfica que describe paso a paso la interacción del usuario con el sistema, superando diferentes etapas, obstáculos y barreras.

Existe un amplio debate en la correcta manera de implementar esta técnica (32) pero muchas de ellas coinciden en que esta herramienta es ideal para resumir todos los requisitos orientados al usuario para un servicio, definiendo todos los hitos por los que le usuario tiene que pasar y su interacción con diferentes elementos del contexto.

3. Análisis del problema

En este capítulo se hará la descomposición del problema para entrar en detalle en todos los requisitos funcionales y no funcionales que refiere al sistema, también se estudiarán una serie de problemas encontrados a la hora de realizar este trabajo y finalmente se explicará cómo se va a desarrollar la solución.

3.1 Elicitación de requisitos

La elicitación de requisitos juega un papel fundamental para definir precisamente qué producto software se va a producir y es de gran importancia para evaluar la practicidad de los proyectos, establecer el funcionamiento del sistema y sus límites (33) para evitar ambigüedades y falta de total entendimiento del problema propuesto.

Para este proyecto se van a realizar cuatro aproximaciones diferentes para la ingeniería de requisitos, con la finalidad de que se complementen y den una definición completa de los requerimientos del sistema.

⁴ *Journey map* es la frase en inglés comúnmente utilizada en la literatura para el término «mapa de viaje».



Naturaleza del CDSS

El sistema MEDEA (9) necesita de algunos requisitos fundamentales para la correcta ejecución del sistema y estipula algunas características importantes a tomar en cuenta para otras técnicas de elicitación de requisitos, diseño y experiencia de usuario:

- Las emergencias se pueden detectar automáticamente por el sistema o por la alerta de algún tripulante.
- Al desencadenarse una emergencia tiene que haber una detección automática del usuario que atiende la emergencia.
- Durante la etapa de observación de la emergencia se podrá insertar texto libre y notas de audio para que el usuario describa la emergencia.
- Tiene que haber un seguimiento continuo del plan de acción a realizar para atender la emergencia indicando al usuario en todo momento en qué etapa se encuentra, cuántas ha completado y cuántas le faltan por completar (25).
- En el diseño de nuevos sistemas de viajes de exploración espacial habrá a bordo un médico que tomará el cargo de Oficial Médico Encargado (CMO).

Técnica Personas

A continuación se va a utilizar la técnica personas para definir diferentes arquetipos que harán uso del sistema, para ello en primer lugar se procedió a realizar un análisis de tres misiones espaciales (*Tabla 1*) con características similares a lo que sería un viaje a Marte.

MISIONES ESPACIALES				
	Apollo 11	Skylab	Space Shuttle	PERSONAS
TRIPULACIÓN	Commander	Commander	Commander	Commander
	Command Module Pilot	Pilot	Pilot	Pilot
	Lunar Module Pilot			
		Science Pilot	Payload Commander	Payload Commander (CMO)
			Mission Specialist	Mission Specialist
			International Specialist	
			Educator Mission Specialist	
			Payload Specialist	
			USAF Manned Spaceflight Specialist	
			Flight Engineer	
		Spaceflight Participant		

Tabla 1: Componentes de misiones espaciales y selección para técnica persona

La misión *Apollo 11* (34) fue la primera en llegar a la Luna, su tripulación no era ampliamente multidisciplinar sin embargo fue precursora en cuanto a recolección de información para posteriores estudios. Por otro lado, la misión *Skylab* (35) fue la primera estación espacial de la NASA y pionera en tener un médico a bordo con el cargo de Piloto Científico. Finalmente, el programa *Space Shuttle* (36) es uno de los grandes precursores de la investigación científica espacial por el que pasaron gran variedad de perfiles y personas cumpliendo gran variedad de cargos. Tras esta investigación se decidió modelar cuatro personas: comandante, piloto, comandante de carga (payload commander) que también será el CMO y un especialista de misión.

Una vez definidas las personas que se modelarán, se procedió a estudiar la base de datos *SPACECLUSTER* (37) con la finalidad de recopilar los atributos, características de personalidad y conocimientos de las personas, obteniendo las siguientes especificaciones:

- La edad media de los astronautas se encuentra entre los 26 y 46 años.
- El 12,16% de los astronautas son mujeres y el resto son hombres. Sin embargo diferentes agencias del mundo como la Agencia Espacial Europea están alentando fuertemente la incorporación de la mujer en la carrera espacial.
- La educación militar es un factor común en casi todos los astronautas, destacando los conocimientos en ingeniería mecánica, aeronáutica y medicina.
- El 61,64% de los astronautas son de nacionalidad estadounidense, el 27,13% son de nacionalidad rusa y el resto de otras nacionalidades.
- Los astronautas son personas atléticas y de buena salud.

Tomando en cuenta todas estas características se desarrollaron cuatro personas, una para cada cargo:



- **Comandante**

Martha K. Wilson



EDAD	36
EDUCACIÓN	M. Ing. Aeronáutica
FAMILIA	Soltera
TRABAJO	Commander
UBICACIÓN	EEUU
USO DE TECH	Alto

“ Mi sueño siempre ha sido viajar al espacio y ser la primera mujer en Marte es un honor para mi.

Personalidad

Extrovertida Líder Objetiva

RESUMEN

Ingeniería Civil con máster en Ingeniería Aeronáutica, se vuelve aviadora naval en la Estación Aérea Naval de Pensacola, Florida. Fue seleccionada como tripulante de la misión espacial a Marte como Comandante de la tripulación.

Necesidades

- Estar en control de la situación, saber qué trabajo se está haciendo en todo momento
- En caso de una emergencia poder reaccionar de la forma más objetiva posible y seguir los protocolos establecidos
- La claridad de uso y de la información ofrecida es muy importante

Frustraciones

- Sistemas que reaccionan lento y con objetivos poco claros
- Los ruidos muy fuertes y repetitivos en casos de emergencia, prefiero un sistema objetivo que me indique claramente los pasos a seguir
- No tener comunicación directa con la base

Objetivo

Mantener la tripulación a salvo y lograr todos los cometidos de la misión

Gustos

Aviación
Lectura
Música Pop

Marcas de Interés



Figura 17: Persona 1 - Martha K. Wilson – Comandante

- **Piloto**

Félix C. Mendoza



EDAD	40
EDUCACIÓN	M. Ing. Aeroespacial
FAMILIA	Casado, 2 hijos
TRABAJO	Pilot
UBICACIÓN	EEUU
USO DE TECH	Medio- Alto

“ Mis hijos tienen una padre astronauta, otra gran misión para mi es volver a casa.

Personalidad

Alegre Nervioso Meticuloso

RESUMEN

Máster en Ingeniería Aeroespacial en la Universidad de Texas, aviador naval y asistió al U.S. Air Force Aerospace Research Pilot School
Fue seleccionada como tripulante de la misión espacial a Marte como Piloto de la tripulación.

Necesidades

- Tener control de la aeronave y de todos los sistemas de la misma
- Cuidar de mi salud y la de mis compañeros, hacer ejercicio
- En caso de una emergencia poder cuidar de mis compañeros con el apoyo del sistema y los conocimientos médicos básicos que adquirimos para la misión

Frustraciones

- No poderme comunicar con mis hijos
- No volver a casa
- En caso de que la Chief Medical Officer tenga una emergencia, poder atenderla correctamente y siguiendo los protocolos establecidos por la base

Objetivo

Completar la misión, realizar maniobras de despegue, aterrizaje en Marte y vuelta a la Tierra

Gustos

Lectura
Cine
Aviación

Marcas de Interés



Figura 18: Persona 2 - Félix C. Mendoza – Piloto

- **Comandante de carga y Oficial Medico Encargado**

Ruth G. Franklin



EDAD	32
EDUCACIÓN	Doctora en Medicina
FAMILIA	Casada, 1 hijo
TRABAJO	Payload Commander
UBICACIÓN	EEUU
USO DE TECH	Alto

“ La salud en el espacio es todo un nuevo mundo por descubrir y trabajaré lo mejor posible para mantener a todos mis compañeros a salvo durante esta misión.

Personalidad

Introvertida Calma Objetiva

RESUMEN

Doctora en Medicina de la universidad de Harvard, atendió al United States Navy School of Aviation Medicine. Fue seleccionada como tripulante de la misión espacial a Marte como Payload Commander, también es la designada como Chief Medical Officer y por lo tanto la encargada de monitorear la salud general de toda la tripulación.

Necesidades

- Tener constantes vitales de los miembros de la tripulación
- En caso de una emergencia poder diagnosticar exitosamente a mi compañero y atenderle de la forma más eficiente posible
- El sistema tiene que ser de apoyo y debe de notificarme de cambios en las constantes vitales de mis compañeros cuando nos encontremos en una emergencia.

Frustraciones

- No tener la información que necesito exactamente
- En caso de yo tener una emergencia, que el sistema sea capaz de guiar a mis compañeros en todo momento y que pasos dar para los conocimientos básicos que ellos tienen
- No tener todos los recursos médicos que se tendrían en Tierra

Objetivo

Estudiar la salud de toda la tripulación y ofrecer nueva información para el estudio de la vida fuera de nuestro planeta.

Gustos

Naturaleza
Nadar
Películas de Ciencia Ficción

Marcas de Interés



Figura 19: Persona 3 - Ruth G. Franklin - Payload Commander y CMO

- **Especialista de misión**

Roger C. Haskell

EDAD 31
EDUCACIÓN M. Ing. Mecánica
FAMILIA Casado, 2 hijos
TRABAJO **Mission Specialist**
UBICACIÓN EEUU
USO DE TECH Alto

“ Un nuevo planeta por descubrir necesita que estemos en las mejores condiciones de salud y en casos de emergencia poder tratarnos correctamente.

RESUMEN
Ingeniero Aeroespacial y Máster en Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica de Valencia. Se una a la fuerza aérea estadounidense y se gradúa de USAF Test Pilot School. Fue seleccionada como tripulante de la misión espacial a Marte como Mission Specialist

Necesidades

- Documentar todos mis avances en investigaciones a lo largo del viaje y una vez en Marte
- Mantener un buen estado de salud durante todo el viaje
- Cuidar de mi y de mis compañeros

Frustraciones

- En caso de una emergencia no poder atender a mis compañeros.
- No tener todos los recursos que necesito
- No tener comunicación directa con la base

Objetivo
Recolectar la mayor cantidad de información y generar datos de alta relevancia para la investigación científica

Personalidad
Extrovertido Meticuloso

Gustos
Comunicación
Redes Sociales
Coches

Marcas de Interés
NASA Apple Twitter

Figura 20: Persona 4 - Roger C. Haskell - Mission Specialist

Análisis de contexto de uso

A lo largo de este punto se van a analizar diferentes perspectivas del análisis del contexto de uso con la finalidad de entender mejor el problema y extraer requisitos del contexto.

- **Tipos de usuarios esperados**

Tras haber realizado la técnica personas podemos clasificar a los usuarios por su conocimiento médico. A bordo van a existir dos tipos de usuarios: médicos y otros astronautas con 40 horas obligatorias de entrenamiento médico (5) para misiones espaciales de exploración.

Astronautas

Médico

40 horas de entrenamiento médico

Figura 21: Clasificación de tipos de usuarios

Esta clasificación es interesante para distinguir el tipo de seguimiento que se tendrá que dar al usuario a la hora de ejecutar un plan de acción médico. Con un médico se podrán utilizar términos específicos pero con otro tipo de astronautas habrá que hacer un seguimiento paso a paso del tratamiento.

- **Organización social de los usuarios**

Es importante entender que jerarquía social existe entre los usuarios de un sistema con las características de MEDEA (9) ya que se trata de un software médico en un contexto de exploración espacial, por esta razón podemos hacer dos distinciones (Figura 22): organización social por cargos en la aeronave y organización social para la atención de emergencias médicas.

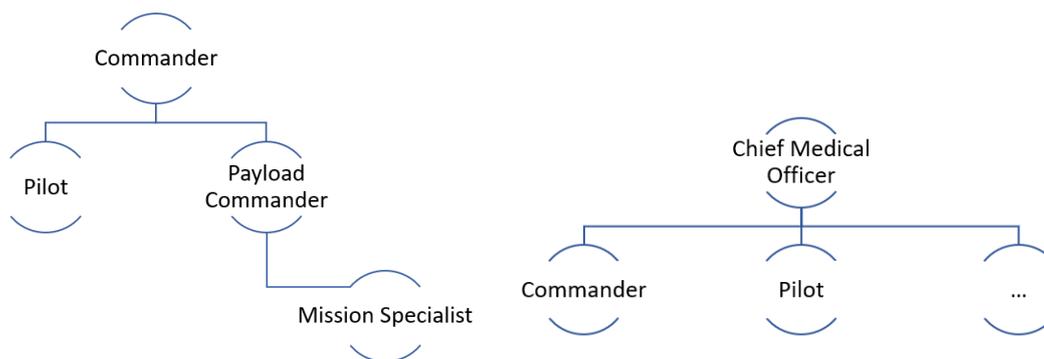


Figura 22: Organización social vs. Organización médica de los usuarios

Esta distinción permite identificar que el CMO es quién atenderá emergencias médicas, si este tripulante es quién presenta la emergencia es el comandante que se encargará de asignar el nuevo responsable a bordo, y así sucesivamente siguiendo la organización social por cargos en caso de algún tipo de incapacidad.

- **Tareas a realizar por los usuarios**

El usuario de la aplicación será el encargado de la atención de la emergencia y sus tareas serán:

1. Atender la emergencia.
2. Describir la emergencia.
3. Validar cuidados y diagnósticos.

4. Seguir plan de acción.
5. Monitorear el sistema: el sistema está evaluando las constantes vitales del paciente por lo que los cuidados y diagnósticos pueden cambiar abruptamente, por esta razón el usuario debe estar atento a los cambios del sistema.

- **Herramientas para el apoyo al usuario**

Este sistema es la herramienta de apoyo en sí ya que el CDSS se encargará de guiar al usuario a lo largo de la emergencia médica. El recorrido que hará el usuario con el sistema consta de los siguientes pasos:

- 0. Detección de la emergencia:** el sistema se encuentra en constante monitoreo de la tripulación a través de sensores que miden sus constantes vitales preparado para detectar una emergencia, pero la tripulación también podría alertar de la emergencia utilizando este sistema.
- 1. Observación:** en esta etapa el encargado describirá a través de texto libre y notas de audio la emergencia.
- 2. Predicción/Decisión:** el sistema predecirá si se trata de un riesgo vital (si/no), dilema ético para la misión (si/no), demorabilidad en minutos de la atención de la emergencia, duración esperada de la terapia y finalmente diagnósticos compatibles. A partir de esta predicción el sistema clasificará el tipo de intervención a realizar en el paciente y finalmente el usuario tendrá que validar los diagnósticos compatibles y la intervención a realizar.
- 3. Ejecución del cuidado:** en esta etapa el usuario utilizará el sistema para ejecutar el plan de acción de cuidados, este será detallado paso a paso.
- 4. Alta del paciente:** esta etapa da fin a la atención de la emergencia y el sistema se realimenta a partir de los datos obtenidos a lo largo de esta.

Paralelamente el sistema se encuentra en monitoreo de las constantes vitales del paciente por lo que podría haber un bucle que lleve de cualquiera de las etapas a la etapa 0, para empezar de nuevo la atención de la emergencia.

- **Contexto físico**

El contexto físico es de gran importancia para este sistema ya que posee dos características críticas: se está atendiendo una emergencia y la tripulación se encuentra en una nave en medio del espacio; por esta razón se tomarán en cuenta los siguientes puntos respecto al contexto físico:

- Las consultas en tiempo real no son una opción (5) ya que la latencia de la comunicación entre Marte y la Tierra puede ser de más de veinte minutos.
- No existen todas las herramientas ni material médico que existe en tierra.
- Hay un único médico a bordo que también podría sufrir una emergencia y el sistema debe ser capaz de guiar a usuarios inexpertos en la atención de esta.



- Al tratarse de una misión espacial es común que la tripulación se encuentre en microgravedad, por lo que hay que tomar en cuenta la ergonomía en este contexto.
- En momentos de mucha tensión y estrés como puede ser el despegue, aterrizaje o algún accidente es más común que se den emergencias médicas, por lo tanto podría haber dilemas éticos a la hora de atender una emergencia médica o sacrificar los objetivos de la misión espacial.

Journey Map

Esta técnica de elicitación de requisitos es muy útil para recopilar en un diagrama todo el funcionamiento deseado del sistema. Se puede observar en la *Figura 20* los tres actores involucrados: el sistema, tripulación y centro de misiones. Se procederá a colocar en la fila correspondiente las tareas que hará este actor y como se va a relacionar con otros actores. También el diagrama (*ANEXO 1*) está dividido en 5 bloques de tareas que se procederá a detallar:

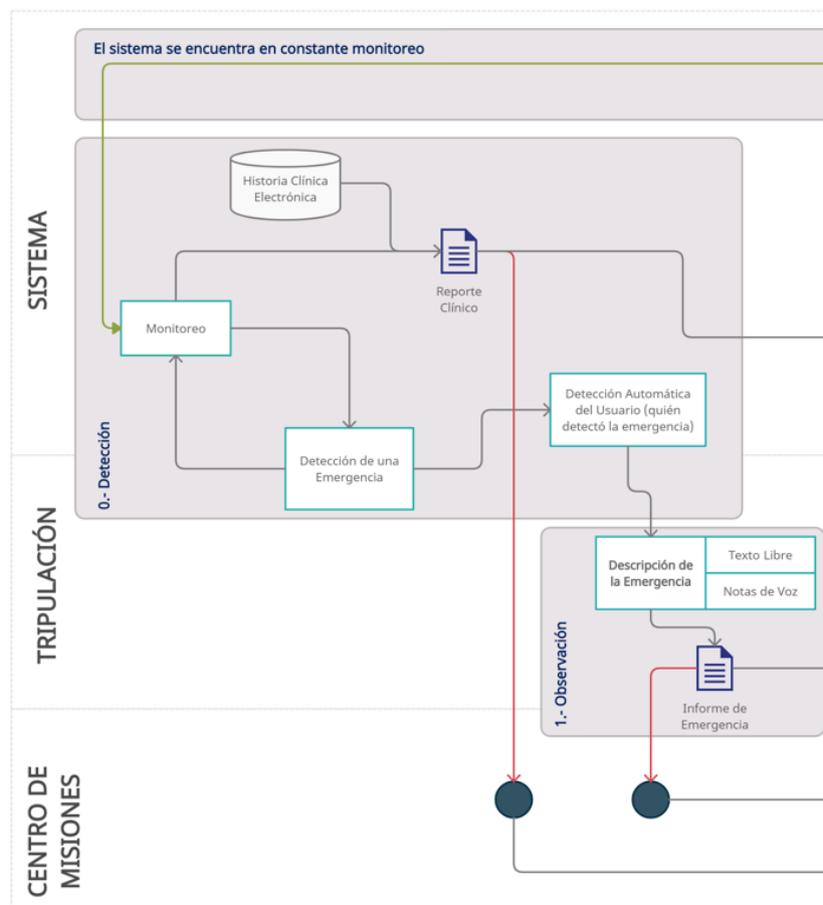


Figura 23: Journey Map I - Detección y Observación

0. Detección

En esta etapa inicial podemos observar como el sistema realiza un monitoreo constante de los pacientes y tanto el sistema como la tripulación pueden detectar una emergencia de forma automática o manual respectivamente. Al detectar la emergencia

el sistema realiza un reporte clínico que contiene todas las constantes vitales del paciente y su historia clínica electrónica con la finalidad de enviarlo a al centro de misiones ya que siempre se priorizará las decisiones tomadas por este.

Tras detectar la emergencia otra persona de la tripulación (usuario) procederá a atenderla, el sistema hará una detección automática del usuario para así más adelante ofrecer el seguimiento necesario que le corresponda.

1. Observación

Esta etapa funcionará para que el usuario describa la emergencia con texto libre o notas de audio con la finalidad de especificar más en detalle características que pueden ser útiles para el diagnóstico. El sistema generará un informe de emergencia que también será enviado al centro de misiones lo más pronto posible.

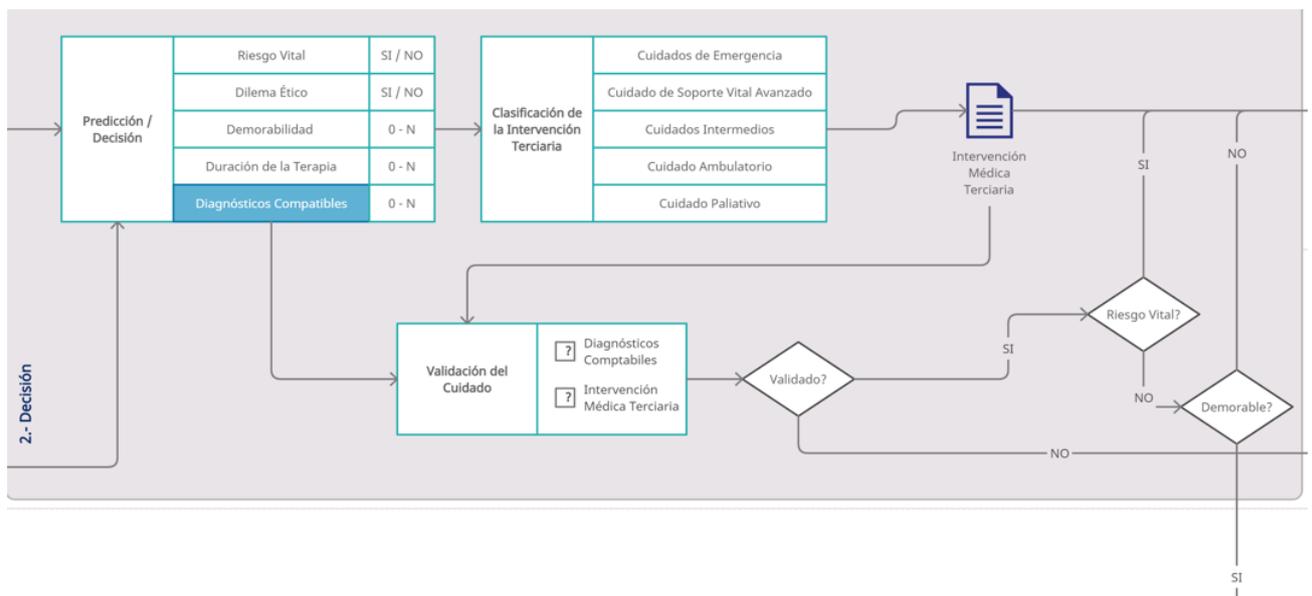


Figura 24: Journey Map II – Decisión

2. Decisión

Una vez recopilada toda la información que necesita el CDSS, el sistema descrito por García-Gómez (9) predice las siguientes variables:

- Riesgo vital: si - no.
- Dilema ético: si - no.
- Demorabilidad de la terapia: 0 – N minutos de demorabilidad del tratamiento.
- Duración de la terapia: 0 - N minutos de duración del tratamiento.
- Diagnósticos compatibles: listado de 0-N diagnósticos compatibles con los síntomas.

Como se puede observar en la *Figura 24*, tras la predicción el sistema clasifica el tipo de cuidado que necesitará el paciente (cuidado de emergencia, cuidado de soporte

vital, cuidados intermedios, cuidado ambulatorio o cuidado paliativo) y genera un informe con la intervención médica terciaria ⁵ que va a necesitar.

Posteriormente el usuario avanzará a la etapa de validación en la que tendrá que verificar los diagnósticos compatibles y la intervención médica terciaria indicada. En esta etapa dependiendo de la validación del usuario y la predicción hecha por el sistema se ejecutará un plan de acción diferente.

3. Ejecución del cuidado

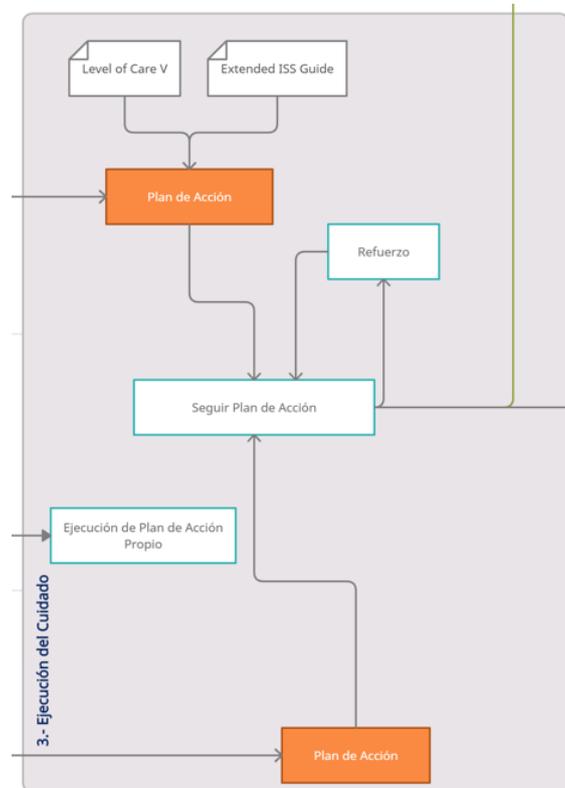


Figura 25: Journey Map III - Ejecución del Cuidado

Dadas las diferentes casuísticas de validación y predicción se utilizará un plan de acción diferente:

- Datos no validados: ejecución de plan de acción propio. Este caso solo se concibe para el CMO por sus amplios conocimientos en medicina y atención de emergencias sanitarias.
- Datos validados, sin riesgo vital, demorable: se esperará por el plan de acción recomendado desde el centro de misiones.
- Datos validados, sin riesgo vital, no demorable: se ejecutará el plan de acción generado por el CDSS.
- Datos validados, riesgo vital: se ejecutará el plan de acción generado por el CDSS.

⁵ Las intervenciones médicas terciarias son aquellas que se realizan sobre pacientes ya diagnosticados con alguna enfermedad con la finalidad de mejorar la calidad de vida y reducir efecto de los síntomas (41).

Como se puede observar en la *Figura 25*, el plan de acción generado por el CDSS viene definido por el nivel V de cuidados estipulados por la NASA y por la guía de cuidados médicos de la estación espacial internacional. A continuación se procederá a la ejecución del plan de acción, donde el sistema ofrecerá refuerzo constante del trabajo, siempre manteniendo al paciente en un monitoreo constante para actuar a tiempo en caso de un cambio de constantes vitales.

4. Alta del Paciente

Finalmente se confirma que el tratamiento está funcionando, hay una regulación de los constantes vitales y por tanto se da el alta al paciente. Se notifica al centro de misiones y el sistema se retroalimenta para aprender de todo el proceso tal y como se puede ver en la *Figura 26*.

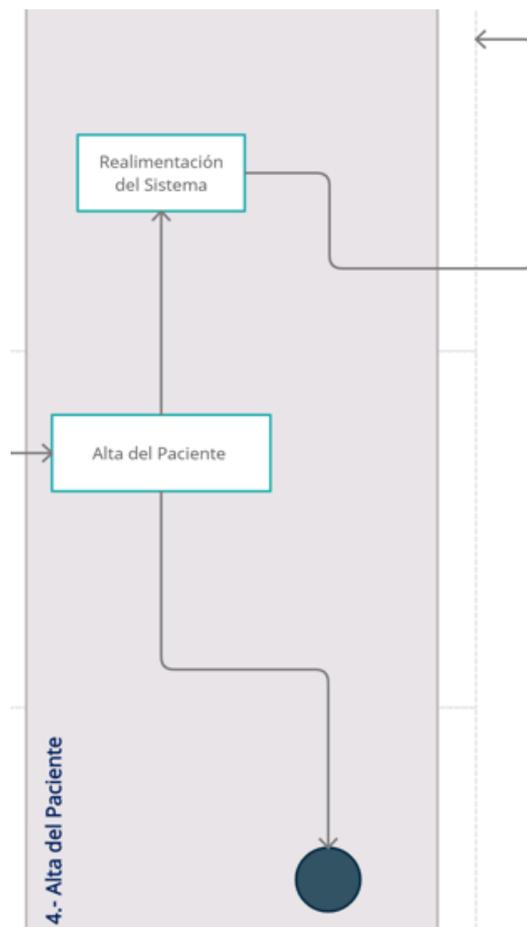


Figura 26: Journey Map IV - Alta del Paciente

3.2 Identificación y análisis de problemas encontrados

En el proceso de elicitación de requisitos se identificaron diferentes problemáticas que pueden afectar al correcto desarrollo de este trabajo, a continuación se van a exponer cada una de ellas y se cerrará este capítulo con una conclusión al respecto.

En primer lugar se está diseñando la interfaz gráfica de usuario para un sistema desarrollado teóricamente por lo que existe incertidumbre respecto a los tipos de datos

de entrada, tipos de datos de salida y tecnologías compatibles a utilizar. Por otra parte, el sistema estará ubicado en aeronaves que aún no han sido creadas, por lo que el contexto de uso no se puede definir con toda seguridad ya que no se conocen las diferentes tecnologías y herramientas disponibles a bordo. Finalmente la medición de la usabilidad con usuarios objetivos no es la más indicada ya que deberían ser personas con conocimientos aeroespaciales o astronautas, sin embargo este punto se detallará en el capítulo 5: Evaluación.

Todas estas problemáticas suponen una desventaja para la ingeniería de requisitos, no obstante ofrece la libertad de diseñar un sistema ideal y proponer con antelación diferentes elementos o herramientas que serán necesarias a bordo para hacer del sistema usable e intuitivo. De igual forma el diseño de interfaces centradas en el usuario es un proceso iterativo por lo que este trabajo será una primera iteración sobre el desarrollo final.

3.3 Soluciones propuestas

Como técnica de análisis de posibles soluciones se presentó a los alumnos de Ergonomía (Profesora responsables de la asignatura y la actividad: Sabina Asensio Cuesta) del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto este trabajo como caso de estudio y concurso para el desarrollo de tres pantallas dónde participaron 46 diseños de 136 alumnos. Esta actividad aportó valor al desarrollo de este trabajo ya que se pudo analizar qué propuestas de diseño gráfico podían ser interesantes a incluir.

Uno de los diseños más interesantes, y ganador del concurso, fue el proyecto CORS. Este diseño no solo toma en cuenta la importancia estética y de calidad de las interfaces sino que añade un elemento de experiencia de usuario muy importante para la interacción persona computador, un asistente virtual.

Este asistente es una solución muy actual, pero puede ser un poco inapropiado en el contexto de asistencia médica de emergencias en misiones espaciales. Por otro lado es un elemento que podemos encontrar en el estado del arte y que sería fundamental a la hora de extrapolar este trabajo a viajes espaciales comerciales.

En segundo lugar quedó el diseño MARTIA destaca por el uso de elemento que mejoran la experiencia de usuario como son las imágenes que sirven como croquis de los problemas de salud encontrados. También es destacable el diseño gráfico en general que utiliza elementos que podemos observar en interfaces gráficas actuales para el contexto espacial.

A continuación se resumirá en una tabla todas las ideas extraídas de este concurso que fueron utilizadas para el diseño propuesto en este trabajo:

TABLA DE EXTRACCIÓN DE IDEAS		
EQUIPO	ELEMENTO DE DISEÑO	ARGUMENTO
CORS	Símbolo de deslizar como elemento de navegabilidad	Buen uso de elementos de navegabilidad. La acción de “deslizar” es muy intuitiva para el usuario y de las más sencillas de utilizar en tabletas y dispositivos táctiles.
CORS	Ficha de paciente en cada ventana	La ficha de datos del paciente es muy útil para ir guiando al usuario respecto al estado de salud. Eliminar información poco relevante como la edad.
ASTROCARE	Burbuja con botón de información en esquina inferior derecha	El botón de información para acceder al detalle de la intervención es ideal para mostrar al usuario que puede acceder a más información.
LYRA	Uso de colores como guía visual del usuario.	El uso de colores es muy intuitivo para el usuario. Se podría utilizar un indicativo tipo semáforo a lo largo de la interfaz.
MARTIA	Croquis del cuerpo humano que detalla síntomas del paciente.	El uso de un croquis del cuerpo humano para señalar diferentes dolencias es muy útil para mejorar la experiencia de usuario, hace el sistema más cercano al problema.

Tabla 2: Tabla de extracción de ideas del concurso de diseño Ergonomía

4. Desarrollo de la solución

En este capítulo se explicarán los pasos que se utilizaron para llegar al diseño final del sistema, pasando por la creación de *wireframes*, diseño de la navegación, incorporación del diseño gráfico y detalle de elementos necesarios para mejorar la experiencia de usuario.

4.1 Wireframes y navegación

El diseño de estos *wireframes* (ANEXO 2) se realizó tomando en cuenta los requisitos y características estudiadas en la elicitación de requisitos. En la *Figura 27* se puede observar en primer lugar (de izquierda a derecha) la pantalla de inicio de la aplicación en la que hay botón que permite a la tripulación declarar alguna emergencia médica. A continuación se puede observar una descripción de la emergencia en la que se detalla información del paciente, sintomatología y ubicación de la emergencia. Finalmente podemos observar que la última imagen es muy similar a la anterior, esto se

debe a que es una pantalla opcional para ver información más detallada de la sintomatología del paciente al pulsar dos veces sobre la misma.



Figura 27: Wireframes I - Introducción y Detección

En la *Figura 28* se detalla más a la izquierda el modelo para la descripción de la emergencia, destacando un botón para iniciar la grabación de audio y un campo de texto libre. La siguiente pantalla (central) es una ventana de verificación donde el usuario podrá observar toda la información del paciente antes de remitirla al sistema y por último (derecha) es una ventana de confirmación de envío de datos y proceso de carga del sistema. A partir de estas pantallas podemos observar en la parte superior la presencia de una ventana con la información del paciente, su finalidad es para poder acceder a visualizar los signos vitales del paciente.



Figura 28: Wireframes II - Descripción y Confirmación

En la *Figura 29* se puede observar a la izquierda la ventana correspondiente a la validación de los diagnósticos compatibles y la intervención médica terciaria a realizar, estas ventanas contienen un símbolo '+' para ver más información al respecto. Al centro podemos ver la distribución de la pantalla para todas las ventanas del plan de acción lo

más importante es la barra de seguimiento que se encuentra bajo la información del paciente, en ella el usuario podrá ver cuántas tareas le faltan por hacer y cuántas ha realizado. Finalmente podemos observar la ventana de alta del paciente donde se da información general del mismo.



Figura 29: Wireframes III - Validación, Plan de acción y Alta

La navegación entre las diferentes pantallas de la aplicación se puede observar en la Figura 30. Los gestos necesarios para navegar por la interfaz serán siempre los mismos: deslizar (como las páginas de un libro) para ir hacia delante y hacia atrás, y dar un tap doble para ver más información de cualquier ventana.



Figura 30: Navegación



4.2 Diseño gráfico

Tras realizar el modelado de la interfaz se procedió a incorporar el diseño gráfico. Para ello se eligió una paleta de colores y una jerarquía de tipografías (*Figura 31*) para procurar un diseño congruente y estándar a lo largo de todo el sistema.

Aprovechando la incorporación del diseño gráfico se desarrolló un prototipo de la aplicación (*ANEXO 3*) utilizando la herramienta *Figma*⁶ con un caso de ejemplo útil para la posterior evaluación de usabilidad.

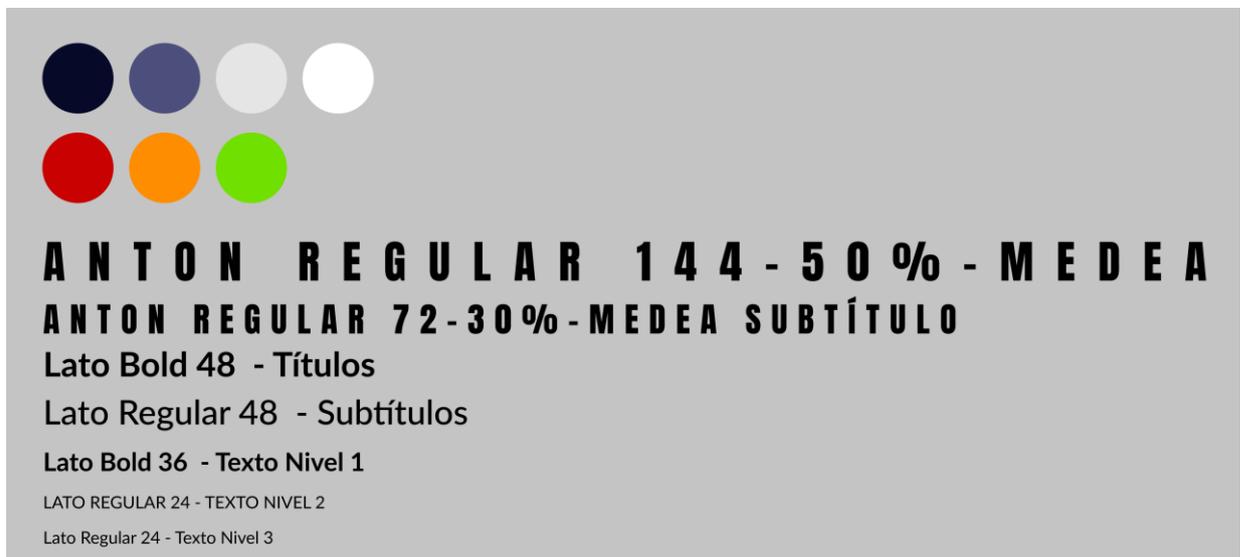


Figura 31: Paleta de colores y tipografías

A continuación se explicarán soluciones de diseño aplicadas al sistema que reflejan necesidades estudiadas durante la elicitación de requisitos:

- Se trata de un sistema intuitivo y de fácil capacidad de aprendizaje, es muy sencillo identificar las formas de operar el sistema, por ejemplo el botón `+` (*Figura 32*). Además es agradable a la vista, con buena maquetación y jerarquía de la información.

⁶ <https://www.figma.com/>



Figura 32: Prototipo I - Inicio y Detallado de la emergencia

- Se desarrolló una nomenclatura con la que el usuario podrá jerarquizar la información a simple vista dependiendo de la tipografía utilizada (Figura 33). También se utilizó un “sistema semáforo” en todo el diseño para identificar en qué estado se encuentra la salud del paciente y la evolución de sus síntomas (Figura 36).



Figura 33: Prototipo II - Descripción, Validación y Confirmación

- Se estandarizó los métodos necesarios para operar la interfaz utilizando procedimientos consistentes. Para pasar de una pantalla a otra se desliza, para obtener más información de algún apartado se pulsará el botón ‘+’ y para interactuar con botones y *checkboxes* solo se presionarán.
- El sistema ofrece realimentación visual de las tareas realizadas y requiere de validación de información en etapas críticas de uso (Figura 33).

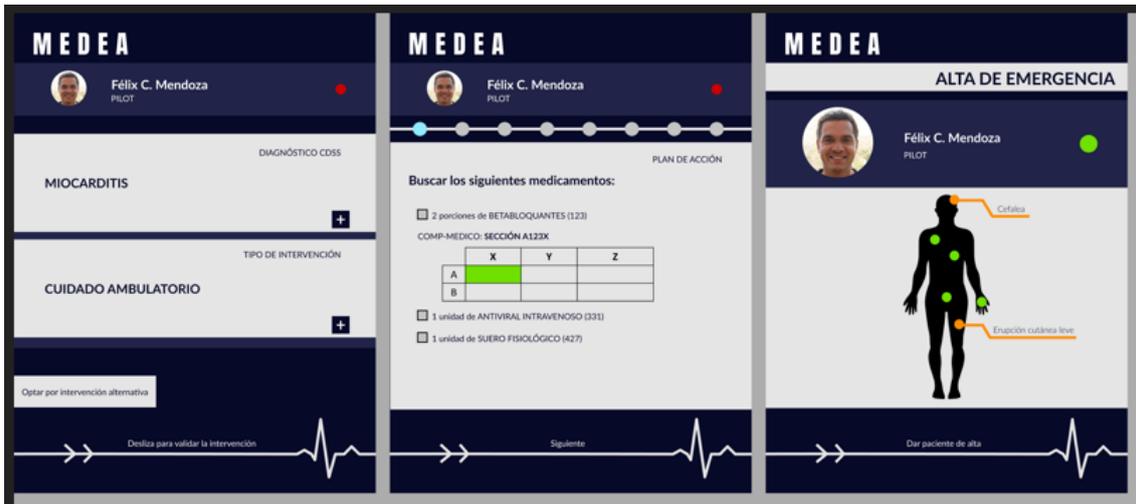


Figura 34: Prototipo III - Predicción, Plan de acción y Alta

- Durante el desarrollo del plan de acción (Figura 35) hay una indicación clara del estado actual del sistema que indica al usuario en qué etapa se encuentra, cuantas etapas ha completado y cuantas le faltan por completar.

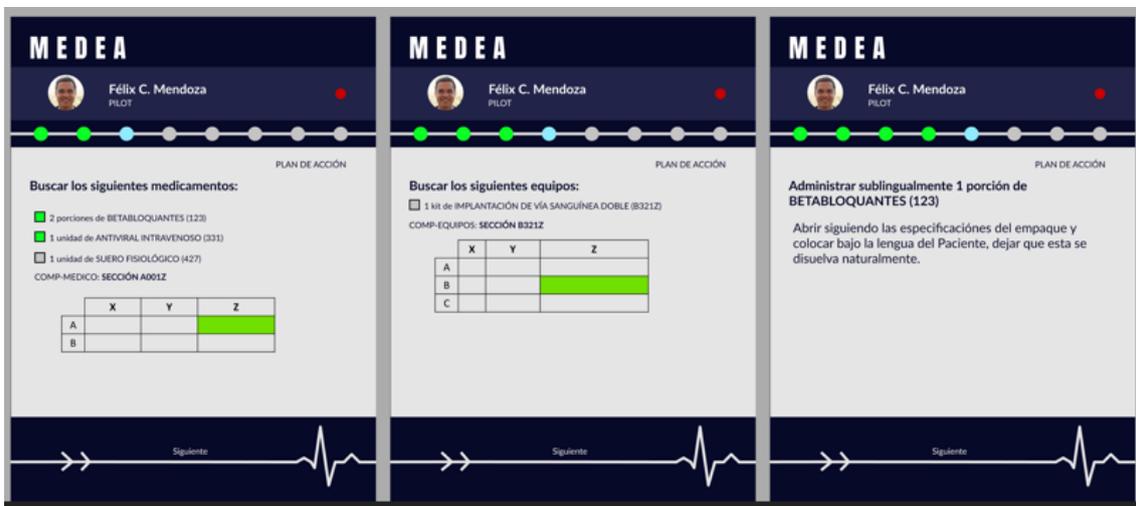


Figura 35: Prototipo IV - Plan de acción

En este prototipo también se desarrollaron dos interfaces que indican las constantes vitales del paciente (Figura 36) lo que da una primera aproximación de como extrapolar el diseño a otros sistemas médicos de la aeronave e incluso a toda la interfaz gráfica de esta. Esta misma interfaz se utiliza en el alta del paciente (Figura 34) como resumen general del estado final de salud de este.

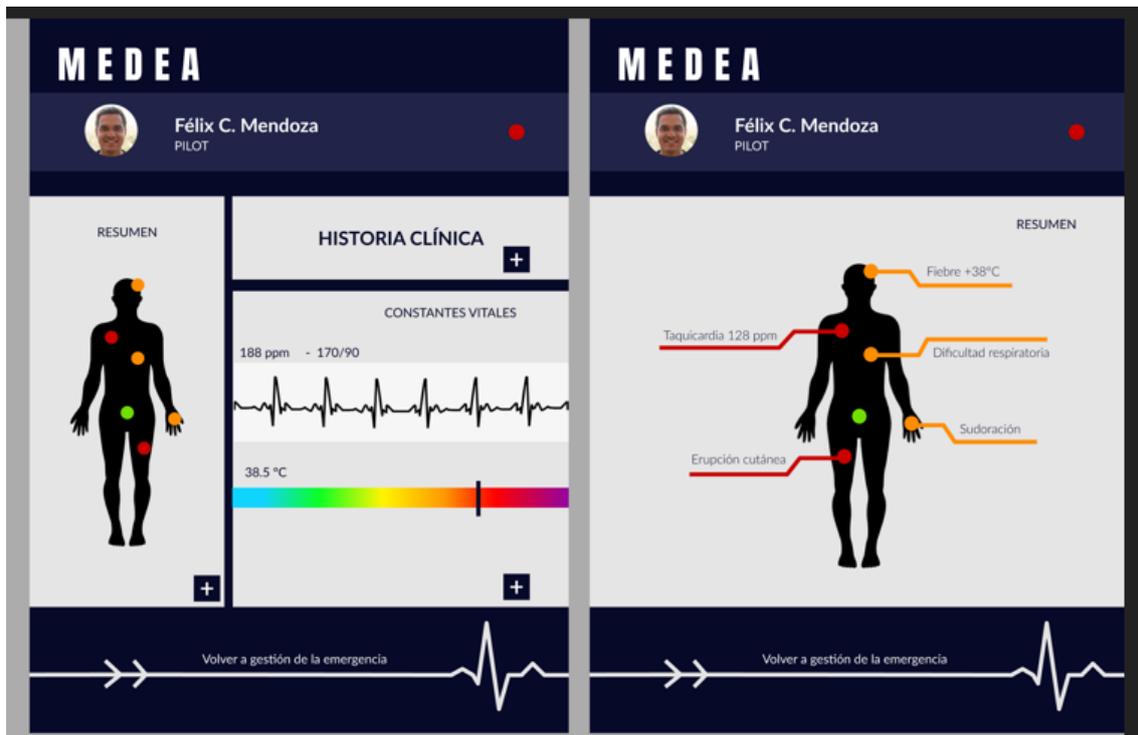


Figura 36: Prototipo V - Constantes vitales

4.3 Experiencia de usuario

En este apartado se detallarán diferentes elementos y herramientas necesarias a bordo y en el sistema para mejorar la experiencia de usuario y por tanto el diseño centrado en el usuario.

- Al momento de la detección de la emergencia, que el usuario (encargado de la emergencia) sea reconocido de forma automática mediante reconocimiento facial. En caso de emergencias en el espacio se podría dar el caso que los astronautas estén utilizando algún tipo de asistencia respiratoria por lo que también se podrán identificar utilizando credenciales con tecnología *NFC*.
- Durante el desarrollo del plan de acción, que exista una guía visual que ayude a conseguir los elementos en el espacio físico de la aeronave (*Figura 35*) mediante señales visuales como parpadeo de luces. Esto se puede implementar imitando el funcionamiento de dispensadores automáticos de medicamentos.
- Incorporación del asistente CORS propuesto como elemento guía de todos los sistemas sanitarios de la misión espacial.
- Estandarizar el diseño gráfico de todos los sistemas de la aeronave y tener un diseño común para toda la misión espacial.

5. Evaluación

La evaluación utilizando métricas de calidad y diferentes técnicas de medida de la usabilidad es fundamental para el éxito de un producto software (17). También es importante la elección de usuarios objetivos para hacer una aproximación de los resultados obtenidos con el uso real que tendrá el sistema.

Por el contexto del sistema MEDEA es muy difícil dar con el usuario objetivo: astronautas, por lo que este estudio se realizó sobre 5 usuarios que tienen conocimientos básicos que son requeridos para llegar a ser astronautas, profesionales del diseño y matemáticos.

5.1 Evaluación de usabilidad

Se entiende por usabilidad a la facilidad con la que las personas pueden utilizar un producto o sistema en situaciones de uso características para lograr objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción. Para medir la usabilidad se utilizarán atributos de calidad definidos para esta característica en la ISO/IEC 25010 (38).

Para la categoría de usabilidad se utilizarán las siguientes métricas de calidad asociadas a su atributo:

MÉTRICAS DE USABILIDAD				
Atributo	Métrica	Medición	Interpretación	Explicación
Comprensibilidad	Claridad del mensaje	$X = A/B$ A = Número de mensajes implementados con explicaciones claras B = Número de mensajes implementados	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más cerca de 1, mejor	¿Qué proporción de mensajes son auto explicativos?
Legibilidad	Funciones evidentes	$X = A/B$ A = Número de funcionalidades (o tipos de funcionalidades) evidentes para el usuario B = Número total de funcionalidades	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más cerca de 1, mejor	¿Qué proporción de las funcionalidades del producto son evidentes para el usuario?

MÉTRICAS DE USABILIDAD

Atributo	Métrica	Medición	Interpretación	Explicación
Legibilidad	Funciones entendibles	$X = A/B$ A = Número de funcionalidades de la interfaz de usuario cuyo propósito es entendido por el usuario B = Número total de funcionalidades de la interfaz de usuario	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más cerca de 1, mejor	¿Qué proporción de las funcionalidades del producto será el usuario capaz de entender correctamente?
Mensajes de confirmación	Capacidad de deshacer operaciones	$X = A/B$ A = Número de funcionalidades implementadas que pueden ser deshechas por el usuario B = Número de funcionalidades	$0 \leq X \leq 1$ Cuanto más cerca de 1, más desechable	¿Qué proporción de funcionalidades pueden ser deshechas?
Percepción de los elementos de la interfaz	Claridad de la interfaz	$X = A/B$ A = Número de elementos de la interfaz que sean auto explicativos B = Número total de elementos de la interfaz	$0 \leq X \leq 1$ Cuánto más cerca de 1, más claridad	¿Qué proporción de elementos de la interfaz son auto explicativos?
Capacidad de aprendizaje	Facilidad para desarrollar una tarea	$X = \text{Tiempo utilizado por el usuario para completar una tarea.}$ NOTA: Definir tareas previamente.	$0 \leq X$ Cuánto más cercano a 0 mejor	¿Cuánto le toma al usuario aprender a utilizar una función fácilmente?

Tabla 3: Métricas de usabilidad



Para el atributo “Capacidad de aprendizaje” hay que definir que tareas son aquellas que se tomarán como herramienta para medir la métrica “Facilidad para desarrollar una tarea”; las tareas seleccionadas son:

1. El usuario declarará una emergencia para el Piloto y ofrecerá detalles en texto libre y de audio sobre la situación de emergencia. El tiempo se detendrá cuando el usuario llegue a la ventana de carga del CDSS.
2. Ir a la historia clínica electrónica del paciente después de declarar una emergencia para el Piloto. El tiempo se detendrá cuando se llegue a la ventana de acceso a la historia clínica.

Tras definir estas métricas de calidad y parámetro de evaluación, se procedió a realizar la evaluación por 5 usuarios con las siguientes profesiones: ingeniero mecánico (A), ingeniero informático (B), estadista (C), biólogo (D) y diseñador gráfico (E); obteniendo los siguientes resultados:

RESULTADO EVALUACIÓN DE USABILIDAD							
Métrica	Valores obtenidos					Media	Esperado
	A	B	C	D	E		
Claridad del mensaje	1	1	1	0.66	0.66	0.864	1
Funciones evidentes	0.8	0.9	0.8	0.7	1	0.84	1
Funciones entendibles	1	1	1	1	1	1	1
Capacidad de deshacer operaciones	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	0.48	1
Claridad de la interfaz	1	0.9	0.8	0.8	1	0.9	1
Facilidad para desarrollar una tarea (1)	53.04 seg	1:26.8 min	48.66 seg	1:25.41 min	1:03.20 min	1:07.20 min	56.42 Seg
Facilidad para desarrollar una tarea (2)	27.90 seg	45.23 seg	12.29 seg	1:36.12 min	58.36 seg	47.9 seg	9.80 seg

Tabla 4: Evaluación de usabilidad

Tras realizar la evaluación de usabilidad con las métricas de calidad podemos observar don atributos que no cumplen con las expectativas con relación al resultado esperado. En primer lugar la métrica “capacidad de deshacer funciones” dio un resultado negativo, sin embargo fu clasificado como regular ya que es una característica que no se había tomado en cuenta para el diseño de este prototipo por lo que era

imposible retroceder. En segundo lugar, la métrica “facilidad para desarrollar tarea” haciendo referencia a la segunda tarea dio resultados negativos ya que, visto el actuar de los usuarios, no es muy intuitivo como llegar a la ventana de acceso a la historia clínica. Estas dos características son elementos que tomar en cuenta para mejora del prototipo y del diseño respectivamente.

5.2 Evaluación de la carga de trabajo

Para realizar la evaluación de la carga de trabajo se utilizará la herramienta NASA-TLX que se encarga de medir las propiedades psicométricas (39) para evaluar la carga mental de trabajo de los usuarios.

La finalidad de esta evaluación es medir la carga de trabajo respecto a diferentes tareas por lo que para este estudio se eligió la tarea “seguir plan de acción”, en la que el usuario tendrá que proceder hasta completar el plan de acción. Obtenemos los siguientes resultados:

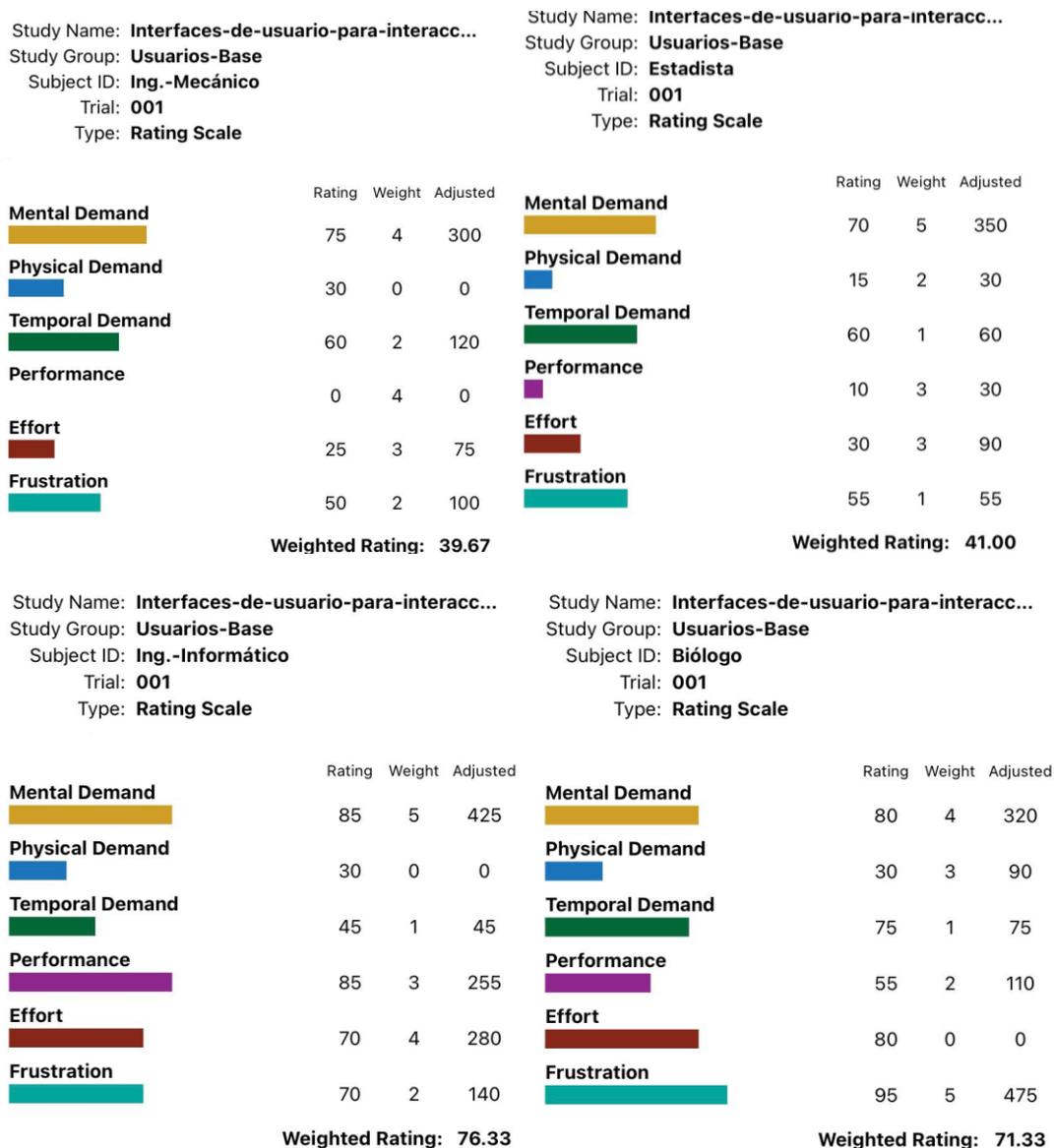


Figura 37: Resultados de NASA-TLX para evaluación de carga de trabajo - Parte I

Diseño de interfaces gráficas centradas en el usuario para la interacción de la tripulación con sistemas de ayuda a la decisión médica durante misiones espaciales

Study Name: **Interfaces-de-usuario-para-interacc...**
 Study Group: **Usuarios-Base**
 Subject ID: **Diseñador-Gráfico**
 Trial: **001**
 Type: **Rating Scale**

	Rating	Weight	Adjusted
Mental Demand 	50	4	200
Physical Demand 	10	0	0
Temporal Demand 	35	2	70
Performance 	0	4	0
Effort 	35	3	105
Frustration 	20	2	40
Weighted Rating: 27.67			

Figura 38: Resultados de NASA-TLX para evaluación de carga de trabajo – Parte II

Finalmente se procede a realizar una media de los resultados:

RESULTADO EVALUACIÓN DE CARGA DE TRABAJO						
Propiedad	Valores obtenidos					Media
	A	B	C	D	E	
Demanda mental	300	350	425	320	200	319
Demanda física	0	30	0	90	0	24
Demanda temporal	120	60	45	75	70	74
Rendimiento	0	30	255	110	0	79
Esfuerzo	75	90	280	0	105	110
Nivel de Frustración	100	55	140	475	40	162
Media ponderada	39.67	41	76.33	71.33	27.67	51.2

Tabla 5: Resultado medio de la evaluación con NASA-TLX

Tras realizar la evaluación de carga de trabajo podemos observar la media ponderada para cada uno de los usuarios, esta es un valor entre cero y cien, dónde cero representa nada de carga de trabajo y cien el límite. Luego los valores para cada una de las propiedades hacen referencia a la ponderación que tienen estas sobre la media final así que si observamos el usuario “C” podemos decir que la demanda mental y el esfuerzo son los principales factores que generan carga de trabajo en este individuo.

Si estudiamos la media final del estudio podemos ver que la carga de trabajo se encuentra al 50%, esto es un resultado esperado debido a las condiciones y contexto del

uso del sistema sin embargo podemos observar como el nivel de frustración es el segundo valor que más pondera en el resultado. Esta propiedad tendrá que ser estudiada más en detalle cuando se realice este estudio en usuarios objetivo ya que se puede deber a la falta de conocimientos de estos usuarios con relación al contexto y al sistema.

6. Conclusiones

El diseño de interfaces gráficas centradas en el usuario es una tarea esencial en el desarrollo de productos software y en sistemas como MEDEA supone un reto. Lo más destacable de este trabajo es la ingeniería de requisitos detrás del diseño gráfico de una aplicación. En este sentido también podemos destacar la importancia de la usabilidad y de la experiencia de usuario en sistemas centrados en el usuario. La medición de la usabilidad es subjetiva al contexto cultural y por tanto a los usuarios objetivo, siendo estos muy importantes para la validación de decisiones de diseño y estudios de comprensibilidad y percepción de la interfaz de usuario. Además, tras el desarrollo de este trabajo se puede concluir que:

- Los usuarios objetivo del sistema son astronautas que contemplan las características encontradas en el proceso de elicitación de requisitos y representadas en los arquetipos de personas modeladas utilizando la técnica personas.
- El contexto de uso del sistema es fundamental para el éxito de este y es importante tomar en cuenta diferentes perspectivas como tipos de usuarios, organización social de los usuarios, tareas a realizar por los usuarios, herramientas para el apoyo en el desarrollo de tareas y contexto físico.
- El *journey map* define un modelo de interacción entre el sistema y el usuario, además de recopilar requisitos del sistema en el contexto de diseño orientado al usuario.
- Es fundamental el desarrollo del diseño de la interfaz de usuario siguiendo todas las etapas de desarrollo: diseño de *wireframes*, navegabilidad e incorporación del diseño gráfico.
- La usabilidad del sistema es alta para el contexto en el que se encuentra, sin embargo hay que expandir el análisis de usabilidad a los usuarios objetivo.

Por último, tras el estudio del estado del arte y la elicitación de requisitos podemos observar lo innovador que es este proyecto y la necesidad que existe por el desarrollo de nuevas tecnologías como la diseñada en este trabajo, abriendo así oportunidades para la creación de nuevas tecnologías y herramientas.

6.1 Relación con las asignaturas cursadas

En este apartado se va a analizar qué conocimientos adquiridos a lo largo del grado en Ingeniería Informática se relacionan con el contenido del trabajo de fin de grado, para ello se hará una distinción por asignaturas:

- **Interfaces persona computador:** esta asignatura es fundamental en el desarrollo de este trabajo ya que son los principios básicos de la interacción persona computador, introducción al análisis de requisitos, introducción a la usabilidad y evaluación de interfaces. También es el único momento en el grado que se estudia diseño visual y estilos de interacción.
- **Ingeniería del software:** a lo largo de esta asignatura se da una introducción al proceso y ciclos de vida del software, tomando en cuenta en la etapa de diseño la interfaz de usuario.
- **Calidad del software:** esta asignatura tiene mucha relación con este trabajo ya que aquí se tocan temas como la perspectiva de usabilidad como métrica de calidad, definición de métricas e indicadores de calidad y su validación teórica y empírica.
- **Análisis y especificación de requisitos:** gran parte de este trabajo consta de ingeniería de requisitos, utilizando técnicas aprendidas en clase como la técnica Personas y el análisis de contexto. También se relaciona con la validación de requisitos a partir de prototipados.
- **Proceso de software y Proyecto de Ingeniería del software:** estas dos asignaturas son esenciales para el grado con especialización en Ingeniería del software, en ellas se entiende cómo funciona comercialmente un producto software y se utilizan técnicas de elicitación de requisitos, validación de requisitos, medidas de calidad de software y diseño; que son fundamentales para el desarrollo de este trabajo.
- **Bioinformática:** ofrece los conocimientos básicos de la bioinformática e introduce a los sistemas de ayuda a la decisión médica, entendiendo la necesidad de estos productos en el mercado.

También es destacable la importancia de las competencias transversales para el desarrollo de este trabajo como lo son el análisis y resolución de problemas, innovación y creatividad, diseño y aprendizaje permanente.

7. Trabajos futuros

Este último capítulo se van a explicar diferentes líneas de desarrollo que se abren a partir de la culminación de este trabajo:

- Llevar a cabo del desarrollo del sistema de ayuda a la decisión médica MEDEA, de la mano del diseño centrado en el usuario propuesto en este trabajo.
- Extender el estudio de usabilidad y carga de trabajo a usuarios objetivos para comprobar la validez de los resultados obtenidos.
- Desarrollar un modelo de calidad específico para sistemas de ayuda a la decisión médica en emergencias durante misiones espaciales, que mida la

usabilidad, adecuación funcional, eficacia de empleo, fiabilidad y mantenibilidad del sistema.

- Con la finalidad de garantizar la calidad del diseño gráfico y proyectando la escalabilidad del proyecto, definir un sistema de diseño en el que se definan patrones y normas para el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario.
- El diseño de interfaces de usuario centradas en el usuario es incremental y un diseño vivo por lo que estará en constante cambio y habrá que ir adaptando a las necesidades que vayan surgiendo en el contexto, cambio en la definición de las personas o modificación del funcionamiento del CDSS.
- Con el gran crecimiento del mercado de viajes espaciales comerciales, como lo son las compañías *SpaceX* y *Virgin Galactic* (40), extrapolar este trabajo y todos los puntos anteriores a un público más general y anticiparse a nuevas tecnologías que serán requeridas en este tipo de viajes.



Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi tutor Juan Miguel García Gómez por su apoyo y confianza durante el desarrollo de este trabajo, al igual que a mi cotutora Sabina Asensio Cuesta por el seguimiento y apoyo metodológico del proyecto. Para mí es un verdadero placer haber desarrollado este proyecto con profesionales de la investigación como ellos.

También quiero agradecer a mis familiares por su amor y apoyo incondicional y a mis amigos por su apoyo emocional y motivación a lo largo de mi vida y del desarrollo del proyecto.

Finalmente quiero agradecer a la Universitat Politècnica de València como institución. En los últimos cuatro años he madurado y crecido como persona y profesional gracias a diferentes proyectos en los que he participado dentro de la universidad y la multitud de personas que he conocido.

Este es el fin de una etapa.

8. Referencias

1. Witze A, Smriti M, Gibney E. Countdown to Mars: three daring missions take aim at the red planet. *Nature*. 2020 Julio 7; 583(7815): p. 184-188.
2. UAE Space Agency. Emirates Mars Mission. [Online].; 2021 [cited 2021 Agosto 10. Available from: <https://www.emiratesmarsmission.ae/>.
3. China National Space Administration. China's first Mars mission. [Online].; 2020 [cited 2021 Agosto 10. Available from: <http://www.cnsa.gov.cn/english/n6465652/n6465653/c6809448/content.html>.
4. National Aeronautics Space Administration. NASA Science Mars 2020 Mission Perseverance Rover. [Online].; 2020 [cited 2021 Agosto 10. Available from: <https://mars.nasa.gov/mars2020/>.
5. Kuypers MI. Emergency and Wilderness Medicine Training for Physician Astronauts on Exploration Class Missions. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2013 Dec; 24(4).
6. Vukelja L, Müller L, Opwis K. Are Engineers Condemned to Design? A Survey on Software Engineering and UI Design in Switzerland. In Springer; 2007; Berlin, Heidelberg. p. 555-568.
7. Nelson RR, Kattan MW, Cheney PH. Training, ability, and the acceptance of information technology: an empirical study of IS personnel and end users. *ACM SIGCPR Computer Personnel*. 1991 Noviembre; 13(3).
8. Santoso HB, Schrepp M. Importance of User Experience Aspects for Different Software Product Categories. In Springer; 2018; Singapore. p. 231-241.
9. García-Gómez JM. Basic principles and concept design of a real-time clinical decision support system for managing medical emergencies on missions to Mars. 2021 Marzo.
10. García-Gómez JM, Tortajada S, Sáez C. *Sistemas de Ayuda a la Decisión Médica*. Valencia: Universitat Politècnica de València; 2019.
11. Stone D, Jarrett C, Woodroffe M, Minocha S. *User Interface Design and Evaluation*. Elsevier; 2005.
12. Eyal N, Hoover R. *Hooked: How to Build Habit-Forming Products*. New York: Penguin; 2014.



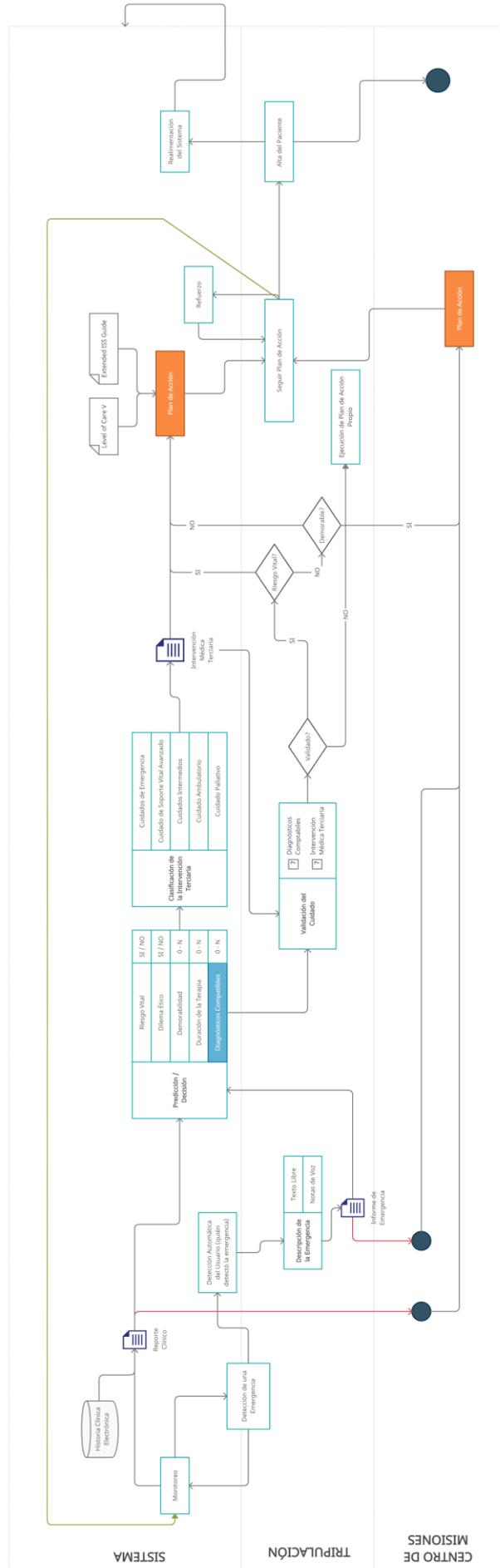
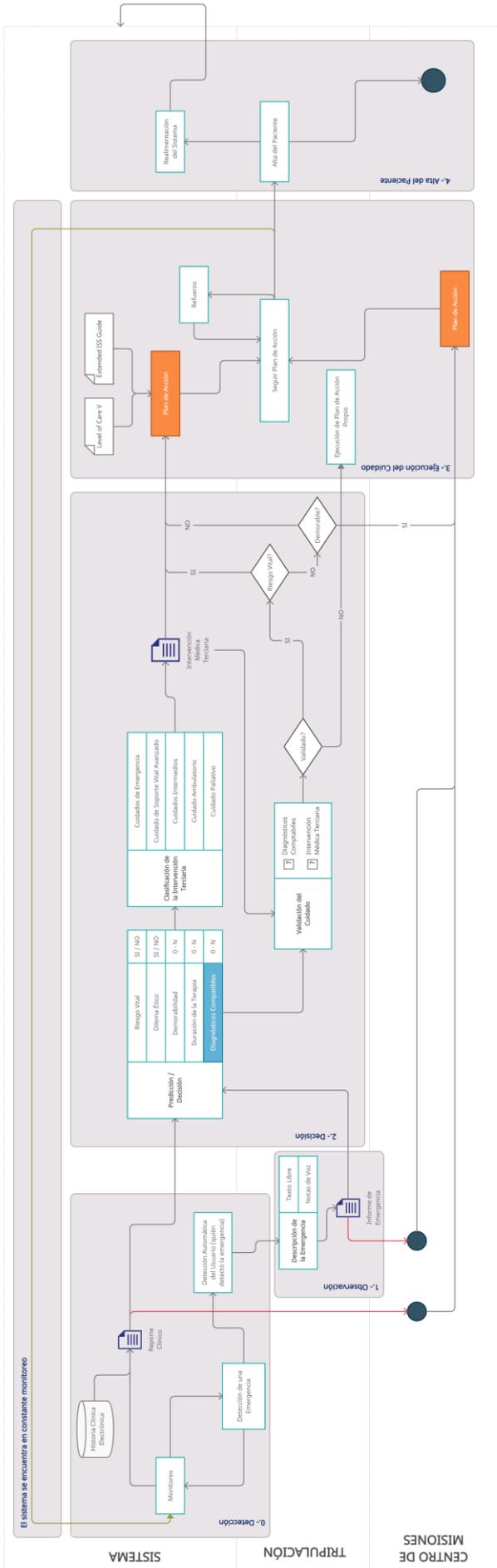
- 13 Hassenzahl M. User Experience (UX): Towards an experiential. In Conference on . l'Interaction Homme-Machine; 2008; New York. p. 11-15.
- 14 Santoso HB, Schrepp M. The impact of culture and product on the subjective . importance of user experience aspects. Heliyon. 2019 Septiembre; 5(9).
- 15 Ferreira J, Noble J, Biddle R. Agile Development Iterations and UI Design. In Agile . 2007; 2007. p. 50-58.
- 16 Arnowitz J, Arent M, Berger N. Effective Prototyping for Software Makers. 1st ed.: . Elsevier; 2010.
- 17 Seffah A, Donyaee M, Kline RB, Padda HK. Usability measurement and metrics: A . consolidated model. Software Quality Journal. 2006 Junio; 14(2).
- 18 National Aeronautics and Space Administration. NASA Task Load Index. [Online].; . 2020 [cited 2021 Julio 29. Available from: <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/>.
- 19 Altexsoft software r&d engineering. altexsoft. [Online].; 2020 [cited 2021 Julio 24. . Available from: <https://www.altexsoft.com/blog/clinical-decision-support-systems/>.
- 20 Philips Healthcare. Horizon Trends. [Online].; 2019 [cited 2021 Junio 21. Available . from: <https://www.philips.es/healthcare/product/HCNOCTN172/horizon-trends-pantalla-de-medicin-de-tendencia>.
- 21 Philips Healthcare. ProtocolWatch. [Online].; 2019 [cited 2021 Julio 10. Available . from: <https://www.philips.es/healthcare/product/HCNOCTN174/protocolwatch-campaa-para-sobrevivir-a-la-septicemia>.
- 22 IBM. IBM Watson Assistant. [Online].; 2020 [cited 2021 Julio 29. Available from: . <https://www.ibm.com/watson/health/resources/evaluating-clinical-decision-support-solutions/>.
- 23 Biomedical Data Science Laboratory. IBIME. [Online].; 2020 [cited 2021 Julio 29. . Available from: <https://ibime.webs.upv.es/>.
- 24 APD Soluciones. Software de Gestión de Emergencias. [Online].; 2021 [cited 2021 . Agosto 15. Available from: <https://gapd.es/es/software-gestion-emergencias>.
- 25 National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC. NASA SPACE . FLIGHT HUMAN-SYSTEM STANDARD VOLUME 2: HUMAN FACTORS, HABITABILITY, AND ENVIRONMENTAL HEALTH. 2015 Febrero.

- 26 SpaceX. SpaceX Dragon. [Online].; 2021 [cited 2021 Agosto 12. Available from: <https://www.spacex.com/vehicles/dragon/>].
- 27 Cooper A. The Inmates Are Running the Asylum: Why High Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity (2nd Edition): Pearson Higher Education; 2004.
- 28 Cooper A, Reimann R, Cronin D. About Face 3: The Essentials of Interaction Design: John Wiley & Sons; 2012.
- 29 Junior PTA, Filgueiras LVL. User modeling with personas. In CLIHC '05; 2005; Nueva York. p. 277–282.
- 30 Chang Yn, Lim Yk, Stolterman E. Personas : From Theory to Practices. In Nordic conference on Human-computer interaction; 2008; Lund. p. 439-442.
- 31 Maguire M. Context of Use within usability activities. International Journal of Human-Computer Studies. 2001 Octubre; 55(4).
- 32 Rosenbaum MS, Losada Oltra M, Contreras Ramírez G. How to create a realistic customer journey. Business Horizons. 2017 Octubre; 60.
- 33 Attarha M, Modiri N. Focusing on the importance and the role of requirement engineering. In The 4th International Conference on Interaction Sciences; 2011; Busan. p. 181-184.
- 34 National Aeronautics and Space Administration. Apollo 11 Mission Overview. [Online].; 2019 [cited 2021 Julio 27. Available from: https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo11.html].
- 35 National Aeronautics and Space Administration. Skylab - America's First Space Station. [Online].; 2017 [cited 2021 Julio 27. Available from: https://www.nasa.gov/mission_pages/skylab].
- 36 National Aeronautics and Space Administration. Space Shuttle Era. [Online].; 2017 [cited 2021 Julio 27. Available from: https://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/flyout/index.html].
- 37 SUPERCLUSTER. SUPERCLUSTER Astronauts. [Online].; 2020 [cited 2021 Agosto 18. Available from: <https://www.supercluster.com/astronauts?sort=&ascending=false&life%20form=human&>].
- 38 Organización Internacional de Normalización. SQuaRE — System and Software Quality Requirements and Evaluation. 2005.

- 39 Díaz Ramiro E, Rubio Valdehita S, Martín García J, Luceño Moreno L. Estudio . Psicométrico del Índice de Carga Mental NASA-TLX con una Muestra de Trabajadores Españoles. Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones. 2010 Diciembre; 26(3).
- 40 Virgin. Virgin Galactic. [Online].; 2020 [cited 2021 Agosto 24. Available from: . <https://www.virgingalactic.com/>.
- 41 British Columbia Health Link. Tertiary Prevention. [Online].; 2016 [cited 2021 . Septiembre 1. Available from: <https://www.healthlinkbc.ca/physical-activity/tertiary-prevention>.

9. Anexos

ANEXO 1: Journey Map



Plan de Acción

El detalle del Plan de Acción dependerá del tipo de Usuario que está atendiendo la emergencia.

- Paso a paso, que describe minuciosamente la ejecución del cuidado.
- Ejecutivo, que describe el cuidado para una persona con conocimientos médicos.

El Plan de Acción ofrece asistencia y refuerzo visual y acústico.



ANEXO 2: Wireframes



ANEXO 3: Diseño gráfico

MEDEA
CENSA DECISION SUPPORT SYSTEM

MEDEA

Félix C. Mendoza
PILOT

RESUMEN

Tuercas 150 rpm - Fiebre 42°C
Pulso 144 regular
Español - Nivel 1 - Subtitulos

Ver y gestionar la emergencia

MEDEA

Félix C. Mendoza
PILOT

HISTORIA CLINICA

CONSENTES VITALES
188 ppm - 170/90
38.5 °C

Ver y gestionar la emergencia

MEDEA

Félix C. Mendoza
PILOT

SINTOMAS

Taquicardia
Fiebre

HISTORIA CLINICA

Aumento de peso
Hipertensión

Describe una reacción en tu piel, sobre todo por las piernas y el pecho. Tienen una apariencia anormal y roja.
Se le ven los labios inflamados y se queja de escalofríos.

Reproducir grabación

Detalla para verificar emergencia

MEDEA

Félix C. Mendoza
PILOT

SINTOMAS

Taquicardia
Fiebre

HISTORIA CLINICA

Aumento de peso
Hipertensión

Describe la emergencia detallando el estado físico del paciente...

Reproducir grabación

Detalla para verificar emergencia

MEDEA

Félix C. Mendoza
PILOT

SINTOMAS

Taquicardia
Fiebre

HISTORIA CLINICA

Aumento de peso
Hipertensión

Se ha registrado un ritmo cardíaco de 128 ppm
En los últimos 4 días el paciente ha aumentado 2.5kg
Se registra temperatura corporal de 38.7°C
Estado físico similar por hipertensión labial materna, abuelo paterno

Detalla para verificar la emergencia

MEDEA

Martha K. Wilson
COMMANDER

Félix C. Mendoza
PILOT

Ruth C. Frantilla
COP - MEDICAL COMMANDER

Roger C. Haskell
MISSION SPECIALIST

Detalla para seleccionar Puntos

MEDEA

Martha K. Wilson
COMMANDER

Félix C. Mendoza
PILOT

Ruth C. Frantilla
COP - MEDICAL COMMANDER

Roger C. Haskell
MISSION SPECIALIST

Detalla para seleccionar Puntos

MEDEA

ANTON REGULAR 144 - 50% - MEDEA
LATO REGULAR 72 - 30% - MEDEA SUBTITULO
Lato Bold 48 - Titulos
Lato Regular 36 - Texto Nivel 1
Lato Regular 24 - Texto Nivel 2
Lato Regular 24 - Texto Nivel 3



Diseño de interfaces gráficas centradas en el usuario para la interacción de la tripulación con sistemas de ayuda a la decisión médica durante misiones espaciales

