



Universidad Autónoma de Querétaro
 Facultad de Ingeniería
 Maestría en Diseño e Innovación

Diseño de Sistema Interactivo Basado en Interfaces Tangibles de Usuario para la Manipulación de Información aplicado a la Divulgación Científica

Opción de titulación
Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Maestría en Diseño e Innovación Lt. Diseño Estratégico

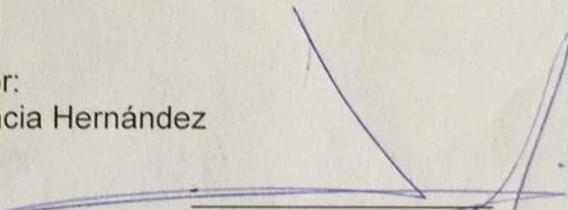
Presenta:

M. A. José Antonio Velázquez Solís

Dirigido por:

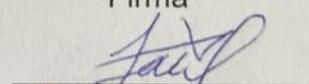
M. D. I. José Aldo Valencia Hernández

M. D. I. José Aldo Valencia Hernández
 Presidente



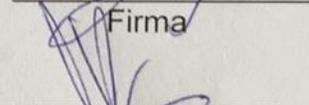
Firma

Dr. Saúl Tovar Arriaga
 Secretario



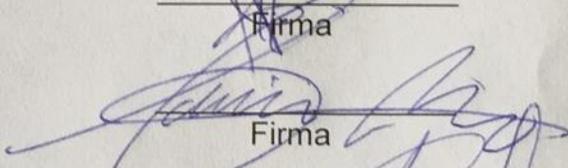
Firma

M. D. Cecilia Arredondo Piña
 Vocal



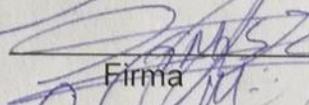
Firma

M. en C. Adriana Rojas Molina
 Suplente

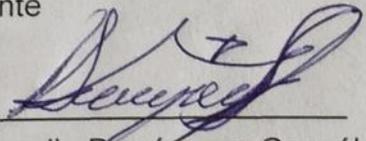


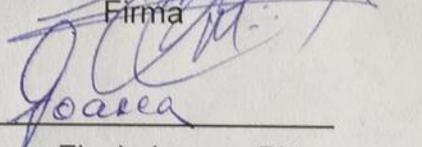
Firma

Dr. Genaro Martín Soto Zarazúa
 Suplente



Firma


 Dr. Aurelio Domínguez González
 Director de la Facultad


 Dr. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
 Directora de Investigación y Posgrado

RESUMEN

El presente proyecto de investigación consiste en el desarrollo de un Sistema Interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario con la finalidad de divulgar contenido Científico y conocimiento del Medio Ambiente en el contexto de un museo. El estudio se basó principalmente en cuatro temáticas; en primer lugar se realizó un análisis de la Educación Ambiental y la Divulgación de las Ciencias en el contexto de la Educación No Formal; en segundo lugar se evaluó el papel del Museo como Herramienta de Divulgación Científica y un espacio de Educación Ambiental; en tercer lugar se exploraron conceptos referentes al Ser Humano y los Sistemas interactivos; y finalmente en cuarto lugar se evaluó el papel del Diseño de la Experiencia del Usuario y el Diseño Centrado en el Usuario para la creación de un Sistema Interactivo. La metodología aplicada en desarrollo de esta investigación se basó en el estándar internacional para el Diseño de Sistemas Interactivos centrado en el Usuario; dicha metodología consistió en cinco grandes pasos: la planeación del proceso centrado en el usuario, el entendimiento y especificación del contexto de uso, la especificación del usuario y los requerimientos del proyecto, la producción de soluciones de diseño y la evaluación de diseño contra los requerimientos. Como resultado del estudio, se pudo concluir que el uso de las Interfaces Tangibles de Usuario en un Sistema Interactivo permite mejorar cuantitativamente la experiencia del usuario al interactuar con dicho sistema, aumentando su nivel de interés mediante el uso de objetos físicos como mecanismo de manipulación de la información referente al Medio Ambiente.

(Palabras clave: guía, referencia, tesis)

SUMMARY

This research consists in the development of an Interactive System based on Tangible User Interfaces with the aim of Scientific Divulcation and knowledge of the Environment in the context of a museum. The study was based primarily on four áreas of interest; firstly an analysis of the Environmental Education and Dissemination of Science in the context of Non Formal Education was performed; Secondly the role of the museum as a tool for Scientific Divulcation and space for Environmental Education was assessed; Third concepts regarding Human Being and Interactive Systems were explored; Fourth and finally the role of User Design Experience and User Centered Design to create an Interactive System Design were assessed. The methodology used in this research was based on the international standard for Human-Centred Design for Interactive Systems; this methodology consisted of five major steps: planning process focused on the user, understanding and specification of the context of use, the specification of the user and project requirements, production design solutions and evaluating design against requirements . As a result of the study, it was concluded that the use of Tangible User Interfaces in an Interactive System allows quantitatively improve the User Experience when interacting with the system, increasing their levels of interest by using physical objects as handling mechanism for exploring information concerning Scientific Information and the Environment.

(Key words: guide, references, thesis)

DEDICATORIAS

A Dios por estar siempre presente en mi vida

A Alex, por su sencillo coraje de amarme en las buenas y en las malas

A mi madre, la señora Rosalba por su enorme cariño y esperanza que siempre ha depositado en mí

A mi padre, el señor Antonio por ser mi maestro en el camino de la vida, por todo su esfuerzo en apoyarme incondicionalmente

A mi hermano Héctor por ser la manifestación tangible de que Dios existe

A mis hermanos Guillermo y Gaby por ser los primeros amigos en mi vida

A mis amigos y amigas

Y a todas aquellas personas conocidas y anónimas, por contribuir en mi perfeccionamiento como ser humano

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haber dado soporte al desarrollo de los estudios de maestría que originan la presente investigación. Quiero dar las gracias también, a la Universidad Autónoma de Querétaro que a través de las Facultades de Ingeniería, Informática, Filosofía y Ciencias Naturales por su apoyo irrestricto e institucional en el desarrollo de la presente tesis. Agradezco al Biólogo Armando Bayona Celis del Centro Queretano de Recursos Naturales perteneciente al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, por su apoyo desinteresado al proveer material de investigación de primer nivel. Agradezco también el apoyo recibido por parte de la convocatoria de Proyectos Especiales de Rectoría 2014 y el equipo conformado por Pablo, Aramis, Alex y Daniel por ser el factor de éxito en la realización de este proyecto. Deseo agradecer también al Mtro. Víctor Mendoza de Logielab por su invaluable asesoría en el desarrollo de la interfaz de usuario. Reconozco también a la Dr. Lourdes Somohano Martínez por haberme brindado la oportunidad de participar en el proyecto interdisciplinario del Fondo Mixto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología titulado “Modelo integral para el desarrollo social a través del turismo cultural comunitario en la Sierra Gorda queretana”. También quiero manifestar mi reconocimiento a la bióloga Zurishadai Ortiz Guillemín y a la historiadora Cristina Quintanar por compartir sus invaluable trabajos de investigación de la Sierra Gorda, que permitieron enriquecer esta investigación. Agradezco al Dr. Narciso Barrera Bassols por compartir su amplio conocimiento sobre la etnobiología. Quiero agradecer muy especialmente a la museógrafa Rosa Estela Reyes García por haber confiado en esta propuesta de proyecto, al compartir su experiencia y entusiasmo con las nuevas generaciones, a ella MUCHAS GRACIAS. Por último y no menos importante, quiero agradecer al Lic. Cesáreo Jasso Márquez, a Don Aquileo y a Doña Aquilina, de la comunidad de San Pedro Escanela, por otorgar su confianza y abierto las puertas de su comunidad y de su Museo Comunitario de San Pedro Escanela.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	1
ÍNDICE DE FIGURAS	3
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1 Definición del problema	6
1.2 Diagnóstico	7
1.3 Objetivos	9
1.4 Hipótesis	9
1.5 Preguntas de investigación	9
1.6 Justificación	10
1.7 Organización de la tesis	11
CAPÍTULO 2: LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y LA DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS EN EL CONTEXTO DE LA EDUCACIÓN NO FORMAL	13
2.1 Educación	13
2.2 Educación No Formal	15
2.3 La Educación Ambiental y su vínculo con la Educación No Formal	18
2.4 El papel de la Divulgación de las Ciencias en la Educación Ambiental	22
CAPÍTULO 3: EL MUSEO COMO HERRAMIENTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y ESPACIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	25
3.1 El concepto de Museo	25
3.2 Museos de Ciencias Naturales	28
3.3 Los Museos Interactivos	30
CAPÍTULO 4: EL SER HUMANO Y LOS SISTEMAS INTERACTIVOS	33
4.1 El ser humano y las capacidades relacionadas con el uso de las computadoras	33
4.2 Interacción Humano-Computadora	42
CAPÍTULO 5: EL DISEÑO DE LA EXPERIENCIA DEL USUARIO Y EL DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO PARA LA CREACIÓN DE SISTEMAS INTERACTIVOS	50
5.1 Experiencia del Usuario	50
5.2 Diseño Centrado en el Usuario (HCD)	53
CAPÍTULO 6: METODOLOGÍA	56
6.1 Contextualización	56
6.2 Desarrollo de la metodología	61

CAPÍTULO 7: RESULTADOS	75
7.1 Planeación del proceso de Diseño Centrado en el Usuario	75
7.2 Entendimiento y especificación del contexto de uso.....	76
7.3 Especificación del usuario y los requerimientos del proyecto	81
7.4 Producción de soluciones de diseño	91
7.5 Evaluación de diseño contra requerimientos	101
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES.....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	129
ANEXOS	144

ÍNDICE DE TABLAS

1 Teorías de la Educación No Formal (Elaboración propia en base a Montero, 2011)	17
2 Funciones y programas de la Educación No Formal (Trilla, 1992).....	18
3 Hitos de la Educación Ambiental en el mundo (en base a Araujo y Cruz, 2010)	19
4 Congresos Iberoamericanos de Educación Ambiental (Elaboración propia en base a Zavala y García, 2003)	21
5 Museo Tradicional y Museo Moderno (elaboración propia en base a Shouten, 1987)	26
6 Tipos de inteligencia, elaboración propia en base a Sparacino (2004)	31
7 Niveles de comunicación (Zavala, 1993).....	32
8 Componentes de la memoria	40
9 Dimensiones en la percepción de productos interactivos (elaboración propia en base a Hassenhahl, 2008)	51
10 Dimensiones del producto y del usuario (elaboración propia en base a Provost y Robert, 2013).....	51
11 Diversas aproximaciones del Diseño Centrado en el Usuario (elaboración propia en base a Steen, Kuijt-Evers y Klok, 2007)	55
12 Criterios de evaluación seleccionados para el Pugh Chart	67
13 Participantes de la planeación del proceso	75
14 Guía de observación AEIOU	79
15 Análisis detallado de las partes involucradas	81
16 Mapeo inicial de las partes interesadas de la comunidad	83
17 Mapeo de funciones operativas.....	84
18 Unidad de procesamiento y detección	85
19 Plataforma de detección y visualización.....	87
20 Interfaz Tangible de Usuario	88
21 Tabla de definición de requerimientos de usuario	89
22 Tabla de requerimientos de usabilidad.....	90
23 Unidades temáticas finales.....	94

24 Análisis de preguntas de apartado de Reacciones Generales del cuestionario QUIS	107
25 Análisis de preguntas del apartado de Pantalla del cuestionario QUIS.....	109
26 Análisis de las preguntas relacionadas a la Terminología e Información del sistema del cuestionario QUIS	110
27 Análisis de los resultados de evaluaciones del Aprendizaje del cuestionario QUIS	112
28 Análisis de los resultados de las evaluaciones respecto a las Capacidades del Sistema del cuestionario QUIS.....	114
29 Análisis de la evaluación de la Usabilidad e Interfaz Gráfica del cuestionario QUIS	116
30 Análisis de la evaluación de las Características Físicas del Sistema del cuestionario QUIS	118
31 Comparativa de Aspectos Negativos y Aspectos Positivos derivados del cuestionario QUIS	119

ÍNDICE DE FIGURAS

1 Elementos que conforman a la Educación No Formal (Elaboración propia en base a Torres, 2007).	16
2 Estructura Neurológica de la Emoción, en base a (LeDoux, 1998)	35
3 Pirámide de Maslow (1968)	36
4 Rueda de la Emoción (Plutchik, 1980)	37
5 Estructuración de la memoria	38
6 Modelo revisado de Baddeley (2000) sobre la Memoria a corto plazo	39
7 Representación del modelo de Broadbent (Pollatsek & Rotello, 2007)	41
8 La metáfora del Icerberg (MIT Media Lab, 2015)	46
9 Esquema conceptual de las Interfaces Tangibles de Usuario (Hiroshi, 2008)	47
10 Consideraciones para el desarrollo de TUI (en base a Horn, Solovey y Jacob, 2008)	49
11 Diseño de la UX (elaboración propia en base a Saffer, 2008)	53
12 Etapas de la metodología (elaboración propia en base a AENOR, 2000)	60
13 Diagrama de flujo	80
14 Imagen de un código fiduciario	91
15 Guion gráfico de la experiencia deseada	92
16 Propuesta iconográfica final	96
17 Propuesta de diseño seleccionada mediante Pugh Chart	97
18 Propuesta de prototipo MockUp seleccionada mediante Pugh Chart	97
19 Simulación de interacción mediante software	98
20 Muestra del ambiente de desarrollo en Unity conectado a reactIVision	99
21 Primer prototipo en operación	100
22 Segunda versión del prototipo, propuesta 2	101
23 Grupos de edad de usuarios a los que solo se les demostró el sistema	104
24 Grupos de edad de usuarios que tuvieron una interacción directa con el sistema	105
25 Grupo de usuarios por género a los que solo se les demostró el sistema	105

26 Grupo de usuarios por género que tuvieron interacción directa con el sistema	106
27 Reacciones generales del cuestionario QUIS	106
28 Evaluación de Pantalla del cuestionario QUIS	108
29 Evaluación de la Terminología e Información del Sistema del cuestionario QUIS	110
30 Evaluación del Aprendizaje del cuestionario QUIS	112
31 Evaluación de las Capacidades del Sistema del cuestionario QUIS	114
32 Evaluación de la Usabilidad e Interfaz Gráfica del cuestionario QUIS	116
33 Evaluación de las Características Físicas del Sistema del cuestionario QUIS	117

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, nos enfrentamos a una gran disyuntiva, seguir con el desarrollo científico y tecnológico que nos ha permitido resolver los grandes problemas de la humanidad, pero que al mismo tiempo ha producido una devastación en el ambiente natural; o reenfocar nuestros esfuerzos para hacer uso de la ciencia y la tecnología para propiciar un desarrollo ordenado y sustentable cuidando el ambiente natural que nos da sustento como seres vivos.

La ciencia y la tecnología nos ha permitido hacer cosas que se pensó nunca serían posibles, pero también, ha producido una disparidad al alejarnos de nuestro entorno natural. Cada vez son menos las ocasiones en que levantamos la mirada y nos permitimos apreciar el entorno natural que nos rodea. Ahora somos capaces de saber lo que sucede al otro lado mundo, pero desconocemos lo que sucede en nuestra comunidad, en nuestros bosques, en nuestros ríos y montañas.

El papel del conocimiento humano para resolver los problemas más grandes, debería operar en beneficio de la humanidad y no al contrario. En la presente investigación, se pretende mostrar que es posible aplicar la tecnología en mejorar la experiencia de conocer sobre el ambiente natural, buscando contribuir al desarrollo de nuevos medios para dicho proceso.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“Enfrentarse, siempre enfrentarse, es el modo de resolver el problema. ¡Enfrentarse a él!”

Joseph Conrad – Novelista británico

1.1 Definición del problema

El planeta “se encuentra en el fondo de una severa crisis de diversidad natural y cultural” que son amenazadas por “las tendencias de –progreso- y –modernización- bajo el esquema de desarrollo fundamentado en principios como la competencia, la especialización, la hegemonía y la uniformidad. Bajo estos paradigmas de la racionalidad económica y tecnológica... la diversidad es percibida como un problema” (Toledo & Barrera-Bassols, 2008). Dichos esquemas y formas de “vivir, pensar, producir, valorar, utilizar, contaminar” son el resultado directo del desarrollo social e histórico, el modelo actual de desarrollo le da prioridad a una economía que ya no es sustentable y que es injusta socialmente, situación que se vuelve aún más grave debido a la codicia de los sectores privados y públicos por “el agua, el suelo, la tierra, el bosque, los minerales, las bellezas escénicas” (Martínez, 2010).

Frente a la crisis y deterioro del Medio Ambiente como consecuencia de la sociedad que sigue creciendo sin parar, “nos encontramos con propuestas educativas, fomentadas por las administraciones, que introducen la transversalidad y la educación en valores en pleno desarrollo del neoliberalismo más salvaje, lo que llega a que no se cuestiona el “agente” causante de estos efectos indeseables, la raíz de los problemas; en cambio se desvía la atención hacia sujetos sometidos, sobre los que recae la responsabilidad de mejorar el sistema” (Yus, 1998).

Los planes y programas impartidos en las instituciones de educación estructurada (Aguilar, 2003), no logran dar respuesta a la inminente necesidad de cuidar y proteger el ambiente natural que nos rodea, dichas instituciones están rebasadas por las problemáticas “sociales, culturales, políticas y económicas nacionales e internacionales” (De Alba, 1998) y el constantes cambio tecnológico (Castells, y otros, 1994).

Actualmente se vive “una seria y peligrosa crisis cultural y educativa” que requiere “respuestas pedagógicas que impidan el desarrollo de una sociedad deprimida y pobre”, y que ante dicho escenario, “no falta quienes se preguntan por qué nuestros museos no se llenan y por qué no se convierten en un lugar educativo y cultural” (Álvarez, 2008). Lo anterior podría explicarse debido a que en el museo aún “prevalecen miradas muy tradicionales y cerradas sobre lo que puede o debe hacer un museo al respecto” (Maceira, 2008).

Ante este escenario aquellos museos con poco o nulo dinamismo, se apartan de los círculos de esparcimiento y oferta en la educación del país o localidad en la que se encuentran, quedando atrapados en una problemática de nula proyección, falta de reconocimiento y poco financiamiento (Herrero, 2000). Lo anterior, obliga a que el museo construya una profunda interacción con el entorno en el que está inmerso, que permita producir en el visitante un mayor impacto basado en experiencias significativas (CEAPRC, 2014).

Aunado a lo anterior, la Divulgación de las Ciencias presenta carencias en diversas áreas, centradas principalmente en la falta de mecanismos y herramientas, originados por la carencia de inversión económica para el desarrollo de materiales e instalaciones, la ignorancia del proceso de enseñanza-aprendizaje, las dificultades para explorar la gran cantidad de contenidos académicos, un mayor enfoque en otras disciplinas como las matemáticas o el español y la no vinculación entre el Medio Ambiente y la vida cotidiana (García-Ruiz & Orozco, 2008).

1.2 Diagnóstico

A nivel mundial, el planeta enfrenta una devastación de grandes proporciones a pesar del progreso en las áreas de la salud y el Medio Ambiente, la situación se aproxima a un desastre global; el daño es de tales proporciones, que por un lado, los individuos y las comunidades son los que enfrentan las consecuencias directas de la destrucción local, y por otro lado, las personas son afectadas en todo el planeta por los cambios regionales y globales (Hallstorm, 2000).

A nivel latinoamericano, el estudio “La Educación Ambiental en América Latina: rasgos, retos y riesgos” (González & Puente, 2011) encontró que solo el 17.7% de los proyectos de Educación No Formal están orientados a la conservación del patrimonio natural y cultural de las comunidades, y que uno de los principales obstáculos para la realización de proyectos de este tipo es la falta de financiamiento con un 29%, seguido por la carencia de apoyo de las autoridades con un 21% y la resistencia al cambio con un 19%, entre otros.

Por otra parte, y debido a la limitada interacción que los espacios de Educación Formal presentan al momento de la exploración con el contenido científico, aproximadamente el 80% de los estudiantes de nivel básico a nivel Latinoamérica no logran desarrollar las capacidades mínimas de entendimiento de temas referentes a las Ciencias Naturales y el entorno, (OREALC/UNESCO y LLECE, 2009).

En particular, de los 129 museos de ciencia y tecnología presentes a nivel nacional se encontró que “su situación actual rebasa las expectativas con las que fueron creados y los objetivos que han desarrollado al paso del tiempo” (CONACULTA, 2012).

A nivel local, el Sistema de Información Cultural (CONACULTA, 2013) muestra que en la actualidad existen 22 espacios museográficos a nivel estatal y 7 a nivel municipal, enfocados principalmente a temas artesanales, artísticos, históricos, arqueológicos, agropecuarios, gastronómicos y matemáticos; ninguno de los cuales trata temas relacionados con el Medio Ambiente, además de que dichos museos solo cuentan con mecanismos tradicionales de interacción que no incorporan los últimos descubrimientos en la materia.

1.3 Objetivos

A continuación se presentan los objetivos general y particular del presente estudio.

General

Diseñar y desarrollar un sistema interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario que permita mejorar la Experiencia del Usuario al interactuar con contenido científico y ambiental en un Museo.

Particulares

- 1) Conocer los modelos, técnicas y metodologías para el desarrollo de un Sistema Interactivo
- 2) Identificar las principales categorías de información de las personas de la comunidad con el fin de que sean incluidas en el sistema interactivo de un museo
- 3) Identificar las formas de representación más adecuadas de acuerdo a los intereses de la comunidad a fin de desarrollar las alternativas de solución
- 4) Diseñar y desarrollar un prototipo de un sistema interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario, que mejore la experiencia del usuario respecto al contenido de interés de determinada comunidad

1.4 Hipótesis

“El diseño y desarrollo de un Sistema Interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario, permitirá mejorar la experiencia del usuario al interactuar con contenido científico y ambiental, en un museo; fomentando el conocimiento sobre una comunidad en específico”

1.5 Preguntas de investigación

A continuación se presentan las preguntas de investigación que se pretenden responder en el presente estudio:

1. ¿Cuáles son las oportunidades de innovación en la interacción con contenido científico y ambiental basado en Interfaces Tangibles de Usuario, con el fin de mejorar la experiencia del usuario en un museo?
2. ¿Cuáles son las categorías de información que se pueden incluir en el desarrollo de un Sistema Interactivo?
3. ¿Cuáles son las formas de representación más adecuadas que permitan atender los intereses de la comunidad?
4. ¿Cuáles son los requerimientos que debe de tener un prototipo de un Sistema Interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario?

1.6 Justificación

Correa & Ibáñez (2005) afirman que “la programación didáctica, la integración de las nuevas tecnologías y la presencia del museo puede y debe ser una importante fuente de recursos para la enseñanza y el aprendizaje...y no ha de bastar con hacer el esfuerzo de renovación e inversión que ello supone, sino que si queremos avanzar hacia un modelo de desarrollo, debe ofrecer un diseño coherente con un modelo de aprendizaje basado en la investigación y la construcción activa del conocimiento”.

La integración de tecnologías computacionales del tipo Interfaz Tangible de Usuario en los museos, ha permitido que las exhibiciones que se basan en la interacción y la manipulación –de la información- sean beneficiadas alcanzar todo tipo de visitantes. Solo las exhibiciones interactivas y manipulables han tenido éxito en la participación de todo tipo de visitantes independientemente de su edad e intereses. De este modo también se ha logrado exponer al visitante a contenidos temáticos novedosos, incluyendo a personas mayores, permitiendo cruzar el umbral de la interacción con una computadora facilitando la atención de una variedad de grupos de visitantes estímulo del interés en temas poco familiares (Hornecker & Stifter, 2006).

El presente proyecto de investigación, busca contribuir en el área del diseño de Sistemas Interactivos basados en Interfaces Tangibles de Usuario, mediante la

identificación de los rasgos y características necesarios para mejorar la Experiencia del Usuario en el museo.

1.7 Organización de la tesis

Las temáticas de la presente investigación, están organizadas de forma que se va guiando al lector respecto a los temas aquí presentados.

En el capítulo 2, titulado “La educación Ambiental y la Divulgación de las Ciencias en el contexto de la Educación No Formal”, se define el concepto de educación y sus tipos de educación. A continuación se analiza con detenimiento la Educación No Formal. Posteriormente se aborda la importancia de la Educación Ambiental en el contexto de la Educación No Formal y su vínculo con la Divulgación de las Ciencias, y de la utilización del Sendero Interpretativo Ambiental como herramienta de Divulgación Científica y conocimiento del Medio Ambiente.

En el capítulo 3, titulado “El Museo como herramienta de Divulgación Científica y espacio de Educación Ambiental” especifica el concepto de museo, sus tipos y sus categorías. Posteriormente se presentan algunas definiciones sobre del Museo de Ciencias Naturales y los Museos Interactivos, para continuar con la exploración del papel que tiene la interactividad dentro de estos recintos, los modelos de interacción y los niveles de comunicación.

En el capítulo 4, titulado “El Ser Humano y los Sistemas Interactivos”, se establecen las capacidades del Ser Humano relacionadas con el uso de las computadoras para después definir el Interacción Humano-Computadora y sus modalidades. Finalmente se presenta información relativa al uso de las Interfaces Tangibles de Usuario y su aplicación en el museo.

En el capítulo 5, titulado “El diseño de la Experiencia del Usuario y el Diseño Centrado en el Usuario para la creación de Sistemas Interactivos”, se analiza la literatura relacionada con la Experiencia del Usuario y sus definiciones, así como la forma de evaluación de las Interfaces Tangibles de Usuario. Posteriormente se

describen las diversas disciplinas relacionadas con el Diseño de la Experiencia, para finalmente presentar las definiciones y conceptos del Diseño Centro en el Usuario.

En el capítulo 6, titulado “Metodología” se presenta el plan de acción global para el proyecto de investigación.

En el capítulo 7, titulado “Resultados” se presentan las derivaciones de la aplicación de la metodología planteada en el capítulo anterior, realizando un análisis descriptivo de los hallazgos cualitativos y cuantitativos.

En el capítulo 8, titulado “Conclusiones y reflexiones” se presentan las conclusiones a las que se llegó en el presente estudio, mediante una discusión de los resultados. Finalmente se hace una reflexión global sobre la investigación y trabajo futuro derivado del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO 2: LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y LA DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS EN EL CONTEXTO DE LA EDUCACIÓN NO FORMAL

“El peligro radica en que nuestro poder para dañar o destruir el medio ambiente, o al prójimo, aumenta a mucha mayor velocidad que nuestra sabiduría en el uso de ese poder”

Stephen Hawking – Físico Teórico

Tradicionalmente, a las escuelas, institutos, colegios y universidades, que van desde nivel básico hasta nivel superior se les ha considerado como una de las principales fuentes de aprendizaje y conocimiento en nuestra sociedad. A este tipo de enseñanza se le ha conocido como Educación Formal por ser fundamentalmente estructurada, sujeta a tiempos y que responde a un paradigma que constantemente enfrenta nuevos retos, debido al surgimiento de nuevas problemáticas ambientales, sociales y culturales.

De los distintos tipos de educación, la Educación No Formal caracterizada por facilitar la adquisición de nuevo conocimiento en ámbitos flexibles pero estructurados como las bibliotecas, los parques y los museos; ha permitido subsanar algunas de las deficiencias que presenta la Educación Formal al beneficiarse de áreas del conocimiento como la Educación Ambiental, mediante estrategias de Divulgación Científica formales.

2.1 Educación

“La educación es, tal vez, la forma más alta de buscar a Dios”

Gabriela Mistral – Poeta, pedagoga y feminista

La educación no es sólo aquella que se presenta en las instituciones tradicionales de enseñanza. También, se puede encontrar en ambientes no formales e informales

más insospechados, que por su carácter flexible y abierto, permite estimular y generar nociones de gran relevancia inherentes al mundo en el que vivimos.

Definición de Educación

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2004) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (2014), se entiende por educación a “la comunicación organizada y sustentada para producir aprendizaje” más ampliamente definida como:

- 1) Comunicación: involucra la transferencia de información (mensajes, ideas, conocimiento, estrategias, etc.) entre dos o más personas.
- 2) Comunicación “Organizada”: significa que plantea un modelo o patrón, con propósitos o programas de estudios plenamente establecidos. Esto debe de involucrar a una agencia o medio educativo que organice la situación del aprendizaje, así como a los maestros dedicados a organizar conscientemente esta comunicación.
- 3) Comunicación “Sustentada”: establece que tiene todos los elementos de duración y continuidad como parte de la experiencia de aprendizaje.
- 4) Aprendizaje: visto como cualquier cambio en el comportamiento, información, conocimiento, entendimiento, actitudes, habilidades y capacidades...

Tipos de Educación

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2010), divide la educación en tres grupos.

- Educación Formal: resultado de las experiencias que se viven en una institución de educación o formación, con objetivos claramente estructurados, horarios y apoyos que conducen a la certificación; siendo intencional para el educando.
- Educación Informal: resultado de las actividades de la vida cotidiana que se relacionan con el trabajo, la familia y el ocio. No es estructurada en su aprendizaje, horarios, y apoyos, tampoco conduce a la certificación; este tipo

de aprendizaje puede ser intencional, pero mayormente es al azar y no intencional.

- **Educación No Formal:** no es ofrecida en instituciones de educación y normalmente no busca certificación, pero es estructurada en términos de objetivos, horarios y apoyo; y desde el punto de vista del educando es intencional.

El concepto de Educación No Formal será uno de los pilares en los que se basará la presente investigación por incorporar conceptos que permiten al individuo tener una aproximación del conocimiento de una forma menos rígida, atractiva y asequible.

2.2 Educación No Formal

“La primera tarea de la educación es agitar la vida, pero dejarla libre para que se desarrolle”

María Montessori – Educadora, científica, antropóloga y filósofa

La Educación No Formal, permite abrir las puertas del claustro que la Educación Formal en ocasiones representa, su carácter abierto y flexible permite tocar amplias áreas de influencia en la vida del Ser Humano y de las comunidades en las que éste se desenvuelve. En un mundo de retos globales y problemáticas locales, la Educación No Formal, brinda la oportunidad de hacer llegar conocimiento científico y ambiental de una forma fresca y atractiva para una mayor cantidad de personas.

Definiciones de la Educación No Formal

Una de las primeras definiciones de la Educación No Formal, fue la desarrollada por Phillip Coombs en el año de 1972, y que consiste en “toda aquella actividad educativa, organizada, sistemática, realizada fuera del marco del sistema oficial, para facilitar determinadas clases de aprendizaje o subgrupos particulares de la población, tanto adultos como niños”. Este aparente nuevo concepto, encontró un fuerte eco debido a la “incapacidad de la escuela para responder a las necesidades educativas de toda la población” y a “su papel en la reproducción socioeconómica y

cultural” (Sirvent, Toubes, Llosa, & Lomagno, 2006) que reflejaba las crecientes dificultades en el ámbito escolar de la época.

A este respecto, la UNESCO (2014) afirma que “los programas de educación no formal, no se ajustan necesariamente al sistema tradicional de grados, pueden tener diferente duración...y les brindan a los niños y jóvenes sin escolarizar la posibilidad de acceder al aprendizaje organizado, refuerzan su autoestima y les ayudan a encontrar la manera de contribuir a sus comunidades”.

Aspectos básicos en la conducción de estrategias para la Educación No Formal

De acuerdo a Torres (2007), la Educación No Formal, contemplar cinco aspectos básicos para la conducción de una estrategia de acción: propósito, agentes, contenidos y metodologías, espacio y tiempo, y financiación y gestión (ver figura 1).



Figura 1 Elementos que conforman a la Educación No Formal (Elaboración propia en base a Torres, 2007).

Aglutinados los elementos anteriormente mencionados en una estrategia de acción bien definida, la Educación No Formal cuenta con el potencial de ser “global, estar presente en todo momento de la vida de una persona, proyectarse más allá de la

escuela, dirigirse a todos los estratos sociales y reconocer distintos agentes educativos además de la escuela” siempre orientada por los principios de: intercomplementariedad, descentralización, flexibilidad, participación, inmediatez, practicidad y cobertura (Smither, 2006).

Teorías de la Educación No Formal

En el contexto latinoamericano, a la Educación No Formal, se le ha visto tanto como una forma de desarrollo y como una forma de control, de la que Montero (2011) hace una clara división en cuatro teorías fundamentales (ver Tabla 1).

Teoría	Definición
Dependentista	Gran impulso del estado en las áreas de formación, capacitación y conversión cultural. Mayor dependencia del estado y menor participación ciudadana.
Transnacionalista	Importación de modelos educacionales.
De la liberación	Atención a personas analfabetas con una concepción propia de la realidad; y el desarrollo de procesos educativos incluyentes y concientización de la persona para que se contemple así misma como parte del mundo.
Antropológica	Aplicación del proceso pedagógico de la educación en infantes y adolescentes; y el proceso andragógico ¹ de la educación enfocado en adultos y tercera edad.

Tabla 1 Teorías de la Educación No Formal (Elaboración propia en base a Montero, 2011)

Montero y Freire (1973) coinciden en que la teoría Antropológica forma parte de un todo más completo y a largo plazo que permite contribuir directamente en el bienestar de los individuos y comunidades organizadas.

¹ El proceso andragógico de la educación busca atender las necesidades de aprendizaje y perfeccionamiento de los adultos y tercera edad a través de la Educación No Formal, contemplando a la educación como el sendero e instrumento para que cada Ser Humano llegue a su realización (Montero, 2011)

Áreas de acción de la Educación No Formal

Dentro de la Educación No Formal, existen diversas áreas de acción destinadas a buscar el desarrollo profesional, personal o comunitario (ver Tabla 2).

Áreas de acción	Funciones relacionadas	Programas
Desarrollo Profesional	Educación Formal Trabajo	Formación y actualización Capacitación para el empleo
Desarrollo Personal	Ocio y la formación cultural	Alfabetización Nutrición Arte y deporte Recreación
Desarrollo Comunitario	Aspectos de la vida cotidiana y social	Participación ciudadana Medio Ambiente

Tabla 2 Funciones y programas de la Educación No Formal (Trilla, 1992)

Cada una de las áreas de acción, opera en función de los intereses de la persona, que a su vez están organizados en programas que persiguen diversos objetivos que van desde la capacitación para el trabajo, hasta el desarrollo de la participación ciudadana en la comunidad y el cuidado el Medio Ambiente que la rodea.

2.3 La Educación Ambiental y su vínculo con la Educación No Formal

“Ahora que finalmente nos hemos dado cuenta del terrible daño que hemos ocasionado al medio ambiente, estamos extremando nuestro ingenio para hallar soluciones tecnológicas”

Jane Goodall – Naturalista y primatóloga

La Educación Ambiental es una “herramienta en el tratamiento sistémico e interdisciplinar de las ciencias” (Bendala-Muñoz & Pérez-Ortega, 2004); puesto que permite un ambiente adecuado para la teoría presentada en el aula, al contar en primer lugar, con un componente social que es de interés para el alumno y en segundo lugar por la relación que tiene la ciencia y su divulgación con las áreas del conocimiento del tipo experimental. La instrumentación de la Educación Ambiental con un claro enfoque de Divulgación de las Ciencias permite ampliar el panorama que se tiene sobre el entorno, de una forma más cercana y palpable, ya sea

mediante programas específicos de divulgación, o mediante herramientas vivenciales como lo es el Sendero Interpretativo Ambiental.

Orígenes de la Educación Ambiental

A nivel histórico, la obra de Raquel Carson titulada “La Primavera Silenciosa” publicada en el año de 1962, detonó el inicio de un movimiento ecologista que buscaba enfrentar el deterioro ambiental de aquella época (Araujo & Cruz, 2010). Dicha obra, formó parte del primero de los tres grandes periodos que la Educación Ambiental ha experimentado a nivel mundial (ver tabla 3) (Meira, 2002).

El primer periodo, situado entre los años sesenta y setenta, se concentró en las características didácticas relacionadas con el conocimiento del ambiente natural y el aprovechamiento de nuevo conocimiento relacionado con la ecología. El segundo periodo, situado en los años ochenta, estuvo influenciado por el desarrollo de nuevas prácticas pro ambientalistas tanto de las personas como de la sociedad en su conjunto. Y finalmente el último periodo posterior a los años ochenta, que tuvo como rasgos principales la integración de metodologías de tipo ambiental en diversas investigaciones y cuyos resultados fueron aplicados en nuevas políticas y leyes en diversas naciones.

Año	Origen	Hito	Resultado
1967	Francia	Conferencia de la Biosfera	Fundación de las pautas para la incorporación de la Educación Ambiental al sistema Educativo
1971	Francia	Programa sobre el Hombre y la Biósfera	Incorporación del término “ambiental” y creación de la expresión “Educación Ambiental”
1972	Suecia	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano	Proposición de la importancia de la Educación Ambiental para el equilibrio ecológico
1975	Serbia	Programa de Naciones Unidas para el Medio ambiente o PNUMA	Creación del Programa Internacional de Educación Ambiental o PIEducación Ambiental
1975	Serbia	Coloquio Internacional sobre Educación relativa al Medio Ambiente	Definición de los objetivos de la Educación Ambiental

Tabla 3 Hitos de la Educación Ambiental en el mundo (en base a Araujo y Cruz, 2010)

Año	Origen	Hito	Resultado
1977	Georgia	Declaración de Tbilisi	Recomendación para la incorporación de la Educación Ambiental en los sistemas educativos
1987	Noruega	Informe Brundtland	Creación del término “Desarrollo sustentable” por la Dr. Gro Harlem Brundtland, que establece a la educación como un instrumento para desarrollar una conciencia global con acciones locales
1987	Rusia	Congreso Internacional de Educación y Formación sobre el Medio Ambiente	Proposición de un proceso para que los individuos y comunidades desarrollen conciencia de su medio, mediante el aprendizaje de conocimientos, valores, destrezas, experiencia y determinación para actuar como individuos y como colectividad en la solución de problemáticas ambientales
1992	Brasil	Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo o Cumbre de la tierra	Institución de la Declaración de Río, que en su capítulo 36, principio 10 de la agenda 21 junto con el Foro Global ciudadano establece el Tratado de la Educación Ambiental para Sociedades Sustentables y Responsabilidad Global
1997	Grecia	Conferencia sobre el Medio Ambiente y Sociedad: Educación y Sensibilidad para la Educación	Profundización de la estrecha relación entre la Educación Ambiental y el Desarrollo Sostenible
2002	Sudáfrica	Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible	Transformación del mundo para asegurar el Desarrollo Sostenible, definición de implicaciones para: protección del medio, desertificación, agua, agricultura, biodiversidad, educación, bosques, atmósfera, océanos, pantanos, tierras áridas, entre otros.
2004	Estados Unidos de América	Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas	Declaración de la década 2005-2014 como la “Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible”

Tabla 3 Hitos de la Educación Ambiental en el mundo (en base a Araujo y Cruz, 2010) (continuación)

A nivel iberoamericano (Zavala & García, Historia de la Educación Ambiental desde su discusión y análisis en los congresos internacionales, 2003), la Educación Ambiental tuvo sus primeras apariciones en el año de 1992, con la realización del Primer Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental titulado “Una estrategia para el Futuro” y sus subsecuentes versiones (ver tabla 4).

Año	Título
1992	Una estrategia para el futuro
1997	Tras las huellas de Tbilisi
2000	Pueblos y caminos hacia el desarrollo sostenible
2006	Un mundo mejor es posible
2009	La contribución de la educación ambiental para la sustentabilidad planetaria
2014	Educarnos juntos para sustentabilidad de la vida

Tabla 4 Congresos Iberoamericanos de Educación Ambiental (Elaboración propia en base a Zavala y García, 2003)

En México (Bravo, 2003) la investigación de la Educación Ambiental tuvo su primer etapa entre los años 1984 y 1989, con la presentación del “Estudio sobre la incorporación de la dimensión ambiental a la educación superior en México” (Sánchez, 1984) que fue la plataforma para establecer los fundamentos en la materia. La segunda etapa ocurrió entre los años 1990 y 1994, y se enfocó en la ampliación y diversificación de una gran cantidad de investigaciones relacionadas con la Educación Ambiental. La tercera etapa situada entre los años 1995 y 2002, consistió en un periodo de maduración en materia de educación y Medio Ambiente. Otros autores (Calixto, 2012) afirman que del año 2002 a la fecha, nuestro país atraviesa por una cuarta etapa, identificada por la profesionalización, resultado de la cantidad de investigaciones relacionadas con el desarrollo de programas educativos el ámbito ambiental.

Definiciones de Educación Ambiental

La Educación Ambiental es un concepto dinámico y en constante evolución, una de las definiciones más difundidas, fue presentada en Congreso de Moscú (Labrador & Valle, 1995) que afirma que “la educación ambiental es un proceso permanente en el cual los individuos y las comunidades adquieren conciencia de su ambiente, aprenden los conocimientos, los valores, las destrezas, la experiencia y, también, la determinación que les capacite para actual, individual y colectivamente, en la resolución de los problemas presentes y futuros.

Similarmente, Alea (2006) define a la Educación Ambiental como el “sistema de influencias educativas a través del cual se facilitan nuevas informaciones y una

formación social y ética referida al medio ambiente con la finalidad de lograr la adquisición de conocimientos, sensibilización, actitudes y percepciones ambientales positivas por parte de los individuos, y con ello la implementación de comportamientos a favor del medio ambiente”.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) por su parte, define a la Educación Ambiental como “el proceso de reconocer valores y clarificar conceptos con el objeto de desarrollar habilidades y actitudes necesarias para comprender y apreciar las interrelaciones entre el hombre, su cultura y sus entornos biofísicos. Incluye también la práctica en la toma de decisiones y la autoformulación de un código de conducta sobre los temas que se relacionan con la calidad ambiental”, que se caracteriza por el “reconocimiento de las interrelaciones entre la humanidad y los sistemas biofísicos de sustentación en los cuales se desarrolla la vida humana” y por “un intento deliberado para desarrollar habilidades para enfrentar situaciones reales” vinculadas con el medio ambiente (UNESCO-PNUMA, 1990).

De las definiciones citadas, parecen existir elementos coincidentes tales como la capacidad de desarrollar, mediante el aprendizaje sistémico, ciertas capacidades y habilidades en la defensa y conocimiento del Medio Ambiente, reconociendo la importancia del binomio Ser Humano-Entorno Natural.

2.4 El papel de la Divulgación de las Ciencias en la Educación Ambiental

“La divulgación científica tiene éxito si, de entrada, no hace más que encender la chispa del asombro”

Carl Sagan – Astrónomo, astrofísico y comunicador de ciencia

La relación que tienen los estudiantes entre el mundo físico y el natural se ha vuelto significativo para la enseñanza y Divulgación de las Ciencias, al integrar experiencias previas del individuo con las actividades en el aula (Vázquez &

Manassero, 2013). En este sentido, la Educación Ambiental vinculada a la enseñanza y Divulgación de las Ciencias (Bustos & López, 2004) permite incentivar ciertos aspectos en la persona tales como:

- Estimular la curiosidad ante un fenómeno o problema nuevo
- Incrementar el interés por lo relacionado al medio ambiente y su conservación
- Propiciar puntos de vista críticos que confronten las “realidades incuestionables”
- Permitir la reflexión intelectual
- Incorporar metodologías bien estructuradas
- Desarrollar de habilidades para enfrentar el cambio y nuevas problemáticas
- Respeto por las ideas de otras personas y la estructuración de las propias.

Educación Ambiental a través del Sendero Interpretativo Ambiental

Uno de los instrumentos utilizado para conjugar los esfuerzos de la Educación Ambiental con la divulgación de las Ciencias, ha sido el Sendero Interpretativo Ambiental contemplado como una herramienta sistemática para rescatar el patrimonio biocultural de la comunidad, haciendo converger por un lado los conocimientos científicos del contexto físico, y por otro, el conocimiento de la comunidad sobre la naturaleza o mejor llamada “culturalidad” (Barrera, 2014).

Desde la perspectiva pedagógica, al Sendero Interpretativo Ambiental se le conoce por ser un “medio educativo, turístico y de gestión ambiental que ocurre dentro de un espacio físico donde se posibilita la comunicación y el contacto directo del visitante con la naturaleza local”, en donde se lleva a cabo una interpretación apoyada en diferentes materiales que buscan comunicar de “manera creativa, temática, relevante, organizada y disfrutable, información que ayuda a conectar intelectual y emocionalmente al visitante con los significados del lugar y objetos visitados” (Peñaloza, 2011) y que funge como un medio para gestionar un área natural, una herramienta de divulgación en el sitio con contenido científico y un espacio para desarrollar proyectos que permitan educar en un ambiente informal.

Desde la perspectiva física, consiste en una ruta o vereda que ha existido a lo largo del tiempo por la cual se puede transitar y que cuenta con algún tipo de infraestructura de apoyo al visitante que “permiten al visitante disfrutar y apreciar los atractivos naturales de la zona en forma organizada y dirigida” (Rosales, 2011).

Para lograr que el propósito pedagógico del sendero se cumpla, se vincula tanto como sea posible, la información presente en los senderos “con los elementos de la vida cotidiana o con los problemas particulares del entorno de los sujetos que participan de la actividad” (González & Bravo, 2014). Además de hacer uso de “la simulación y el juego” (como se cita en Taylor, 1993, p. 92), en el desarrollo de dichas actividades, que por su gran valor didáctico reafirman efectivamente su potencial frente a las estructuras convencionales de la Educación Formal.

De forma habitual, los Senderos Interpretativos Ambientales contienen “elementos paisajísticos naturales, aguas, ríos, cascadas, flora y fauna” que buscan producir en el sujeto “una multitud de estímulos sensoriales, cambios de escenarios, provocando procesos de estimulación de la acuidad perceptiva” y “habilidades de reflexión, de la capacidad de cambiar las formas de pensar, interfiriendo dinámicamente en los niveles perceptivos, interpretativos y valorativos del paisaje” para lograr una “transformación personal” (Lima-Guimarães, 2011).

La “Guía para el diseño y operación de Senderos Interpretativos” de la Secretaría de Turismo (2004), establece que para lograr su éxito, el sendero debe promover entre otros aspectos, la identidad étnica local fortaleciendo el valor de los recursos naturales y culturales presentes en la comunidad, y el valor del territorio entre los estudiantes y la comunidad local; contando además con una adecuada provisión de recursos pedagógicos, metodológicos y humanos para su correcta aplicación.

CAPÍTULO 3: EL MUSEO COMO HERRAMIENTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y ESPACIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

“Los museos verdaderos son lugares donde el tiempo es transformado en espacio”

Orhan Pamuk – Escritor

Los museos han sido un lugar de resguardo del conocimiento que tiene el ser humano sobre sí mismo y sobre su entorno. Este espacio de la Educación No Formal, ha pasado de ser un centro de mera exposición, a un espacio de contacto directo con el conocimiento.

En este sentido, el museo ha cambiado su visión para conservar y promover a través de los Museos, no solo el conocimiento científico existente, sino también, los saberes que los pobladores de las comunidades han adquirido a través de muchos años de historia sobre su entorno biológico y cultural, enfrentando el reto de hacerlo de una forma atractiva y asequible para el visitante.

Bajo este argumento, se puede afirmar que la existencia de los museos (Luján, 2010) contribuyen directamente a la realización de dicha visión, en beneficio del desarrollo integral de las personas y de las comunidades.

3.1 El concepto de Museo

“Pueblo que no sabe su historia no sabe dónde va, porque ignora de dónde viene”

Ricardo Levene – Historiador

En la antigüedad, el museo “templo de las musas” era el lugar en donde convergía el aprendizaje y el estudio, característica principal de un templo, y en el que las instituciones griegas de filosofía de Pitágoras y la academia de Platón convergían para estudiar filosofía (Kumar, 1990).

Sin embargo, el concepto de museo ha experimentado grandes cambios, tanto en su definición como en su objetivo; ha pasado de ser un lugar de mera exhibición y observación, a un espacio vivo de interacción e intercambio de saberes. Existen diversas conceptualizaciones respecto a lo que es un museo; por ejemplo, la Asociación Americana de Museos afirma, que el museo es una institución sin fines de lucro con propósitos esencialmente educativos o estéticos, con profesionales que utilizan objetos tangibles, obtienen recursos por ellos y los exhiben al público de forma regular (Singh, 1997).

Mairesse y Desvallés aseveran que el museo consiste en las instituciones, establecimientos o lugares que realicen “la selección, el estudio y la presentación de testimonios materiales e inmateriales del individuo y su medio ambiente” (Mairesse & Desvallés, 2010).

Sin embargo, la definición más aceptada, surge (1974) cuando la 10ª Asamblea General del Consejo General de Museos, lo define como “institución sin fines de lucro al servicio de la sociedad y su desarrollo, abierto al público, que adquiere, conserva, comunica y exhibe investigaciones con el propósito de estudiar, educar y disfrutar de la evidencia material del hombre y su medio ambiente con fines de educación y deleite”.

Tipos y categorías de museo

El papel de los museos ha cambiado en las últimas décadas; los museos tempranos que almacenaban colecciones de objetos destinados a sorprender al visitante, se han convertido en sitios que promueven la difusión de la cultura y la educación (Falk & Dierking, 1992).

Museo Tradicional	Museo Moderno
Puramente racional	Toma en cuenta las emociones
Especializado	Manifiesta la complejidad
Orientado al producto	Orientado hacia el proceso
Centrado en los objetos	Busca visualizar objetos
Orientado al pasado	Orientado al presente

Tabla 5 Museo Tradicional y Museo Moderno (elaboración propia en base a Shouten, 1987)

Museo Tradicional	Museo Moderno
Acepta originales	Acepta copias
Enfoque formal	Enfoque informal
Enfoque autoritario	Enfoque comunicativo
Objetivo/Científico	Creativo/popular
Conformista	Inconformista y orientado a la innovación
Puramente racional	Toma en cuenta las emociones
Especializado	Manifiesta la complejidad

Tabla 5 Museo Tradicional y Museo Moderno (elaboración propia en base a Shouten, 1987) (continuación)

Anteriormente, el museo se asumía como una institución que se centraba en el aspecto racional de su contenido y sus objetos, con un enfoque formal y autoritario que aceptaba el orden establecido; mientras que el Museo Moderno se centra particularmente en la búsqueda de la innovación siendo más informal y más comunicativo, y toma en cuenta las emociones del visitante (ver tabla 5) (Shouten, 1987).

En la literatura existen diversas clasificaciones y sub- clasificaciones del museo de acuerdo a su disciplina (Rivière, 1996):

- Unidisciplinarios o especializados
 - Museos de Artes: Artes plásticas, gráficas, espectáculo, danza, literatura, fotografía y cine, arquitectura
 - Museos de Ciencias Humanas: Historia, etnología-antropología y folclore, pedagogía, medicina e higiene, del descanso
 - Museos de Ciencias de la Tierra: Física, química, ciencias naturales, ecología, ecología, parques naturales
 - Museos de Ciencias Exactas: Astronomía, matemáticas
 - Museos de Ciencias Avanzadas: Industria, tecnología, información
- Pluridisciplinarios, sin especialidad o mezclados (de diversas disciplinas)
- Pruridisciplinarios con especialidad (de una sola disciplina pero de un tema en particular)
 - Museos Monográficos
 - Museos Biográficos
- Interdisciplinarios (de disciplinas relacionadas)

También existen otras formas de organización de tipos de museo, de acuerdo a la naturaleza de las exposiciones y colecciones según la (UNESCO, 1990):

- Jardines zoológicos y botánicos, acuarios y reservas naturales
- Monumentos y sitios
- Museos de arqueología e historia
- Museos de arte
- Museos de ciencia y tecnología
- Museos de etnografía y antropología
- Museos de historia y ciencias naturales
- Museos especializados
- Museos generales
- Museos regionales
- Otros museos

De forma muy similar, el Consejo Internacional de Museos, clasifica a los museos de acuerdo al contenido de su colección, siendo esta clasificación, la más aceptada a nivel internacional:

- Museos de agricultura y de productos del suelo
- Museos de arte
- Museos de ciencias sociales y servicios sociales
- Museos de comercio y de las comunicaciones
- Museos de etnografía y folclore
- Museos de historia
- Museos de historia natural
- Museos de las ciencias y de las técnicas

3.2 Museos de Ciencias Naturales

Dentro de las diferentes categorías y tipologías de museo, el de las Ciencias Naturales (Pacheco, 2007) juega un papel de gran relevancia puesto que se les ha identificado como “centros interactivos de ciencia que en general tienen como

propósito exponer la evolución de la naturaleza y del hombre; sus creaciones científicas brindan información a los ciudadanos sobre el avance de la ciencia y la tecnología” y se les atribuye el rol de “educar para que las personas puedan participar en los asuntos de su comunidad de manera informada, conociendo las posibilidades y límites del conocimiento científico y tecnológico”.

Dicho rol se ve apoyado por los objetivos que persigue la Educación Ambiental y la Divulgación de las Ciencias; al fomentar una mayor concientización en las poblaciones y en las comunidades sobre la importancia del entorno biofísico en el que el ser humano se desenvuelve.

El Museo de Ciencias Naturales tiene el potencial de acercar temáticas ambientales de orden científico al conocimiento general de quien visita el museo, además de ser una herramienta complementaria a la Educación Formal; sin embargo, este tipo de museos no es el único medio por el cual se fomenta la participación comunitaria.

Proceso educativo dentro del museo

El atributo más relevante del proceso educativo dentro del museo es el de “conservar y renovar permanentemente el sentido de lo propio y mantener un acercamiento de las tradiciones de la comunidad que representa y en donde está inserto. Ésta debe incorporar ciertamente aquellos aspectos positivos de la modernidad, sin que ello haga peligrar los valores tradicionales y el sentido de la identidad... siendo su objetivo, el desarrollo por el reconocimiento, respeto y valoración del patrimonio cultural” (Téllez, Museología y patrimonio: una propuesta de educación interactiva tangible, 2002), a través de una relación inmediata y directa entre el sujeto y el objeto que da forma física a este patrimonio.

El museo ha de ser visto como un recurso didáctico, que apoye la formación y la promoción cultural, y en donde se unen a espacios y tiene lugar una variedad de aprendizajes. “Particularmente en el campo de la educación de personas jóvenes y adultas, los museos adquieren cada vez más relevancia como uno de los escenarios que favorecen la formación a lo largo de toda la vida, y como espacio que permite el -aprendizaje de libre elección-” (Maceira, 2008).

3.3 Los Museos Interactivos

El surgimiento de este tipo de museos, se da en los años sesenta, con la creación del *Exploratorium*, en la ciudad de San Francisco y el *Ontario Science Center* en Toronto, Canadá. Estos dos museos iniciaron una nueva era, al implementar dispositivos que permitían la manipulación por parte del visitante, y le suponían vivencias físicas, mentales y estéticas; facilitando de una forma nueva, el conocimiento científico. En este tipo de museos, la palabra “interactivo” va más allá de poder “manipular” objetos, puesto que generan un trabajo intelectual entre la mente del visitante y el contenido el museo (Fernández, 2009).

A decir de Correa e Ibañez (2005), estos espacios buscan expresar conceptos, mediante objetos tangibles e intangibles de valor cultural o natural; y permite “generar experiencias, transmitir mensajes polivalentes, revivir sensaciones, producir perplejidad o contradicciones, o remover nuestra conciencia.

Sus contenidos (objetos, demostraciones, pinturas, experimentos o exposiciones), son recursos con los que podemos desarrollar experiencias de aprendizaje, tanto curriculares como extracurriculares; y en ellos, se desarrollan programas de actividades que serán los verdaderas responsables del éxito o del fracaso en la consecución de los objetivos del museo”, incorporando posibilidades de utilización de las nuevas tecnologías como facilitadores del aprendizaje de libre elección otorgándole un valioso papel en el contexto de los museos.

a. El papel de la interactividad en el Museo

El papel que juega la interacción dentro del museo, no sólo es presentar la información de una forma novedosa e interesante, sino también hacer de mediador pedagógico, vislumbrando al usuario “como un ser social activo en permanente interacción consigo mismo, con los otros y con su entorno, capaz de construir conocimientos y hacer interpretaciones. Un ser social capaz de disfrutar e interesarse por responder a los desafíos, dispuesto a involucrarse en los campos intelectual, emotivo y físico, y a compartir sus descubrimientos con los otros mediante el diálogo y la colaboración efectiva, solidaria y comprometida” (Orozco,

2005). Es de particular interés el aspecto de comunicación y cultura que observa a los usuarios como participes de su cultura y de una “comunidad de interpretación”.

El éxito obtenido en los museos que ofrecen elementos interactivos “se debe, probablemente, a que ofrecen espacios interesantes para la comunicación y el aprendizaje, aunque su objetivo último, es divulgar de un modo divertido y sugerente la cultura científica” (Yahya, 1996).

b. Modelos de Interacción en el Museo Interactivo

La Interacción dentro de los Museos de Interactivos, parte de los modelos de Interacción, que permiten la entrada de información por parte de los usuarios así como la definición de las estrategias de comunicación para la presentación del contenido digital (ver Tabla 6) (Sparacino, 2004).

Modelo	Enfoque	Medios
Inteligencia perceptual	Vista, oído, tacto, movimiento natural, gestos y voz	Sensores inalámbricos, sensores infrarrojos, sensores de campo eléctrico, sonares, radares.
Inteligencia Interpretativa	Caracterización del comportamiento	Interpretación de gestos similares, situaciones
Inteligencia Narrativa	Orquestación de historias	Adaptación en base a la narrativa individual
Modelado de Inteligencia	Probabilística	Aprendizaje de máquinas, reconocimiento de patrones

Tabla 6 Tipos de inteligencia, elaboración propia en base a Sparacino (2004)

La Inteligencia perceptual ha sido la de mayor difusión en los Museos Interactivos, puesto que involucra el uso de los sentidos como la vista, el oído y el tacto, que como ya se anteriormente mencionado, representa un involucramiento físico por parte del visitante al museo.

c. Niveles de Comunicación en el Museo Interactivo

En relación con las Estrategias de Comunicación, el Museo Interactivo utiliza tres niveles de comunicación para la presentación del conocimiento científico (ver Tabla 7).

Nivel de comunicación	Propuesta
Emotivo	Producir emociones mediante la evocación y la experiencia estética
Didáctico	Proporciona información organizada y sintetizada para su interpretación o lectura
Lúdico	Propone la participación directa del público y promueve la interacción con artefactos manipulables o actividades dentro de la exposición.

Tabla 7 Niveles de comunicación (Zavala, 1993)

De acuerdo a los estudios de Zavala (1993), el Nivel de Comunicación Lúdico establece que el uso de componentes de esta naturaleza en el museo, son los que han mejorado la calidad de la interacción, la ambientación y la espectacularidad al momento de entrar en contacto con el uso de computadoras.

De igual forma, se ha encontrado que la interacción directa entre el usuario y el objeto, mediante la observación directa y repetida, da paso a un verdadero descubrimiento “ya que el público requiere de tiempo suficiente y la oportunidad de experimentar personalmente a través del contacto directo con los objetos y elementos diseñados como apoyo informativo complementario” en las “salas de descubrimiento”, las cuales emplean objetos y elementos didácticos que pueden manipularse (Téllez, 2002) (Infante, 1996).

CAPÍTULO 4: EL SER HUMANO Y LOS SISTEMAS INTERACTIVOS

"El hombre es la computadora más extraordinaria de todas."

John F. Kennedy – Político estadounidense

El uso y desarrollo de los Sistemas Interactivos se ha dado en términos de la capacidad del ser humano para percibir, interpretar y modificar su entorno a través de los sentidos, en particular el oído, la vista y el tacto. Para comprender dicha dinámica, primero se exploran los principales rasgos que definen esta experiencia tales como la emoción, la memoria y la atención; después se hará un abordaje sobre cómo es que el ser humano interactúa con las computadoras y los Sistemas Interactivos, mismos que nos permiten interactuar con nuestro entorno de formas nuevas e inesperadas.

4.1 El ser humano y las capacidades relacionadas con el uso de las computadoras

"Cuando más desquiciada está la vida de la mente, más abandonada a sí misma queda la máquina de la materia."

Johann Wolfgang von Goethe – Poeta, dramaturgo y científico alemán

El conocimiento de algunos de los procesos que ocurren en el ser humano, permite ampliar la relación que existe con un entorno cada vez más complejo, rodeado de ambientes en los que está presente cada vez más la tecnología y las computadoras. Entender cómo es que algunos de los procesos internos del ser humano impactan directamente en el desarrollo de sistemas interactivos permite generar una visión más construida de la realidad.

Un desarrollo tecnológico que deje de lado las características emocionales de los usuarios podría significar un decaimiento en la percepción de un sistema o producto

cualquiera que este sea. Es por eso que es de vital importancia conocer los procesos mentales involucrados en la interacción entre el humano y la computadora.

Emoción

En los más recientes estudios que han buscado entender la forma en las personas perciben y experimentan la tecnología (Cristescu, 2008), se ha podido encontrar que existen dos características asociadas a la tecnología: la dimensión de Calidad No Instrumental y la dimensión de la Calidad Emocional. El aspecto de Calidad No Instrumental se refiere a los aspectos de calidad requeridos por el usuario que van más allá de las tareas, objetivos y su cumplimiento eficiente. Por otra parte, el Aspecto de las Emociones es esencial para entender el comportamiento del usuario cuando se enfrenta a una variedad de programas.

De acuerdo a lo anterior, la Calidad No instrumental de un Sistema interactivo, podría hacer que algunos objetos presentes en una pantalla de computadora lleguen a provocar estas reacciones primarias (Reeves & Nass, 1996).

Antecedentes en el estudio de la Emoción

A través de la historia se han realizado importantes descubrimientos respecto al entendimiento del cerebro emocional (Dalglesih, 2004); comienzan en 1868 con la descripción que realiza Harlow sobre los efectos del daño en la corteza frontal, la publicación “La expresión de emociones en el hombre y el animal” por Charles Darwin (1872), la teoría corporal de la emoción por William James (1884), la hipótesis del hemisferio derecho para la emoción de Mills (1912), la teoría de la emoción de Papez (1937), el modelo límbico tripartita de la emoción por MacLean (1949), la descripción de los efectos de la ablación de la amígdala en simios por Welzkrantz (1956), las afirmaciones de Lazarus sobre la necesidad de cognición para experimentar emociones (1982), las investigaciones de Ekman sobre la distinción autonómica de los tipos de emociones básicas (1983), la propuesta de los diferentes caminos presentes en la amígdala para el condicionamiento del miedo de LeDoux (1986), la hipótesis somática por Damasio en el mismo año, la revelación de Cahil y otros, de la importancia de la amígdala en la consolidación de memorias

emocionales (1996), el descubrimiento de diferentes regiones en el cerebro que presentan diferentes emociones y finalmente, la presentación de los resultados de Lambie y Marcel sobre la experiencia consciente de la emoción (2002).

Definición de la Emoción

Aunque existen múltiples definiciones respecto a la emoción (Kleinginna & Kleinginna, 1981), la podemos definir como una reacción a los eventos relevantes para el individuo de acuerdo a sus necesidades, objetivos y preocupaciones; y que va acompañada de elementos fisiológicos, afectivos, conductuales y cognitivos.

Mecanismo de la emoción

La conceptualización de LeDoux (1998), la más difundida, contempla tres funciones cerebrales involucradas en el proceso de la emoción: el tálamo, el sistema límbico y la corteza (ver Figura 2).

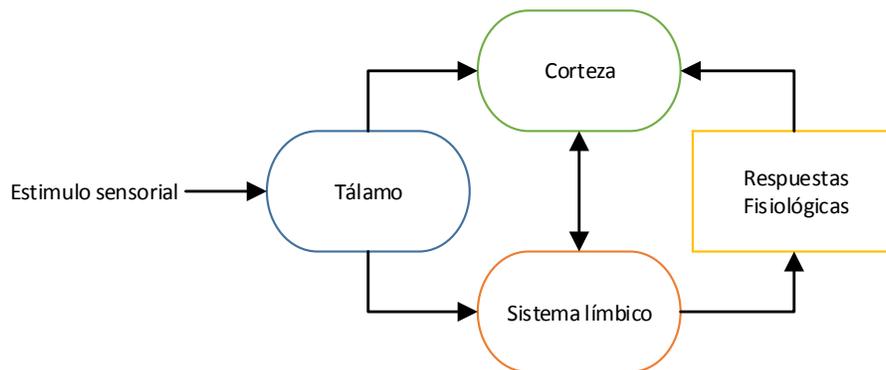


Figura 2. Estructura Neurológica de la Emoción, en base a (LeDoux, 1998)

La información del ambiente se percibe por los sentidos y se capta en primer lugar por el tálamo, que funciona como un procesador básico de señales y envía simultáneamente dicha información al sistema límbico y al sistema límbico. El primero evalúa de una forma constante la relevancia del estímulo de acuerdo a la necesidad y objetivos del individuo. Si se determina que existe cierta relevancia, éste envía señales a través de una respuesta fisiológica y al mismo tiempo, remite indicaciones a la corteza para desviar la atención a otros procesos cognitivos.

La conexión directa entre el tálamo y el sistema límbico responde a las emociones más primitivas o “primarias” (Damasio, 1994) del ser humano tales como el miedo, aversiones y atracciones innatas de una persona. Por otra parte, las emociones “secundarias” pueden ocurrir a varios niveles de complejidad y son el resultado de la estimulación del tálamo sobre la corteza cerebral, traduciéndose en respuestas tales como la frustración, el orgullo y la satisfacción. Finalmente, es posible que una emoción sea el resultado combinado del estímulo que el tálamo realiza sobre el sistema límbico y sobre la corteza cerebral.

Comúnmente el término de emoción se ha utilizado indistintamente para referirse al estado de ánimo y el sentimiento. Cuando se habla de emociones, se dice que éstas son intencionales e implican un vínculo con un objeto en particular. En contraste, el estado de ánimo no necesariamente es producido por un objeto, éste no es intencional, no está dirigido a un objeto en particular y puede durar mucho tiempo (días, meses e inclusive años) a diferencia de una emoción que dura poco tiempo. Por otra parte, el sentimiento, es la asignación de ciertas propiedades a un objeto: “me gusta”, “me desespera” (Fridja, 1994) (Davidson, 1994).

Origen de las Emociones

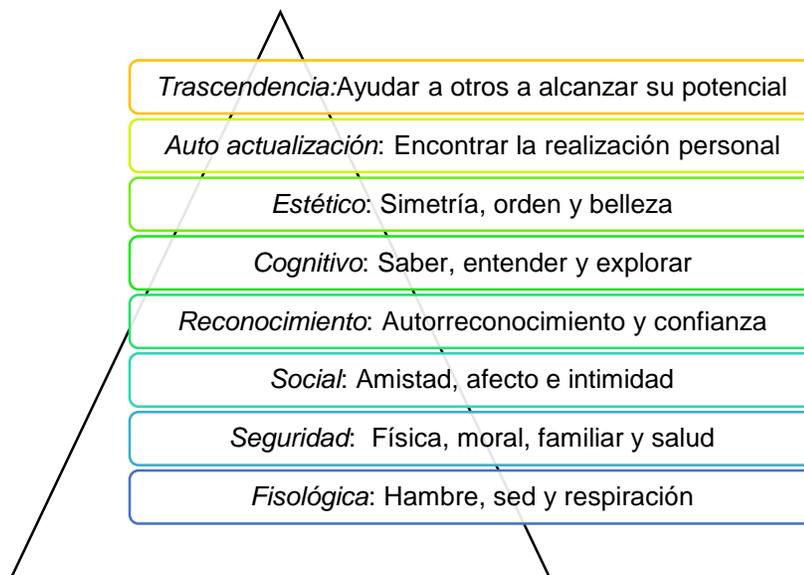


Figura 3. Pirámide de Maslow (1968)

Como se ha mencionado antes, las emociones son el resultado de la evaluación de las necesidades y objetivos que se lleva a cabo, cuando un estímulo externo es percibido por los sentidos. La experimentación de una emoción, es en parte porque está implícita una necesidad que puede ir desde el hambre hasta la trascendencia personal. La estructuración de estas necesidades realizada por Maslow (1968) permite entender su categorización y nivel de complejidad (ver Figura 3).

Otros aspectos como la expectativa, el contagio, el estado de ánimo y el sentimiento son originadores de emociones. La expectativa es resultado de la incertidumbre sobre eventos que podrían ser negativos o positivos y que producen ansiedad o miedo, la certeza por otra parte podría llevar a un sentimiento de alivio o a un sentimiento de desesperanza según sea el caso. El contagio sucede cuando un individuo adopta las emociones de alguien más (Ellsworth, 1994)(Hatfield, Cacioppo, & Rapson, 1994).

Clasificación de las Emociones

La emoción ha sido clasificada mediante el uso de la “Rueda de la emoción”, que la organiza en 8 emociones básicas y 8 complejas (ver Figura 4) (Plutchik, 1980).

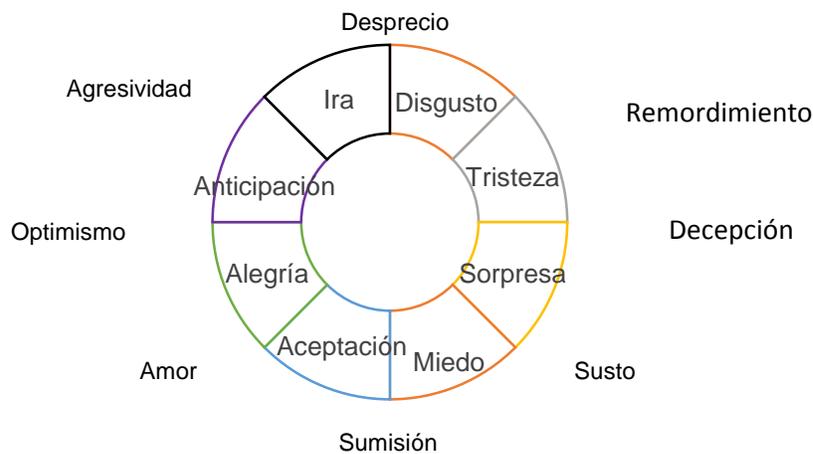


Figura 4. Rueda de la Emoción (Plutchik, 1980)

Memoria y atención

Para llevar a cabo, las actividades diarias del ser humano es necesaria la memoria y la atención. La primera nos permite realizar una variedad de acciones tales como comunicarse, identificar ambientes físicos, recuperar información de lo que nos ha sucedido en el pasado y tomar decisiones, así como conocer nuestra identidad. Esta capacidad, es un proceso articulado de diferentes tipos de memoria estructurada en: memoria sensorial, memoria de corto plazo (o memoria de trabajo) y memoria de largo plazo (ver Figura 5).

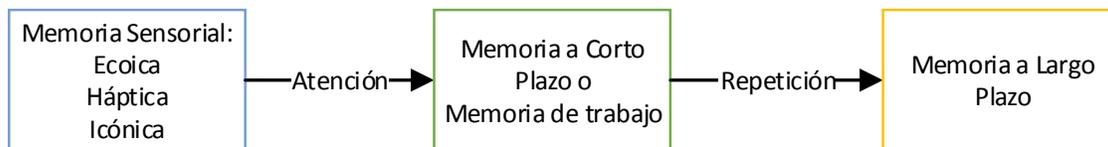


Figura 5. Estructuración de la memoria

a) Memoria sensorial

La memoria sensorial actúa como un espacio en la mente humana para percibir a través de cada uno de los sentidos: la memoria ecoica para los estímulos sonoros, la háptica para los estímulos táctiles y la icónica para los estímulos visuales; y se encuentra en constante cambio debido a los estímulos que se perciben a través de estos canales. La forma en que la información percibida, a través de la memoria sensorial, se transmite a la memoria de corto plazo es por medio de la atención, siendo filtrada de acuerdo al interés en un dado momento.

b) Memoria a corto plazo

El modelo (Baddeley & Hitch, *The psychology of learning and motivation*, 1974; Saffer, 2008) más difundido de la Memoria a corto plazo propone su división en tres aspectos: central ejecutiva, circuito fonológico y agenda viso espacial. La primera controla y coordina las acciones del bucle fonológico y de la agenda viso espacial; y está involucrada en la toma de decisiones, planeación y las actividades relacionadas. El bosquejo viso espacial retiene toda aquella información de carácter

visual y espacial, mientras que el bucle articulatorio o fonológico, está compuesto de un almacén fonológico que es responsable del almacenamiento de lo que debería de ser recordado; y de un proceso de control articulatorio que es responsable de recodificar elementos verbales en su forma fonológica de dichos elementos. Los elementos presentes en el almacén fonológico decaen rápidamente y pueden ser actualizados a través del ensayo mediante el proceso de control articulatorio. El acceso a la información presente en este tipo de memoria es del orden de los 70 milisegundos y se almacena por alrededor de 200 milisegundos.

En investigaciones posteriores, Badley (2000) incorpora el término de Buffer Episódico que cuenta con la capacidad limitada de almacenar la información procedente del bucle fonológico, la agenda viso espacial y la memoria de largo plazo. Éste permite generar nuevas representaciones cognitivas cuando se realiza una supresión selectiva de algunos elementos visuales para recordar sólo un aspecto en particular de una representación (ver Figura 6).

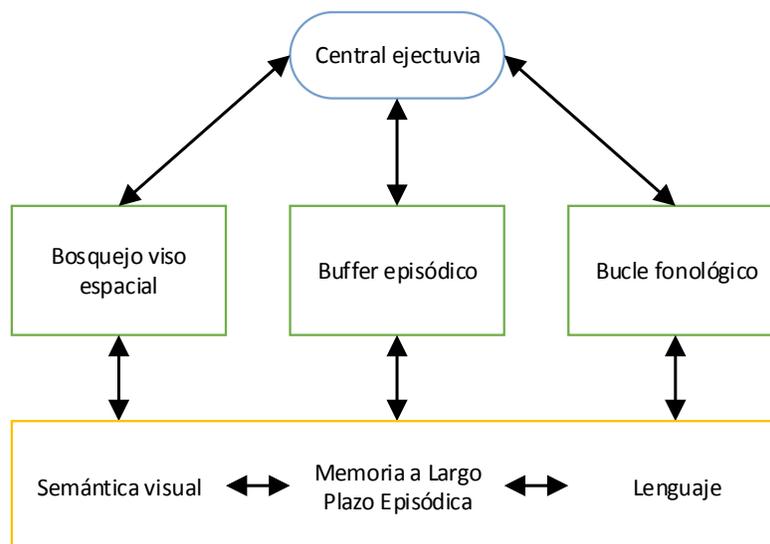


Figura 6. Modelo revisado de Baddeley (2000) sobre la Memoria a corto plazo

c) Memoria a largo plazo

La memoria a largo plazo tiene una capacidad ilimitada y durará tanto como el cerebro viva; es aquí donde se almacena información sobre los hechos, el conocimiento experiencial y las reglas del comportamiento.

Es necesario realizar una descripción de la forma en que la mente humana utiliza la memoria a corto plazo, la memoria a largo plazo y la memoria sensorial para darle sentido a lo que es capaz de ver, sentir y oír (ver Tabla 8).

Memoria	Componentes
Memoria sensorial	<ul style="list-style-type: none">• Ecoica• Icónica• Háptica
Memoria a corto plazo o memoria de trabajo	<ul style="list-style-type: none">• Central ejecutiva• Agenda viso espacial• Buffer episódico• Bucle fonológico
Memoria de largo plazo	<ul style="list-style-type: none">• Memoria semántica• Memoria procedural• Memoria autobiográfica• Memoria indeleble (permastore)

Tabla 8 Componentes de la memoria

d) Atención

Aunque existe una variedad de definiciones respecto al concepto de atención, Solso, MacLin, y MacLin (2008) afirman que es la concentración del esfuerzo mental en los eventos sensoriales o mentales y se divide en dos tipos: la selectiva y la dividida. La primera se refiere a sí, se es consciente o no de la información sensorial, mientras que la segunda es la capacidad de atender a dos eventos simultáneamente como presionar un botón al mismo tiempo que se escucha una voz.

La atención también puede ser definida como la colección de procesos que permite al usuario dedicar su limitada capacidad de procesamiento de información para la manipulación intencional de un subconjunto de elementos de información disponible; en otras palabras, es el proceso por medio del cual la información entra

a la memoria de corto plazo para lograr un nivel de conciencia, presentando tres eventos importantes (Cherry, 1953)((Kahneman, 1973):

- 1) La atención es selectiva y permite que un subconjunto de información acceda al limitado sistema de atención.
- 2) El foco de la atención puede cambiar de una fuente a otra
- 3) La atención puede ser dividida de tal forma que dentro ciertas limitantes, una persona puede selectivamente atender a más de una fuente de información

Broadbent (1958) propone que como resultado de dichos eventos, el proceso de la atención pasa por un filtro que transmite la información recibida proveniente de los sentidos hacia la memoria de corto plazo conforme a los intereses del individuo; lo que significa que sólo se atiende un solo canal de información, descartando los otros canales de información sensorial (ver Figura 7).

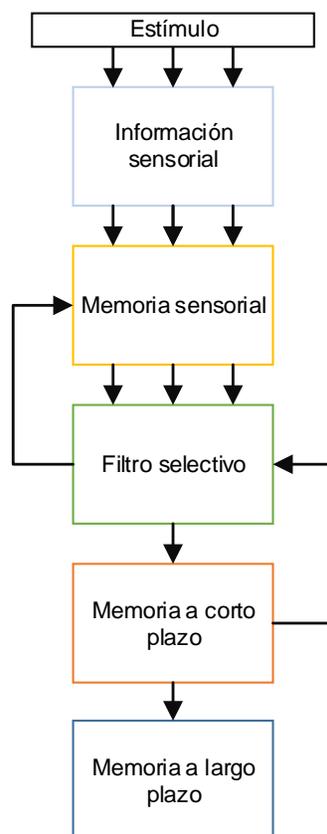


Figura 7. Representación del modelo de Broadbent (Pollatsek & Rotello, 2007)

4.2 Interacción Humano-Computadora

“Una computadora es para mí la herramienta más sorprendente que hayamos ideado. Es el equivalente a una bicicleta para nuestras mentes”

Steve Jobs – Fundador de Apple

Los ambientes en los cuales el humano se desenvuelve, se han vuelto cada vez más computarizados, a través de la inserción de una gran variedad de dispositivos tecnológicos; no sólo manifestados a través de una computadora personal, sino en algo más complejo, definido por el tipo de interacción que requiere de una contribución diferenciada por la forma en que la conexión física va más allá del evento mental de la interpretación y situada en diferentes niveles de medios existentes al mismo tiempo en un espacio tridimensional. (O'Neil, 2008).

El poder de cómputo está presente en el celular, en el horno de microondas, en el automóvil, y otras tecnologías (Dourish, 2004). Tanto el incremento de la capacidad de cómputo, el exceso de información (Weiser, 2012) y el contexto en el que sea aplica esta capacidad sugieren que es necesario utilizar nuevas formas de interacción con las computadoras; formas y mecanismos que estén en una mejor sintonía con las habilidades y necesidades del ser humano. Durante los últimos años, las investigaciones respecto a la forma en que el humano interactúa con la computadora, mejor conocida como Interacción Humano Computadora, han explorado las formas en que controlamos e interactuamos con estos nuevos sistemas computacionales.

Definición de Interacción Humano-Computadora

Preece et al. (1994), establece que la Interacción Humano Computadora es la disciplina que estudia el diseño, evaluación e implementación de sistemas computacionales interactivos para uso humano, y que estudia los principales fenómenos que lo rodean. En este sentido, se puede afirmar que la Interacción Humano Computadora consiste en tres partes: el usuario, la computadora y las

formas en que trabajan juntos; intersectando la psicología y las ciencias sociales por una parte, y las ciencias computacionales y la tecnología por la otra. Todo esto buscando entender y dar soporte al ser humano que interactúa con y a través de la tecnología (Sawantdesai, 2013).

Basándose en la modalidad de cada una, Karray et. al (2008) clasifican los tipos de Interacción Humano-Computadora en dos grandes categorías, la Unimodal y la Multimodal:

1) Unimodal

- a) Visual: El más extendido en la investigación, busca reconocer una señal visual tal como el reconocimiento de la expresión facial, el seguimiento del cuerpo, el reconocimiento de gestos, y la detección de movimiento ocular.
- b) Auditiva: Esta área consiste en el análisis de información adquirida mediante diferentes tipos de señales de audio a través del reconocimiento del habla, el análisis de auditivas de las emociones, los ruidos de origen humano (reír, llorar, resoplar) y la interacción musical.
- c) Sensorial: Comprende una variedad de áreas en una gran variedad de aplicaciones, el punto en común es que cuando menos un sensor se usa entre la máquina y el usuario para iniciar la interacción, yendo desde lo más básico hasta lo más complejo, y comprende: la interacción con un lápiz, el teclado y el apuntador, joysticks, sensores de seguimiento de movimiento, sensores hápticos, sensores de presión y sensores de sabor y olor.

2) Multimodal

- a) El término multimodal se refiere a la combinación de varias modalidades de Interacción Humano Computadora, que van en función de los canales heredados de los tipos de comunicación humana y que son básicamente la vista, el oído, el tacto, el olor y el sabor. Siendo así, una Interacción Humano Computadora del tipo multimodal funge como facilitador de la

interacción mediante dos o más formas que van más allá del simple puntero y teclado.

Interfaces Tangibles de Usuario

Antecedentes

En la última década, ha existido una afluencia de nuevas investigaciones para vincular el mundo físico y el mundo virtual. Iniciándose al mismo tiempo una exploración de los tipos de Interacción Humano Computadora por medio de las cuales se establezca una conexión entre representación física e información digital (Halim, 2010).

Las aportaciones en el campo de la interacción del humano con la computadora y más particularmente de las TUI (Dourish, 2004) se han visto reflejadas en varios ejemplos, tales como el *Digital Desk* (Escritorio Digital) aplicando tecnología de proyección, procesamiento de imágenes y análisis de señales. El escritorio soportaba manipulación de documentos digitales y físicos, como factor crítico, así como las características de diseño en que los mundos digitales y físicos estaban integrados. Por otra parte, el *Reactive Room* diseñado para soportar no solo reuniones cara a cara, sino también reuniones distribuidas en el espacio, donde algunos participantes se encontraban en locaciones remotas, así como en el tiempo, grabando actividades de la reunión para ser observadas posteriormente por alguien más. El reto enfrentado en este ejercicio fue que era necesario configurar espacio por espacio cada uno de los dispositivos individualmente para soportar las dinámicas de la reunión.

El ejercicio más prominente corresponde a Hiroshi Ishii (1997) y el laboratorio Tangible Bits, incorporó la computación ubicua en una plataforma para la interacción tangible, a través de la exploración tridimensional de mapas fotográficos aéreos proyectados en una superficie transparente en un escritorio llamado *metaDesk*. Otro de los avances fue experimentado en el *Ambient Room*, un cubículo aumentado con una variedad de pantallas diseñadas para proveer información periférica del contexto al ocupante de la habitación sin ser abrumador o distractor. La información

presentada consiste en mostrar información acerca de la presencia de otras personas, recepción de correos electrónicos, personas registrando su entrada o salida, por mencionar algunos ejemplos. Otro ejercicio similar, fue el denominado *Illuminating Light and Urp*, combinando iconos físicos, y una combinación de proyección / cámara, similar al *Digital Desk*. Esta aplicación permite a los usuarios experimentar y explorar las configuraciones de estudiantes de holografía láser para conocer los efectos de una configuración, en especial para explorar los objetos y desarrollar un sentido de interacción con dichos elementos.

En las investigaciones de Voids y otros, (2007), lograron desarrollar un prototipo denominado inSpace Design, que buscaba integrar los dispositivos móviles como actores sociales, usando la metáfora de 'mesa como escenario', sugiriendo que los objetos y dispositivos son 'actores sociales', conectados a la actividad grupal, y que al colocarlos en la mesa les permitía entender el contexto de la reunión, mediante retroalimentación luminosa, indicaban que una computadora estaba conectada, recibiendo o enviando archivos, conectándose a un monitor, etc. Otro ejemplo desarrollado fue el inSpace Wall, que permitía facilitar la colaboración de artefactos compartidos, tales como documentos, imágenes, videos y ventanas compartidas, proveyendo de una voz social acerca del estado físico y digital de los componentes del espacio de reunión.

Por su parte, la instalación museográfica interactiva de InterANTARCTICA (Bérigny Wall & Xiangyu, 2009), implementó una plataforma que utilizó una interfaz tangible de usuario manipulada por gestos, permitiendo la exploración ambiental de las investigaciones del cambio climático, teniendo como objetivo la producción de una plataforma transversal de medios en un ambiente interactivo.

Finalmente, ejemplos más recientes, desarrollados mediante el lenguaje VVV (Prototyping Interfaces, 2012), permitieron generar Interfaces de Usuario Tangibles, conjuntando tecnología Arduino, sensores, tecnologías de rastreo de imagen, presentación de contenido a través de múltiples pantallas, así como actuadores que ofrecen retroalimentación háptica. Aunque este desarrollo ofrece una solución

integrada, disponible para ejercicios no comerciales, es tecnología propietaria, y por tanto su uso representa pago de regalías para usos comerciales a nivel masivo.

Definición

Hullmer & Ishii (2001) definen a las Interfaces Tangibles de Usuario como las interfaces que facilitan la interacción tangible y dan forma física a la información digital, empleando artefactos físicos que operan como representaciones o controles de medios computacionales. Las TUI asocian representaciones físicas con representaciones digitales que permiten crear sistemas interactivos mediados por una computadora, y que generalmente no son identificables como computadoras en sí; una metáfora que puede explicar más claramente a las Interfaces Tangibles de Usuario, es la de un iceberg, una masa flotante en el océano que representa toda la capacidad de cómputo, su punta, la parte visible es aquello que se puede manipular por manos humanas, la parte que no es visible y que permanece debajo del agua, es toda aquella información digital cohesionada y que esa accesible solo mediante la manipulación de su parte visible (ver Figura 8) (MIT Media Lab, 2015).



Figura 8 La metáfora del Icerberg (MIT Media Lab, 2015)

Siguiendo con la descripción esquemática de las Interfaces Tangibles de Usuario, el esquema planteado por Hiroshi Ishii muestra con mayor detalle a forma en funciona un sistema basado en dicha propuesta (ver Figura 9)

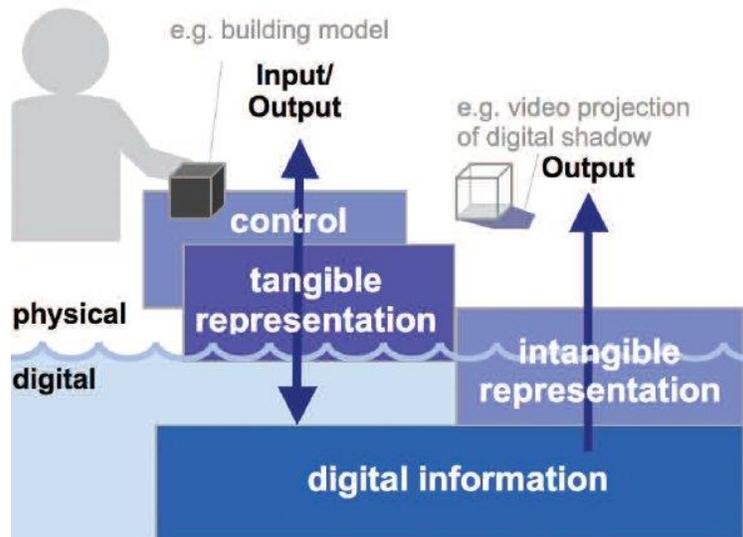


Figura 9 Esquema conceptual de las Interfaces Tangibles de Usuario (Hiroshi, 2008)

En el diagrama anterior se puede observar una división entre el mundo digital y el mundo físico, la forma en que se interactúa con la capacidad de cómputo y la información digital, se da mediante un control físico que está conectado mediante una representación intangible con la información digital. La forma en que se muestra la información puede ser a través de una proyección de la información digital (Hiroshi, 2008).

Aproximaciones

En el área de las Interfaces Tangibles de Usuario, existen varias aproximaciones (Hornecker, 2006) que permiten hacer una diferenciación clara, respecto a su enfoque y aproximación:

- Enfoque centrado en datos: define a las Interfaces Tangibles de Usuario como la utilización de representaciones físicas y la manipulación de datos digitales, ofreciendo lazos entre los artefactos físicos con la información mediada computacionalmente. Esta caracterización de las Interfaces Tangibles de

Usuario es dominante en las publicaciones en el área de estudio de la Interacción Humano Computadora.

- Enfoque centrado en el movimiento expresivo: una escuela emergente en el diseño de producto que tiene por objetivo ir más allá de la forma, apariencia y el diseño de la interacción en sí misma. Este enfoque enfatiza la interacción corporal con los objetos, beneficiándose de la “riqueza sensorial y la acción potencial de los objetos físicos para que se genere significado a través de la interacción”.
- Enfoque centrado en el espacio: las artes interactivas y la arquitectura crecientemente hablan sobre espacios interactivos; mismos que dependen de combinar el espacio real con pantallas digitales o instalaciones sonoras. Los sistemas interactivos, físicamente integrados en espacios reales, ofrecen oportunidades para interactuar con dispositivos tangibles e iniciar la exposición de contenido digital o comportamientos reactivos. La interacción de cuerpo completo y el uso del cuerpo como dispositivo de interacción o exhibición son típicos de esta aproximación.

Interfaces Tangibles de Usuario en el Museo

Los museos de ciencia se han valido extensivamente de las Interfaces Tangibles de Usuario para proveer al visitante de nuevas experiencias de interacción con su contenido, debido a su fuerte potencial lúdico, imaginativo y poético (Wakkary & Hatala, 2006).

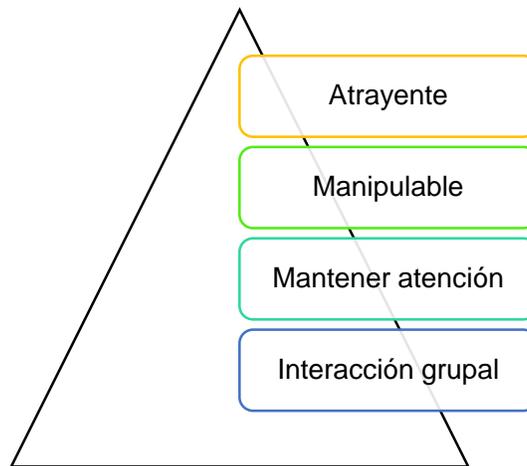


Figura 10. Consideraciones para el desarrollo de TUI (en base a Horn, Solovey y Jacob, 2008)

Las consideraciones para el desarrollo de las Interfaces Tangibles de Usuario (Horn, Solovey, & Jacob, 2008) en este contexto deben contemplar cuatro aspectos primordiales (ver Figura 10):

- 1) Atrayente: que atraigan la atención del visitante e inviten a interactuar
- 2) Manipulable: los visitantes sin experiencia previa deberían de aprender fácilmente como utilizar la exhibición.
- 3) Conexión: la exhibición debe buscar mantener la atención de una diversidad de visitantes a través del proceso de exploración.
- 4) Apoyo de la interacción grupal: los museos de ciencia normalmente son visitados por familias o grupos escolares más que por individuos; por lo que deberían de dar soporte al aprendizaje social y la interacción en grupos tanto por participantes activos como por observadores pasivos (Serrel, 1996).

CAPÍTULO 5: EL DISEÑO DE LA EXPERIENCIA DEL USUARIO Y EL DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO PARA LA CREACIÓN DE SISTEMAS INTERACTIVOS

“El diseño puede ser arte. El diseño puede ser estética. El diseño es tan simple, es por eso que es tan complicado”

Paul Rand – Diseñador Gráfico

La forma en que un usuario experimenta un producto o servicio, define en gran medida el vínculo que establece con el mismo. Una “buena experiencia” puede radicar en que el producto produzca en el usuario, sensaciones de “satisfacción”, logro” y “plenitud”.

En años recientes, la Experiencia de Usuario aplicada a los Sistemas Interactivos ha sido objeto de estudio debido a que presenta oportunidades de mejora en dimensiones que no se tomaban en cuenta para el diseño de los mismos, tales como la emoción del usuario.

5.1 Experiencia del Usuario

“El buen juicio nace de la buena inteligencia y la buena inteligencia deriva de la razón, sacada de las buenas reglas; y las buenas reglas son hijas de la buena experiencia: madre común de todas las ciencias y las artes”

Leonardo Da Vinci – Creativo, pintor, diseñador, artista e inventor

Definiciones de la Experiencia del Usuario

La Experiencia del Usuario (UX) (Hartson & Pyla, 2012) es la totalidad de los efectos sentidos por un usuario como resultado de la interacción con -y en el contexto del uso de- un sistema, dispositivo o producto incluyendo la influencia de la usabilidad, la utilidad y el impacto emocional durante la interacción y disfrute de la memoria después del proceso. Entendiendo por interacción el ver, tocar y pensar sobre del

sistema o producto, incluyendo la apreciación y presentación antes del contacto físico con el mismo.

Hassenzahl (2008) define a la UX como un sentimiento momentáneo y primariamente evaluativo mientras se interactúa con un producto o servicio. Por lo tanto, la UX cambia el foco de atención respecto al producto y materiales (p.e. contenido, función, presentación, interacción), enfocándose en el ser humano y sus emociones; es decir, el lado subjetivo en el uso de un producto o servicio, asumiéndose que el producto cuenta con dos dimensiones (ver tabla 9).

Dimensiones de los productos interactivos	Definición	Ejemplo
Cualidad pragmática	La capacidad percibida hacia el producto para "HACER" cosas	Hacer una llamada telefónica Encontrar una dirección
Cualidad hedónica	La capacidad percibida hacia el producto para "SER" cosas	Ser competente Ser especial Relacionarse con otros

Tabla 9 Dimensiones en la percepción de productos interactivos (elaboración propia en base a Hassenhahl, 2008)

Más allá de las cualidades pragmáticas y hedónicas de un producto interactivo, algunos autores (Provost & Robert, 2013) han definido diez características por medio de las cuales es posible caracterizar los aspectos positivos y negativos de la UX (ver Tabla 10).

Dimensiones del producto	Aspectos
Relacionadas con el producto en sí mismo	Funcionalidad, usabilidad, características físicas y características informativas y externas,
Relacionadas con el usuario	Perceptivas, cognitivas, psicológicas, sociales y físicas)

Tabla 10. Dimensiones del producto y del usuario (elaboración propia en base a Provost y Robert, 2013)

Evaluación de la Experiencia del Usuario en las Interfaces Tangibles de Usuario

Algunas de las dimensiones del producto son relevantes para el desarrollo de prototipos basados en Interfaces Tangibles de Usuario, en donde la evaluación de la UX debería estar centrada en la “magia tangible” o en las dimensiones físicas de la experiencia (Vissers & Geerts, 2014). Para la evaluación de las Interfaces Tangibles de Usuario, se han utilizado diversos métodos del tipo cualitativo que permiten obtener información rápida sobre la experiencia física relacionada con los prototipos, los más utilizados son:

- El Open Profiling of Quality (OPQ) (Strohmeier, Jumisko-Pyykkö, & Kunze, 2010): método combinado de evaluaciones psicoperceptuales cuantitativas con evaluaciones cualitativas basados en el vocabulario del usuario.
- El Repertory Grid Technique (RGT) (Jankowicz, 2004): método que consiste en la aplicación de entrevistas semi estructuradas que permitan ir encontrando nueva información del producto
- El Questionnaire for User Interaction Satisfaction (QUIS) (Odoh, Okonkwo, & Nkmendilim, 2012): método diseñado como herramienta de usabilidad para la medición de la satisfacción subjetiva en el uso de un sistema computacional.

Disciplinas del Diseño de la Experiencia

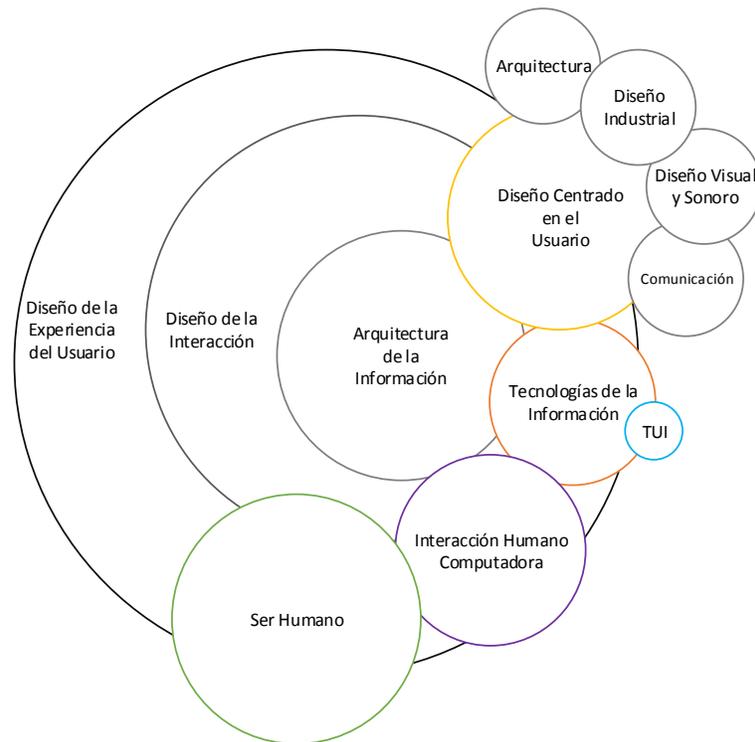


Figura 11 Diseño de la UX (elaboración propia en base a Saffer, 2008)

La Experiencia del Diseño se vale de una serie de disciplinas para el desarrollo de sistemas interactivos que van más allá de la interfaz gráfica de una aplicación. Estas disciplinas van desde la utilización de conocimientos relacionados con el ser humano, el diseño industrial, la arquitectura, las ciencias de la computación, la comunicación y la arquitectura de la información (ver Figura 11).

5.2 Diseño Centrado en el Usuario (HCD)

El diseño de la HCI experimenta como problema sustancial, la inserción del dispositivo tecnológico en el contexto social, en donde se han hecho avances en esta área, originado por un amplio espectro de disciplinas como la computación, los diferentes tipos de psicología, la antropología entre otros.

Contexto histórico del HCD

Las HCI han experimentado una constante evolución determinada por los enfoques de diseño. El primero, previo a los 80, centrado en la tecnología y enfocado en grupos y comunidades específicas, que buscaba la eficiencia del producto, orillando al usuario a adaptarse al producto. El segundo, centrado en el usuario (HCD), surge en los 80 y propone elementos de valor que tienen una injerencia directa en el proceso de diseño y en el desarrollo de los dispositivos tecnológicos. Teniendo al usuario en el centro del diseño, mediante la psicología cognitiva que permite “la comprensión de los procesos internos por parte del humano, como percepción, atención, memoria, aprendizaje, pensamiento y resolución de problemas... El tomar en cuenta las destrezas y habilidades del humano – en el momento del diseño – es lo que marca la pauta de este enfoque” (Montaño, Michinel, & Soriano, 2005).

Definiciones del HCD

El HCD es “una filosofía de diseño y un proceso en él que las necesidades, requerimientos y limitaciones del usuario final del producto, constituyen el foco de cada etapa del proceso de diseño” (Mor, Garreta, & Galofré, 2007). Algunos de los principios que lo rigen son (Puentes, García, & Lange, 2013):

- Identificación de las capacidades y limitaciones intersubjetivas e intercolectivas a nivel físico y cognitivo
- Reconocimiento a fondo del usuario
- Búsqueda de mayor compatibilidad de la interfaz del usuario
- Uso de prototipos y modelos para la comprobación de la empatía entre el producto y el usuario
- Uso de realidad virtual y realidad aumentada para crear ambientes próximos al mundo real en ambientes u objetos complejos

Kuijer y De Jong (2011), establecen que los objetivos del HCD son el obtener una mejor correspondencia entre las anticipaciones del diseñador con el mundo real, al hacer una investigación en colaboración cercana con los individuos que serán los

futuros usuarios de un producto. Ciertamente, dentro de esta corriente existen diversas aproximaciones de acuerdo al contexto en el que se desarrolle el producto o servicio (ver Tabla 11) (Steen, Kuijt-Evers, & Klok, 2007).

Aproximaciones	Los investigadores y diseñadores acuden a los usuarios	Los usuarios acuden a los investigadores y diseñadores
Lo que “ES” (orientación a la investigación)	Etnografía aplicada	Diseño participativo
	Diseño contextual	Enfoque liderado por el usuario
Lo que “DEBERÍA” (orientación al diseño)	Diseño empático	Co-diseño

Tabla 11 Diversas aproximaciones del Diseño Centrado en el Usuario (elaboración propia en base a Steen, Kuijt-Evers y Klok, 2007)

El proceso del HCD, consiste en una serie de pasos orientados a incorporar la visión del usuario en el proceso de diseño del producto o servicio. Esta serie de pasos se presentan en forma secuencial pero son repetidos cíclicamente hasta alcanzar el objetivo de diseño deseado.

El HCD propone cuatro principios clave para el desarrollo de la HCI (Maguire, 2001):

- 1) El involucramiento activo del usuario y una comprensión clara de los requisitos del usuario y de la tarea. Una de las fortalezas del HCD es el involucramiento de los usuarios finales, que son quienes tienen un conocimiento del contexto en el cual el sistema será usado.
- 2) Una adecuada distribución de funciones entre el usuario y el sistema. Esta definición debe de estar basada en apreciación de las capacidades humanas, sus limitaciones y las demandas particulares de las tareas del sistema.
- 3) La iteración de las soluciones de diseño. El diseño iterativo permite recibir retroalimentación de los usuarios finales y permite al sistema llegar más lejos.
- 4) Equipos de diseño multidisciplinarios. El desarrollo de sistemas centrados en el humano es un proceso colaborativo que se beneficia del involucramiento activo de diferentes perspectivas, cada una con propuesta novedosa y experimentada.

CAPÍTULO 6: METODOLOGÍA

“La vida es una serie de resultados. A veces el resultado es lo que uno quiere, grandioso, piense en lo que hizo bien. A veces el resultado no es lo que uno quería, piense en lo que hizo y que no volverá a hacer.”

Albert Einstein – Físico alemán

Una metodología es aquella que nos permite realizar una serie de pasos ordenados para conocer el significado que guardan los hechos y los fenómenos que observamos con el fin de encontrar, refutar o aportar nuevo conocimiento sobre un tema en particular (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010). Una metodología a su vez, está compuesta de una serie de métodos que van pavimentando el camino a lo largo de una investigación, y que permiten encontrar resultados cuantitativos y cualitativos de diversa índole.

6.1 Contextualización

El presente estudio estuvo vinculado en todo momento a un proyecto de mayor alcance denominado Fondo Mixto (FOMIX), promovido por el Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en colaboración con la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Este antecedente contribuyó a la definición de: el tipo de problemáticas a atender, el tipo de investigación a desarrollar y sus alcances.

Cabe mencionar, que el proyecto también estuvo vinculado al Fondo de Proyectos Especiales (FOPER) de la UAQ en su edición 2014, lo que facilitó la obtención de recursos económicos y la incorporación de estudiantes a nivel licenciatura.

Orígenes de la investigación

a) FOMIX CONACYT

Como ya se mencionó anteriormente, esta investigación se desarrolló en el marco de la convocatoria del FOMIX de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica promovido por el CONACYT en colaboración con la UAQ. Dicho proyecto llevó por nombre “Modelo integral para el desarrollo social a través del

turismo cultural comunitario en la Sierra Gorda queretana” y que tuvo por objetivo “generar un modelo sustentable para el desarrollo de las comunidades serranas queretanas a través de rutas turísticas con base en estudios académicos provenientes de diversas disciplinas de los elementos con potencial turístico”.

Dentro de sus líneas de investigación, la del “desarrollo y articulación de una red de Museos Comunitarios” fue la que permitió enriquecer esta propuesta de proyecto en términos del acercamiento con la comunidad, estableciendo lazos de colaboración con algunos representantes locales para poder obtener la información requerida para el Desarrollo del Sistema Interactivo. De igual forma, el proyecto también buscó la generación de nuevo conocimiento en el área de los recursos naturales, mediante cursos de Educación Ambiental, situación que permitió una mejor relación entre la comunidad y la biosfera así como el respeto por la naturaleza.

b) FOPER

En el año 2014, se concursó en esta convocatoria con la finalidad de “contribuir a la formación de estudiantes de la Universidad Autónoma de Querétaro, mediante el desarrollo de proyectos en las diferentes áreas del conocimiento que impacten en la calidad de vida de la comunidad universitaria y de los queretanos” (UAQ, 2014). A través de esta convocatoria fue posible la realización de algunas de las pruebas de validación, tales como la generación de prototipos y la adquisición de tecnología para el desarrollo del proyecto.

Siendo su principal objetivo el impacto en la calidad de vida de los queretanos, este proyecto se alineó adecuadamente con los intereses del presente estudio, y permitió fortalecerlo, al facilitar el acceso al talento y conocimiento disponible en manos de estudiantes de las carreras de Ingeniería de Software, Biología y Diseño Industrial.

Definición del problema

El planeta “se encuentra en el fondo de una severa crisis de diversidad natural y cultural” que son amenazadas por “las tendencias de –progreso- y –modernización- bajo el esquema de desarrollo fundamentado en principios como la competencia, la

especialización, la hegemonía y la uniformidad. Bajo estos paradigmas de la racionalidad económica y tecnológica... la diversidad es percibida como un problema” (Toledo & Barrera-Bassols, 2008). Dichos esquemas y formas de “vivir, pensar, producir, valorar, utilizar, contaminar” son el resultado directo del desarrollo social e histórico, el modelo actual de desarrollo le da prioridad a una economía que ya no es sustentable y que es injusta socialmente, situación que se vuelve aún más grave debido a la codicia de los sectores privados y públicos por “el agua, el suelo, la tierra, el bosque, los minerales, las bellezas escénicas” (Martínez, 2010)

Frente a la crisis y deterioro del Medio Ambiente como consecuencia de la sociedad que sigue creciendo sin parar, “nos encontramos con propuestas educativas, fomentadas por las administraciones, que introducen la transversalidad y la educación en valores en pleno desarrollo del neoliberalismo más salvaje, lo que llega a que no se cuestiona el “agente” causante de estos efectos indeseables, la raíz de los problemas; en cambio se desvía la atención hacia sujetos sometidos, sobre los que recae la responsabilidad de mejorar el sistema” (Yus, 1998).

Los planes y programas impartidos en las instituciones de educación estructurada (Aguilar, 2003), no logran dar respuesta a la inminente necesidad de cuidar y proteger el ambiente natural que nos rodea, dichas instituciones están rebasadas por las problemáticas “sociales, culturales, políticas y económicas nacionales e internacionales” (De Alba, 1998) y el constantes cambio tecnológico (Castells, y otros, 1994).

Actualmente se vive “una seria y peligrosa crisis cultural y educativa” que requiere “respuestas pedagógicas que impidan el desarrollo de una sociedad deprimida y pobre”, y que ante dicho escenario, “no falta quienes se preguntan por qué nuestros museos no se llenan y por qué no se convierten en un lugar educativo y cultural” (Álvarez, 2008). Lo anterior podría explicarse debido a que en el museo aún “prevalecen miradas muy tradicionales y cerradas sobre lo que puede o debe hacer un museo al respecto” (Maceira, 2008).

Ante este escenario aquellos museos con poco o nulo dinamismo, se apartan de los círculos de esparcimiento y oferta en la educación del país o localidad en la que se encuentran, quedando atrapados en una problemática de nula proyección, falta de reconocimiento y poco financiamiento (Herrero, 2000). Lo anterior, obliga a que el museo construya una profunda interacción con el entorno en el que está inmerso, que permita producir en el visitante un mayor impacto basado en experiencias significativas (CEAPRC, 2014).

Aunado a lo anterior, la Divulgación de las Ciencias presenta carencias en diversas áreas, centradas principalmente en la falta de mecanismos y herramientas, originados por la carencia de inversión económica para el desarrollo de materiales e instalaciones, la ignorancia del proceso de enseñanza-aprendizaje, las dificultades para explorar la gran cantidad de contenidos académicos, un mayor enfoque en otras disciplinas como las matemáticas o el español y la no vinculación entre el Medio Ambiente y la vida cotidiana (García-Ruiz & Orozco, 2008).

Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son las oportunidades de innovación en la interacción con contenido científico y ambiental basado en tui, con el fin de mejorar la experiencia del usuario en un museo?
2. ¿Cuáles son las categorías de información que se pueden incluir en el desarrollo de un sistema interactivo?
3. ¿Cuáles son las formas de representación más adecuadas que permitan atender los intereses de la comunidad?
4. ¿Cuáles son los requerimientos que debe de tener un prototipo de un sistema interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario?

Composición de la investigación

Debido a las condicionantes planteadas en el punto 6.1.1 de este capítulo, esta investigación se definió como mixta (Pereira, 2011) por valerse de herramientas cuantitativas y cualitativas para realizar una observación descriptiva de la realidad (Kawulich, 2005) (Gutiérrez, 2007), a través de su observación y medición directas.

Así mismo, fue un estudio transversal o de prevalencia, puesto que permitió estimar las variables asociadas a la Experiencia del Usuario en el uso de un Sistema Interactivo en un momento dado, sin necesariamente tener continuidad en el tiempo o espacio.

Selección de metodología

La metodología que se aplicó en la presente investigación, recuperó la propuesta de Maguire (2001) basada en el estándar 13407 del Organización Internacional de Estandarización (AENOR, 2000) que comprende diversos métodos para dar soporte al proceso del Diseño Centrado en el Usuario, partiendo de la perspectiva del usuario en el desarrollo de Sistemas Interactivos (ver Figura 12).

Aunque la ISO 13407 se transformó en la norma ISO 9241-210:2010 “Ergonomics of Human-System Interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems”, los principios contenidos en el documento son esencialmente los mismos.

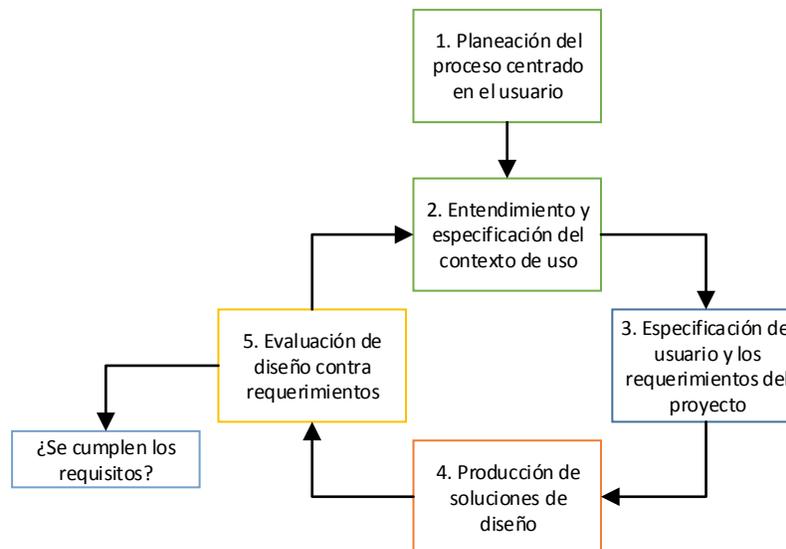


Figura 12 Etapas de la metodología (elaboración propia en base a AENOR, 2000)

Conforme se desarrolló el proyecto de investigación, este estándar se complementó con métodos adicionales que permitieron aumentar el grado de análisis, respondiendo a necesidades específicas de la etapa en cuestión.

A continuación se hace la descripción de las actividades realizadas para cada paso de la metodología seleccionada.

6.2 Desarrollo de la metodología

Planeación del Proceso de Diseño Centrado en el Usuario

Para la realización del proyecto se realizó una reunión con las personas involucradas en el desarrollo del proyecto mediante. Dicha reunión tuvo por objeto coleccionar información respecto y generar una visión compartida de los siguientes puntos:

- ¿Por qué se desarrollará el sistema? ¿Cuáles serían los objetivos generales? ¿Cuáles serían los parámetros para que consideramos que el proyecto fue un éxito?
- ¿Quiénes serían los usuarios y las tareas a desarrollar? ¿Por qué usarían el sistema? ¿A quiénes impactará el desarrollo del proyecto?
- ¿Cuáles son los objetivos en términos de la Experiencia del Usuario?

Para la obtención de la información anteriormente mencionada, se aplicó la entrevista como herramienta y método de recolección de información.

Entendimiento y especificación del contexto de uso

- a) Identificación de las partes involucradas

La aplicación del análisis sistemático de Método del Marco Lógico para la identificación de los usuarios, permitió asegurar que todos aquellos individuos, instancias y organizaciones que serán impactadas en el desarrollo del sistema, fueran contemplados. Esto incluyó a toda la cadena de uso desde el usuario final hasta el personal que conceptualiza, diseña, desarrolla e implementa el sistema (Aldunate, 2004).

b) Área de estudio

Una vez conocida el área en la que se aplicaría el presente proyecto, se llevó a cabo una investigación documental sobre el área geográfica que sería la fuente de toda aquella información que formaría parte del sistema. Esta investigación contempló presentar información en primer lugar sobre el municipio de Pinal de Amoles, haciendo referencia a las características geológicas, climáticas, y demográficas del municipio. Después, se centró la atención de la investigación documental en las características específicas de la comunidad de San Pedro Escanela. En este punto se presentó evidencia de los rasgos más relevantes de la comunidad.

c) Estudios de campo y observación

Para el estudio de campo y observación, se realizó una visita a tres museos interactivos presentes en la ciudad de México, y que tienen en su haber diversos Sistemas Interactivos de acuerdo a su especialidad.

La forma en que se llevó a cabo la observación fue mediante la Método AEIOU, que consiste en la observación de: Actividades, Entorno, Interacciones, Objetos y Usuario.

d) Análisis de tareas

El análisis de las tareas se llevó a cabo mediante un diagrama de flujo que representa las operaciones a nivel de tarea del Sistema Interactivo para poder presentar el contenido previamente estructurado en forma de categorías.

El uso de diagramas de flujo es una método ampliamente difundido para la representación de tareas, puesto que, mediante una representación visual, es posible conocer las tareas que ejecuta un sistema (Cantón, 2010).

Especificación del usuario y los requerimientos del proyecto

a) Análisis de las partes involucradas

El Análisis de las partes Involucrados se basó en el método propuesto por la Metodología del Marco Lógico desarrollada por el Instituto Latinoamericano y del

Caribe de Planificación Económica y Social (Aldunate, 2004). Este método permitió la visualización de los individuos, grupos de personas e instituciones u organismos que pudieran verse impactadas por el desarrollo de un Sistema Interactivo que dé a conocer las características del Ambiente Natural y el conocimiento comunitario sobre el mismo, que rodean a la comunidad de San Pedro Escanela.

La Metodología del Marco Lógico se aplicó en el análisis de las partes involucradas puesto que se ha usado exitosamente para la planeación y seguimiento de proyectos para el desarrollo. Este método es bien conocido por su sencillez y facilidad de comprensión (Ortegón, Pacheco, & Prieto, 2005).

b) Entrevistas con los requerimientos del usuario

En el desarrollo del Sistema Interactivo, se aplicaron entrevistas semiestructuradas con actores clave de la comunidad; dicho método y herramienta es conocida por ser una herramienta útil y rápida para la obtención de los requerimientos del usuario (Thóra, Gunnarsdóttir, & Atladóttir, 2006).

Para llevar a cabo tal actividad, se seleccionaron a tres actores clave presentes en la comunidad, a saber: Aquileo, Cesáreo y Aquilina, integrantes del comité del museo de San Pedro Escanela, quienes contaban con información relevante para la creación de la propuesta del Sistema Interactivo. Dichas entrevistas se llevaron a cabo tanto en la ciudad de Querétaro, como en la misma comunidad.

Las entrevistas semiestructuradas estuvieron organizadas de tal forma que se pudiera obtener información respecto a:

- ¿Cómo surge la necesidad de dar a conocer las características del Medio Ambiente de San Pedro Escanela?
- ¿Cómo debería estructurarse el contenido temático del Sistema Interactivo?
- ¿A quiénes debería estar dirigido el contenido del Sistema Interactivo?
- ¿Cuáles deberían de ser las formas de representación de dicho contenido?
- ¿Cuáles son las necesidades presentes en términos de contenido que se desean dar a conocer?

La selección de estas preguntas, respondió a la necesidad de conocer de forma tácita las motivaciones detrás de la necesidad de dar a conocer las características del Medio Ambiente desde una perspectiva Científica y Comunitaria simultáneamente.

c) Mapeo de las necesidades del usuario

El mapeo de las necesidades respecto al contenido temático del usuario, se realizó en base a las propuestas de clasificación de acuerdo a Toledo (2008) que organizan al entorno natural de acuerdo a temáticas previamente establecidas. Esta clasificación permitió aterrizar las aspiraciones de las partes involucradas, en aspectos tangibles que más adelante se convirtieron en las directivas respecto al contenido.

d) Mapeo de funciones

El mapeo de las funciones se realizó mediante una tabla que organizó cada uno de sus elementos en términos de Concepto, Determinante, Requerimiento y Descripción. Esta tabla presentó no solo las funciones, sino también las señales y control requeridos para el sistema, la vida útil y el mantenimiento, así como la documentación requerida.

e) Identificación de funciones

Con el objetivo de identificar las funciones que comprenden al sistema, estas se dividieron en tres subsistemas tales como:

- Subsistema 1: Unidad de procesamiento y detección
- Subsistema 2: Plataforma de detección y visualización
- Subsistema 3: Interfaz Tangible de Usuario

Requerimientos de usuario, de usabilidad y organizacionales

Requerimientos de Usuario

Los requerimientos del usuario respecto a los contenidos temáticos previamente establecidos, se recolectaron mediante un taller de sensibilización realizado con

pobladores de la comunidad. Dicho taller fue impartido en la comunidad por parte del Dr. Narciso Barrera Bassols.

Requerimientos de Usabilidad

La explicitación de toda aquella información que era relevante para el desarrollo del Sistema Interactivo, se realizó mediante el método estructurado de Reuniones de Contexto para definir la usabilidad del sistema en términos de los ambientes técnico, físico y organizacional. Esta información fue luego organizada y clasificada de acuerdo a las tareas esperadas de operación.

Dentro de los requerimientos de usabilidad, también se selección tanto el motor gráfico y el método de detección para el reconocimiento de los patrones fiduciaros.

Producción de soluciones de diseño

Guion gráfico

El guion gráfico, presentado en una secuencia de imágenes, está diseñado para mostrar la relación entre lo que hace el usuario con el sistema a través de las entradas y salidas, y son una herramienta útil para el diseño sistemas interactivos, esto debido a la atención que se le presta a la presentación gráfica que permite comunicar más fácilmente los requerimientos y propiedades de un sistema sin la necesidad de utilizar características técnicas complejas (Luyten, y otros, 2010) además de permitir la interacción con las partes interesadas de una forma rápida y eficiente (Pham, Meyer, Kitzmann, & Schneider, 2012).

Contenido, audiencia, historia y cuento

En esta parte del proceso, se aplicó el método de representación llamado CAST (Contenido, Audiencia, hisToria y Cuento) para representar de forma cualitativa la información organizada en forma de categorías.

Jerarquización de conceptos.

Temática

La jerarquización temática del sistema interactivo, se llevó a cabo mediante una representación visual del contenido, dicha jerarquización, permitió el análisis final para descartar temáticas no deseadas o de menor relevancia de acuerdo a los intereses de la comunidad.

En este apartado también se realizó la vinculación con diversas instancias para la obtención de los insumos temáticos especializados que eran requeridos para la representación del contenido.

De igual forma, también se generó una propuesta iconográfica que permitiera por un lado representar el contenido y por otro lado, asociar la imagen a la información que se presenta en pantalla.

Prototipado

a) Papel y MockUp

El prototipado en papel es conocido como un método para el proceso de diseño centrado en el usuario, y que permite crear propuestas de diseño que logra concretar las expectativas y requerimientos del usuario, particularmente en el diseño y prueba de las interfaces del usuario. Funciona como una herramienta de comunicación, como una prueba de usabilidad, prueba de concepto de diseño, arquitectura de la información de forma rápida y sencilla (Sefelin, Tscheligi, & Giller, 2003).

En el presente estudio se hicieron varias propuestas iniciales que se fundamentan en la construcción de una propuesta de diseño articulada entre la interfaz y el objeto que permita generar una adecuada Experiencia de Usuario. Después de presentar la propuesta inicial se procedió a recibir retroalimentación y posibles formas de presentación del sistema, buscando disminuir los niveles de complejidad.

El prototipado en papel se utilizó para generar propuestas de diseño de la interface y plataforma de detección y visualización. Durante esta etapa fue posible identificar los elementos iniciales que formarían parte del aspecto visual así como la detección de posibles problemáticas resultado de las propuestas de diseño.

El proceso llevado a cabo en la sesión, consistió en primer lugar en una presentación inicial explicando el concepto de Prototipo en papel, y los alcances de la aplicación del método. Enseguida se les presentó una propuesta de prototipo en papel para que los asistentes conocieran las características que se buscaban en términos de interacción con la interface. A continuación se les facilitó a los participantes materiales para el desarrollo de sus propias propuestas de prototipo en papel. Después, se procedió a la presentación de cada una de las propuestas de prototipo en papel. Seguido de la presentación, se realizaron preguntas orientadas a realizar nuevos descubrimientos para los participantes y poder encontrar posibles ventajas y desventajas de las propuestas. Terminada la sesión, se llevó a cabo la evaluación de los prototipos en papel y MockUp mediante una tabla de valoraciones del tipo Pugh Chart, lo que arrojó la selección del prototipo más idóneo para que más adelante fuera tomado como referencia en la programación de la interfaz en prototipos funcionales.

El uso del instrumento de evaluación del tipo Pugh Chart, ha demostrado ser una herramienta válida para encontrar las propuestas de diseño más idóneas en un determinado proceso de creación de nuevos productos o servicios (Arunachalam, Arun, & Rajesh, 2014).

La evaluación contempló los siguientes cuatro criterios de diseño, cada uno con un peso de valoración (ver Tabla 12).

Criterio de diseño	Peso (en el diseño del sistema)
Atrayente	3
Manipulable	4
Mantener atención	5
Interacción grupal	2

Tabla 12 Criterios de evaluación seleccionados para el Pugh Chart

La escala de valoración consistió en la utilización de un signo de “+” para sumar los puntos para cada al peso del criterio de diseño, un signo de “-“ para restar los puntos de acuerdo al peso del criterio de diseño y un “0” (cero) para no sumar ni restar puntos de acuerdo al peso del criterio de diseño. Esto arrojó un puntaje total para cada propuesta de prototipo.

b) Simulación

En esta parte del proceso se realizó una simulación de software mediante el uso presentaciones construidas con gráficos e imágenes que pretendieron dar una idea de la forma en que operaría el Sistema Interactivo, cuando menos en la parte de la interfaz gráfica del usuario.

c) Funcional

Una vez completados los procesos de simulación, se inició la programación directamente en la plataforma de Unity, y la conexión con ReactIVision para implementar las funciones de interacción requeridas.

Simultáneamente se inició la elaboración de un primer prototipo que permitiera realizar las labores de simulación del software funcional. Dicho prototipo permitió la detección de problemáticas referentes al diseño físico y funcional del sistema

Posteriormente se desarrolló el segundo prototipo del sistema que incorporó las mejoras resultantes del prototipo anterior. Este prototipo representó la propuesta que se utilizaría en la evaluación del diseño contra los requerimientos en la siguiente etapa.

Evaluación de diseño contra requerimientos

Evaluación heurística

Durante este proceso, se realizaron evaluaciones heurísticas en base a la aplicación del método DELPHI, que sirvió para la obtención de previsiones fiables del tipo cualitativo, y así como para recabar información sobre las posibles ventajas y desventajas del desarrollo del sistema interactivo.

La consulta mediante el método DELPHI, contemplo el intercambio de opiniones expertas en las áreas de:

- Desarrollo de Software
- Diseño de Producto
- Innovación y Desarrollo de nuevos negocios
- Telecomunicaciones

En dicha evaluación se les preguntó sobre las características generales que debería de contemplar el sistema, las posibles problemáticas y retos que se tendrían que resolver. También se les preguntó sobre las posibles mejoras a las que el sistema podría ser sometido.

La realización de este método tuvo como finalidad la obtención de una visión holística y desde diferentes disciplinas.

Cuestionarios de satisfacción

a) Descripción de instrumento metodológico

Dentro del campo de la evaluación de Sistemas Interactivos existen diversos métodos de tales como: el Open Profiling of Quality (OPQ), el Repertory Grid Technique (RGT) y el Questionnaire for User Interaction Satisfaction (QUIS). Estos métodos han sido aplicados en una gran variedad de escenarios y han permitido obtener resultados valiosos en el desarrollo de plataformas interactivas.

Sin embargo, se encontró que uno de los más utilizados es el QUIS (Tullis & Albert, 2008), debido a que ha sido ampliamente utilizado y validado en el contexto del diseño de los Sistemas Interactivos. Dicho cuestionario ha sufrido mejoras desde su presentación en el año de 1980 y ahora representa un instrumento serio para permitir la validación de un sistema basado en Interfaces Tangibles de Usuario.

El cuestionario QUIS está organizado en cinco categorías de evaluación. A continuación se presenta la definición conceptual de las variables de cada categoría:

- Reacciones generales: en este apartado se puede encontrar la evaluación de cinco dimensiones destinadas a medir la reacción en términos generales que el usuario experimenta al usar un Sistema Interactivo. Estas dimensiones son:
 - Sistema terrible / maravilloso: describe la valoración que el usuario experimenta en términos generales sobre el sistema en general.
 - Sistema difícil / fácil: describe la sensación respecto a dificultad o facilidad que el usuario experimenta en términos del uso del sistema
 - Sistema frustrante / satisfactorio: describe una de las dimensiones más importantes y críticas del sistema, la sensación percibida por el usuario sobre si el uso de terminado sistema le produce frustración o satisfacción.
 - Sistema con capacidad insuficiente / capacidad suficiente: se refiere a la sensación percibida por parte del usuario sobre el sistema cuenta con la capacidad insuficiente o suficiente en su funcionamiento y operación.
 - Sistema aburrido / estimulante: describe otra de las dimensiones más importantes y críticas del sistema, respecto a la sensación percibida por el usuario sobre el sistema es aburrido o estimulante en términos de interés en su uso.
 - Sistema rígido / flexible: describe la sensación percibida por el usuario en el aspecto de la rigidez o flexibilidad que el sistema presenta en su operación.
- Pantalla: en este apartado se evalúa al sistema en términos de la presentación de la información en pantalla, dictada por:
 - La dificultad o facilidad para leer las letras en la pantalla: describe la característica del sistema para leer las letras en la pantalla.
 - La pobre o alta capacidad del sistema para resaltar la información que permita la simplificación de las tareas: describe la característica del sistema para resaltar la información que permita realizar las tareas de una forma más eficiente y eficaz.

- La confusa o clara organización de la información en la pantalla: describe la característica del sistema para mostrar la información de una forma confusa o clara en su organización.
- La confusa o clara secuencia de las pantallas del sistema: describe la característica del sistema para presenta para presentar la información organizada en pantallas de forma secuencial.
- Terminología e información del sistema: en este apartado se evalúan las características del sistema para su operación de forma consistente, dada por:
 - La inconsistencia o consistencia del uso de los mismos tipos de palabras a lo largo del sistema: describe la característica del sistema para el uso de los mismos términos.
 - La inexistencia o existencia de palabras que correspondan al uso de la tarea realizada: define la característica del sistema para asociar adecuadamente el uso de palabras que representen la tarea que se está realizando-
 - La inconsistencia o consistencia de ubicación de los mensajes en la pantalla: define la característica del sistema para presentar la información en forma de mensajes ubicada correctamente y que no impida la operación del mismo.
 - La confusión o claridad de los mensajes en pantalla que le indican al usuario lo que debe de hacer: define la característica del sistema para indicarle al usuario lo que debería de hacer en determinado estado de funcionamiento.
 - La inexistencia o existencia del estado del sistema sobre lo que se está haciendo en todo momento: define la característica del sistema para mantener informado al usuario de lo que está haciendo en todo momento.
 - La inutilidad o utilidad de los mensajes de error que el sistema presenta en su operación: define la característica del sistema para presentar información relevante cuando se presentan mensajes de error en la operación del mismo.

- Aprendizaje: en esta dimensión del cuestionario se busca conocer el aprendizaje que el usuario desarrolla para el uso del sistema en términos de:
 - La dificultad o facilidad que el usuario experimenta para aprender a usar el sistema: define la característica del sistema que le permita al usuario aprender a usar al sistema fácil o difícilmente.
 - La dificultad o facilidad que el usuario experimenta para explorar nuevas funciones a base de prueba y error: describe la característica del sistema que le permite al usuario aprender a usar el sistema en base a prueba y error sin que esto represente la dificultad para volver a estados iniciales de operación.
 - La dificultad o facilidad que el usuario experimenta para recordar los nombres y comandos del sistema: describe la característica del sistema que le permite al usuario recordar los nombres y comandos que son utilizados a lo largo del sistema.
 - La inexistencia o existencia de tareas que se realizan de forma sencilla por el usuario: define la característica del sistema para la realización de tareas por parte del usuario de una forma sencilla.
 - La inutilidad o utilidad de los mensajes de ayuda en pantalla para el usuario: define la característica del sistema para presentar mensajes de ayuda útiles y relevantes para el usuario.
 - La confusión o claridad de los materiales de referencia complementarios y opcionales que acompañan al sistema: define la característica del usuario para complementar el uso de sistema con otros materiales.
- Capacidades del sistema: dimensión del cuestionario que busca evaluar características operativas del sistema, consistente en:
 - La lentitud o rapidez del sistema: describe la característica del sistema respecto a su funcionamiento en términos de lentitud o rapidez.
 - La no confiabilidad o confiabilidad del sistema: describe la característica del sistema para demostrar mediante su operación, confiabilidad.

- Lo ruidoso o silencioso del sistema: define la característica del sistema para operar de forma silenciosa o ruidosa.
- Lo difícil o fácil que corrige los errores del usuario: describe la característica del sistema para que fácilmente pueda corregir los posibles errores que el usuario cometa en la operación del sistema.
- El adecuado o inadecuado diseño del sistema para todos los usuarios: define la característica del sistema para atender a diversos grupos de usuarios con características diferenciadas.
- Usabilidad e Interfaz Gráfica: otra importante dimensión del sistema que evalúa la usabilidad en términos de:
 - El malo o buen uso de colores y sonido en el sistema: define la característica del sistema en el buen o mal uso de colores y de sonido.
 - La mala o buena capacidad de respuesta del sistema: define la característica del sistema para responder ante las solicitudes de ejecución de tareas por parte del usuario.
 - La incomodidad o comodidad que el sistema produce ante los errores: define la característica del sistema para producir incomodidad o comodidad ante los errores.
 - La mala o buena presentación de mensajes del sistema y reportes: define la característica del sistema ante la presentación de mensajes y reportes para el usuario.
 - El bueno o malo orden y apariencia del programa: describe la característica del sistema para presentar un buen o mal orden y apariencia general.
- Características físicas del sistema: en este apartado se hace la caracterización de las dimensiones físicas del sistema en términos de:
 - La mala o buena durabilidad del sistema: describe la característica del sistema para perdurar en el tiempo.
 - La buena o mala estética del sistema: describe la característica del sistema para percibirse como bueno o malo a nivel estético.

- La buena o mala comodidad del sistema: describe la característica del sistema para usarse cómodamente por el usuario.
- percibidas por el usuario respecto al Sistema Interactivo.

En relación a la escala de evaluación, el cuestionario contempla una numeración para todos los apartados y que va del 1 al 10. Donde el 1 representa una peor o menor calificación para la dimensión evaluada, y el 10 representa una mejor o mayor calificación para la dimensión evaluada.

Además de las dimensiones anteriormente mencionadas, se agregaron los siguientes grupos de preguntas:

- Perfil: agregado con la intención de caracterizar a los grupos a los que se les aplicó el cuestionario por grupos de edad y género.
 - La agrupación en la edad respondió a los grupos de estudio de nivel educativo básico, media superior, superior, y adultos sin estudiar.
 - La agrupación de género fue femenino y masculino: esta división solo se incorporó con fines informativos.
- Tres aspectos: la segmentación de los aspectos positivos y negativos permite obtener información sobre las cualidades percibidas por el usuario respecto al Sistema Interactivo:
 - Tres aspectos más negativos del sistema: describe tres aspectos más negativos de las cualidades percibidas por el usuario respecto al Sistema Interactivo
 - Tres aspectos más positivos del sistema: describe tres aspectos más positivos de las cualidades

CAPÍTULO 7: RESULTADOS

“Siempre me ha gustado empezar con los hechos, observarlos, caminar a la luz de la experimentación y demostrar tanto como sea posible, y discutir los resultados”

Giovianni Arduino – Geólogo italiano

En este capítulo del proyecto de investigación, se presentan los resultados derivados de la aplicación de la metodología mencionada en el Capítulo 6.

7.1 Planeación del proceso de Diseño Centrado en el Usuario

Las personas convocadas a la etapa de planeación (ver Tabla 13) fueron seleccionadas debido a la vinculación previa resultado del proyecto FOMIX.

Nombre	Rol en el proyecto
Cesáreo Jasso Márquez	Representante del museo local
Don Aquileo	Representante de la comunidad
Doña Aquilina	Pobladora y fundadora del museo local
Mtra. Rosa Estela Reyes García	Especialista en museografía
Lic. Zurishadai Ortiz	Especialista en biología y ambiente natural

Tabla 13 Participantes de la planeación del proceso

En dicha reunión, se pudo generar una visión compartida sobre los alcances del proyecto.

- 1) Necesidades: se encontró en base a las entrevistas realizadas, que el interés de la comunidad giraba al redor de crear un Sistema que permitiera conocer información referente a la diversidad biológica y al conocimiento de la comunidad de San Pedro Escanela.
- 2) Objetivo general: Se estableció que el objetivo general del proyecto sería promover las características naturales y el conocimiento de la comunidad, mediante un sistema interactivo para que pueda ser conocido en un museo
- 3) Parámetros de éxito: Se estableció que los parámetros para considerar que el proyecto fuera un éxito, sería lograr que la información proveniente de la comunidad de San Pedro Escanela, pudiera ser dada a conocer en un museo.
- 4) Usuarios: Se determinó que los usuarios de dicho sistema fueran primordialmente los estudiantes de primaria, secundaria y preparatoria,

además de visitantes en general que tuvieran acceso al sistema interactivo, independientemente de su ubicación. Estos visitantes al museo desean conocer por medio de los elementos de presentes de un Sendero Ambiental, representativo de la zona, que permitiese incorporar conocimientos relacionados con la Divulgación de las Ciencias y el Medio Ambiente, de una forma estructurada. También, se propuso que pudiera ser utilizado no solo por estudiantes, sino también por profesores e investigadores, así como por centros de investigación y educativos interesados en el tema.

- 5) Experiencia del usuario: se estableció que los términos en que se dará esta experiencia, estará sustentada en formas de representación atractivas y dinámicas para el usuario del Sistema Interactivo y que al mismo tiempo correspondieran a los intereses de la comunidad.
- 6) Tareas: las tareas esenciales de los usuarios serán las de exploración, manipulación y asimilación de contenido científico general y particular a través del uso de una Interfaz Tangible de Usuario, capacidad de cómputo, proyección de contenido visual y una plataforma de visualización física.
- 7) Restricciones: las limitaciones técnicas estuvieron orientadas a la capacidad del sistema que pudiera ser aplicado en un museo.

Por convenir a los intereses de la presente investigación, se tomará a forma de ejemplo y caso de estudio, temáticas relacionadas con Especies Animales en Peligro de Extinción de la Reserva de la Biosfera del estado de Querétaro.

7.2 Entendimiento y especificación del contexto de uso

Identificación de las partes involucradas

Resultado del análisis del Método del Marco Lógico se logró identificar a las partes interesadas en su conjunto:

- Visitante (usuario final)
- Profesores
- Investigadores interesados en la divulgación científica
- Evaluadores del proyecto
- Equipo desarrollador del sistema interactivo

- Asesores en museografía
- Museos
- Organismos No Gubernamentales
- Asociaciones comunitarias
- Comunidades
- Autoridades educativas
- Autoridades gubernamentales

Cabe aclarar que más adelante, se realizó un análisis a mayor profundidad de cada una de las partes involucradas.

Análisis del contexto de uso

Área de estudio

Pinal de Amoles es uno de los 18 municipios que conforman el estado de Querétaro, su nombre proviene de la palabra náhuatl “amolli”, se encuentra al norte a 153 kilómetros de la capital del estado; colinda al norte con el municipio de Arroyo Seco, al sur con los municipios de San Joaquín y Cadereyta de Montes, al este con los municipios de Jalpan de Serra y San Joaquín, y al oeste con el municipio de Peñamiller y el estado de Guanajuato. Se encuentra ubicado geográficamente entre las coordenadas 99°26’ y 99°43’ de longitud oeste del meridiano de Greenwich y entre los paralelos 20°58’ y 21°21’ de latitud norte. Cuenta con un territorio de 705.3698 kilómetros cuadrados lo que representa el 6.04% de la superficie estatal. Este municipio cuenta con una orografía variable de pendientes, pequeñas planicies y mesetas con una altitud variable de entre los 839 msnm hasta los 3,350 msnm. Su hidrografía es mayormente torrencial. Dos ríos de relevancia cruzan por el municipio: el Extoraz proveniente del sur en dirección al oriente, así como el Rodezno o Río Escanela que cruza las comunidades de Escanela, Escanelilla y Ahuacatlán. Cuenta con 143 manantiales, 6 bordos y 20 corrientes. Existen tres tipos de clima: templado húmedo con una temperatura media anual que va de los 12°C a los 18°C con una precipitación de 850 mm anual; clima semicálido seco con temperaturas anuales van de los 18°C a los 22°C con una precipitación media de 509 mm anuales; y el clima semicálido húmedo con lluvias en verano y un bajo porcentaje de lluvias invernales con una precipitación anual de 992 mm. Dentro de los principales ecosistemas se encuentra la selva caducifolia en el norte y bosques

en la parte central y noroeste principalmente. Su fauna es de gran diversidad siendo los más comunes el venado cola blanca, puma, tigrillo, gato montés, pinto rabo, coyote, mapache, tlacuache, armadillo, zorra, zorrillo, liebre y conejo. Respecto a las aves se pueden encontrar pájaros carpinteros, jilguero, gorrión, chuin, perico, guacamaya y cuero. También se pueden encontrar reptiles como la víbora de cascabel y coralillo. El tipo de suelo en su mayoría es de origen sedimentario. (INAFED, 2014).

De acuerdo al Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, el municipio contaba en el año 2010, con una población de 27,093 personas que representa el 1.4% de la población total en el estado. En términos educativos, 2,951 personas no cuentan con escolaridad, 3,249 terminaron la primaria, y 3,799 la secundaria. El grado promedio de escolaridad es de 5.83 años. La población de 15 años o más corresponde a 16,275, de los cuales 2,786 son analfabetas (SEDESOL, 2014).

Dentro de las 198 localidades con las que cuenta dicho municipio, se encuentra San Pedro Escanela, que don Alfonso de Tovar y Guzmán describe de acuerdo a la Cédula Real del año 1557 “se descubrieron yacimientos de plata y plomo” que originaron la creación del pueblo minero. San Pedro Escanela está rodeado de una gran diversidad biológica caracterizada por Bosques Templados y Bosques Mesófilos de árboles como los pinos, cedros, encinos, oyameles y madroños (INAFED, 2014). Cuenta con un clima templado subhúmedo y paisajes boscosos. En esta comunidad se ubica la cascada “El Salto”, con una altura de 35 metros aproximadamente. La población actualmente cuenta con una población de 485 habitantes, de los cuales 198 son hombres (43.61%) y 256 (56.39%) son mujeres. De esta población, 177 personas mayores de 15 años cuentan con educación básica incompleta. El grado medio de escolaridad de San Pedro Escanela es de 4.82 años de educación. Según datos del INEGI (2014) en la localidad la población económicamente activa corresponde a 83 personas ocupadas en los sectores de la agricultura y explotación forestal principalmente con un 45.33%, así como al sector terciario de servicios y transporte con un 40% de ocupación.

Estudios de campo y observación

Se realizó una visita de campo a tres museos de tipo interactivo con la intención de realizar una observación directa y descriptiva (ver Tabla 14).

Variables	Museo Interactivo de Economía	Papalote Museo del Niño	Museo de las Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México
Actividades	Reflexiones sobre el comportamiento de la economía	Desarrollo de actividades lúdicas con contenido científico	Conocimiento de aspectos científicos sobre diversos temas
Entorno	Formal	Infantil	Agitado
Interacciones	Tecnológico	Mecánico	Tecnológico y Mecánico
Objetos	Pantallas táctiles, botones	Palancas, cámaras, perillas, etc.	Pantallas táctiles, botones, palancas, perillas, etc.
Usuario	Adolescentes y Adultos	Infantes y Adultos	Infantes, Adolescentes y Adultos

Tabla 14 Guía de observación AEIOU

Museo Interactivo de Economía (MIDE):

- Se pudo observar un fuerte uso de tecnología computacional, principalmente pantallas táctiles y botones.
- Se encontró que la mayoría del público visitante correspondió a estudiantes de secundaria y preparatoria.
- Se descubrió que la intención principal del museo es presentar información relacionada con la economía, pero en términos asequibles para un público que no está relacionado con el tema.

Papalote Museo del Niño:

- Se pudo observar el contenido del museo fue de características lúdicas con un alto contenido educativo.
- Se encontró que la mayoría del público visitante correspondió a niños de educación básica
- Se constató que el uso de la tecnología estuvo limitado a la presentación de fenómenos científicos pero con un enfoque de interacción mecanicista.

Museo de las Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNIVERSUM):

- Se encontró que es el museo con la variedad de contenido científico más diversificado.
- Se encontró que hace uso extensivo de tecnología interactiva con alto contenido tecnológico y mecánico.
- Se observó que el público visitante es diverso y contempla varios grupos de edad.

Análisis de tareas

El diagrama de flujo se utilizó como una forma visual de representar y analizar las tareas involucradas en el funcionamiento del Sistema Interactivo. A continuación se presenta el diagrama (ver Figura 13)

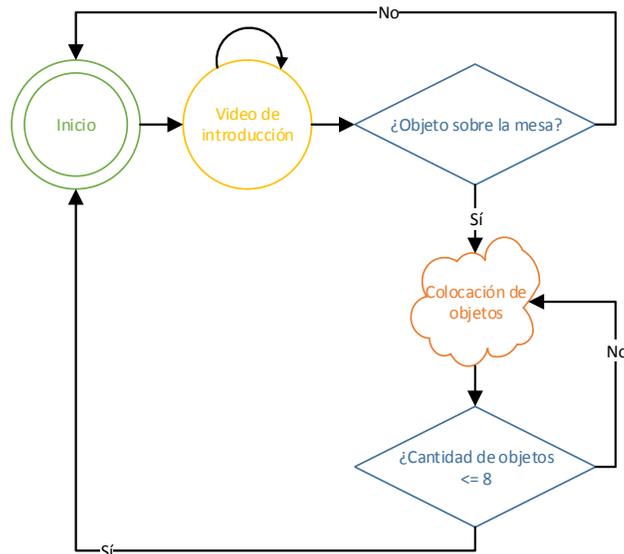


Figura 13 Diagrama de flujo

Y se pudieron identificar las siguientes tareas:

- Función de inicio: estado inicial del sistema
- Función de introducción: estado de latencia en donde se puede observar el primer contenido interactivo

- Función de detección: estado en el que se está buscando constantemente por un nuevo elemento.
- Función de conteo: estado en el que se lleva el conteo de los objetos colocados.

7.3 Especificación del usuario y los requerimientos del proyecto

Análisis de las partes involucradas

El resultado del análisis de las partes involucradas dio como resultado la siguiente tabla, que permite hacer una separación entre el agente involucrado, su interés en el Sistema Interactivo, la problemática que se presenta para este agente, y los medios con los que cuenta en el uso del Sistema Interactivo (ver Tabla 15).

Involucrados	Interés	Problemática	Medios
Visitante	Aprender mediante herramientas didácticas que hagan atractivo el proceso / Los estudiantes son indiferentes al conocimiento de la ciencias	Existe poco interés en las ciencias, y en general sobre conocimientos científicos	Capacidad de aprender, interés, curiosidad espontánea
Profesores	Encontrar nuevas formas de transmitir el conocimiento / Los profesores no cuentan con capacitación respecto al uso de nuevas herramientas didácticas	Existe una capacitación deficiente respecto al proceso de enseñanza aprendizaje	Programas de estudio
Investigadores interesados en la divulgación científica	Aplicar herramientas tecnológicas en la enseñanza de descubrimientos	Los nuevos avances y conocimientos no se concretan en una aplicación práctica	Transferencia de conocimiento, metodologías
Evaluadores del proyecto	Mejorar la propuesta de desarrollo y contenido	Disponibilidad de tiempo	Experiencia y conocimiento sobre los temas del proyecto Visión global de las problemáticas
Equipo desarrollador del sistema interactivo	Aplicar técnicas de diseño para la creación de un sistema que permita facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales	Articulación teórica y perspectivas de diseño de diferentes disciplinas Diferentes códigos y lenguajes	Capacidad de análisis y síntesis, estándares, usabilidad, ergonomía.
Asesores en museografía	Diseñar el contenido para su presentación correcta y secuencial	La aplicación de tecnologías emergentes en su quehacer	Herramientas de discurso museográfico y conocimiento del público visitante
Museos	Proveer de nuevas herramientas en el contexto de la ENF para los visitantes	Carencia de recursos suficientes para aplicar los avances en el desarrollo de Sistemas Interactivos	Difusión, apoyo institucional,

Tabla 15 Análisis detallado de las partes involucradas

Involucrados	Interés	Problemática	Medios
Organismos No Gubernamentales	Impulsar el desarrollo del proyecto	Existe una deficiente cantidad de recursos para una gran cantidad de proyectos que presentan diferentes prioridades	Recursos económicos, apoyo organizacional
Asociaciones comunitarias	Interés de proveer de contenido científico para sus beneficiarios	Falta de atención de las necesidades de las comunidades que representan	Vinculación con organismos de gobierno, instituciones educativas, convocatoria a las comunidades
Comunidades	Conocer de una forma asequible el conocimiento científico que se inserta en el contexto de su colectividad	Recursos económicos insuficientes, falta de organización, desconocimiento de su contexto	Capacidad de organización, vinculación con gobierno y academia
Autoridades educativas	Aumentar la variedad de herramientas y apoyos educativos para los profesores y estudiantes	Insuficiencia de recursos Carencia de medios para el desarrollo de nuevas herramientas	Reconocimiento de programas y planes de estudio
Autoridades gubernamentales	Mejorar y proteger los ecosistemas y medio ambientes naturales. Aumentar el desarrollo económico de la región protegiendo los recursos disponibles	Asignación de recursos a temas de mayor importancia	Capacidad de articulación institucional

Tabla 15 Análisis detallado de las partes involucradas (continuación)

Entrevistas con los requerimientos del usuario

De acuerdo a las entrevistas realizadas a los tres principales actores en la comunidad de San Pedro Escanela, se pudo recolectar la siguiente información en forma de requerimientos:

- Valoración y conocimiento del Medio Ambiente que aledaño a la comunidad de San Pedro Escanela.
- Cuidado y protección del agua y de los bosques
- Rescate de los saberes tradicionales relacionados con la flora medicinal y comestible
- La utilización de herramientas interactivas para mejorar la experiencia de los visitantes a un museo.
- La necesidad de atraer a estudiantes de primaria, secundaria y preparatoria mediante la presentación de objetos que el usuario pueda manipular.

- Representación del contenido rescatando los elementos básicos de un Sendero Interpretativo Ambiental (unidades de vegetación, plantas comestibles, plantas medicinales, conservación)

Estos resultados pusieron de manifiesto la necesidad de que el Sistema Interactivo pasase de ser un objeto pasivo de conocimiento a un sujeto de activo de aprendizaje, “dejando de ser únicamente sala de exposición, predominantemente informativa y con pocas opciones para la participación del receptor, para transformarse en un centro de interacción cultural; tiene que dejar de ser sólo una institución de documentación, para transmutarse en un complejo proceso de comunicación” (González J. , 1993).

Mapeo de las necesidades del usuario

El ejercicio llevado a cabo para el mapeo de las necesidades respecto al contenido. Se presentó una organización inicial que contempló las temáticas de: geomorfología, usos de la tierra y mensaje de conservación (ver Tabla 16).

Temática	Contenido
Geomorfología	Geología
	Relieve
	Suelos
	Clima
	Vegetación
	Fauna
	Agua
Usos de la tierra	Agricultura / Ganado
	Unidades de vegetación
	Plantas útiles (medicinales y alimento)
	Toponimia (nombres de lugares)
	Rituales (patrimonio inmaterial)
Mensaje de conservación	Cambio climático
	Deforestación

Tabla 16 Mapeo inicial de las partes interesadas de la comunidad

Mapeo de funciones

Funciones

La tabla de mapeo de funciones organizó la información para su mayor comprensión. Los resultados de esta tabla fueron utilizados posteriormente para la definición de aspectos prácticos como el tipo de tecnología y los requerimientos de diseño y operación (ver Tabla 17).

Concepto	Determinante	Requerimiento	Descripción
Dimensiones	Presentación en diferentes escenarios	Transportabilidad	Dimensiones menores a (ancho, alto, profundidad) :1.5 mts x 1.5 mts x 1.90 mts
Energía	Funcionamiento de sistema	Alimentación de energía eléctrica	Consumo máximo energético: 300 Watts, Cableado: una sola conexión a muro
Funciones	Almacenamiento, detección y procesamiento de información	Equipo de cómputo	Procesador: 3.9 Ghz, Número de Núcleos: 4, Memoria Caché: 8 Mb. Versión de procesador: i7. Memoria RAM: 8 Gb. Almacenamiento: 1 Tb. Puertos de conexión: 6 USB 2.0. Tarjeta de video adicional: GPU 980 Mhz, Memoria 2 Mb. Salida: HDMI. Resolución VGA: 2048x1536, Resolución Digital: 4096x2160. Consumo: 330 Watts. Peso: 5.1 kilogramos
Funciones	Soporte a ambiente de almacenamiento y procesamiento	Sistema Operativo	Sistema: Microsoft Windows 7 Service Pack 1, Idioma: Español
Funciones	Visualización de información	Software de Interfaz Gráfica de Usuario	Lenguaje de programación: Unity
Funciones	Detección de patrones fiduciarios	Software de detección de patrones	Plataforma de desarrollo: ReactIVision
Funciones	Detección de patrones fiduciarios	Software comunicación entre detección de patrones e interface gráfica de usuario	Librería: Uniducial
Funciones	Detección de patrones fiduciarios	Cámara Web	Tecnología: CMOS, Definición 1920 x 1080, resolución: 8 MP, Conectividad: USB 2.0, Compresión de video H.624, Lente Carl Zeiss Forma: diferentes figuras impresas en 3D, Textura: variable, Color: Variable, Dimensiones menores a (ancho, alto, profundidad): 5 cm x 10 cm x 5 cm .Colocación de patrones fiduciarios: inferior
Funciones	Manipulación de información	Objeto realizado en impresora 3D	Tipo de instalación: portátil, Desplazamiento: ruedas giratorias con freno de 2", Montaje de pantalla: integrado. Superficie: plana, Acabado: transparente, Longitud transversal de 42". Área (ancho x profundidad): 1 mt máximo, Resistencia: al impacto y manejo rudo. Altura máxima de superficie: 70 cm. Ubicación: parte superior del objeto de mobiliario. Sujeción de componentes: sujeción de equipo de cómputo, sujeción de cableado de datos y energía interno, sujeción de pantalla, sujeción de cámara web.
Funciones	Almacenamiento, transportación, proyección y detección	Objeto de mobiliario	Tecnología: LED, Longitud: 55", Frecuencia de refresco: 120 Mhz, Conexiones: VGA x 1 y HDMI x 1, Montaje: VESA, Resolución: 1920 x 1080, FULL HD (1080p), Sujeción: anexa al objeto de mobiliario. Peso: 20.6 Kilogramos. Dimensiones menores a (ancho, alto, profundidad): 125 cm x 74 cm x 10 cm
Funciones	Visualización de información	Pantalla	Códigos bidimensionales fiduciarios
Señales y control	Manipulación de información	Interfaz tangible de usuario	Tecnología: HDMI o VGA, Longitud: Metros
Señales y control	Transmisión de datos gráficos	Cable de video	Temporalidad: 1 vez cada mes
Vida útil y mantenimiento	Cuidado de partes	Mantenimiento preventivo	Temporalidad: cada vez que se presente un incidente de mal funcionamiento
Vida útil y mantenimiento	Cuidado de partes	Mantenimiento preventivo	
Documentación	Proyecto de tesis	Metodología y Resultados y Análisis	

Tabla 17 Mapeo de funciones operativas

Identificación de funciones

Cada uno de los subsistemas desarrollados, permitieron al Sistema Interactivo, cumplir con las funciones requeridas para la visualización y manipulación de la información.

En cada uno de los subsistema se describió detalladamente el componente, la función del componente, la disposición que guardaba respecto a los otros componentes, el material en términos de características y propiedades, el proceso de transformación por el que pasó el componente (ya sea un componente comercial o realizado manualmente) y el ensamble que determinó la forma en que se relacionaba con el resto de los componentes del subsistema y sistema en su conjunto. Dicha segmentación permitió tener una aproximación detallada de cada uno de los elementos que conformaron cada subsistema

Subsistema 1: Unidad de procesamiento y detección

La función principal de este subsistema consiste en la realización de las actividades de procesamiento y detección necesarias para la manipulación de la información (ver Tabla 18).

Componente	Función	Disposición	Material	Proceso de transformación	Ensamble
CPU	Procesamiento de datos de entrada y salida	Colocado dentro del gabinete en la parte inferior	Cumple con las características de velocidad de procesamiento de las señales recibidas y emitidas.	Componente comercial	Se conecta a los periféricos para el envío y entrada de señales de datos.
Monitor	Visualización de información del CPU	Colocado dentro del gabinete en la parte superior	Cumple con las características de visualización de información de salida	Componente comercial	Se conecta al CPU
Teclado	Introducción de comandos	Colocado dentro del gabinete en la bandeja	Cumple con las características de durabilidad y compatibilidad	Componente comercial	Se conecta al CPU
Dispositivo apuntador	Selección de opciones de configuración en pantalla	Colocado dentro del gabinete en la bandeja	Cumple con las características de durabilidad y compatibilidad	Componente comercial	Se conecta al CPU

Tabla 18 Unidad de procesamiento y detección

Componente	Función	Disposición	Material	Proceso de transformación	Ensamble
Cable HDMI	Transmisión de señal de video al sistema de proyección digital	Colocado en la parte trasera del gabinete y con salida al exterior	Cumple con las características de longitud, protección electromagnética y durabilidad	Componente comercial	Se conecta al CPU y la pantalla del Subsistema 2
Sistema operativo	Realización de operaciones básicas de inicio de sesión y ambiente de trabajo	Instalado en el disco duro	Cumple con las características tecnológicas de compatibilidad, velocidad y precio	Componente comercial	Instalado
Software para generación Ambiente de desarrollo de Interfaz Gráfica	Generación de Interfaces Gráficas de Usuario	Instalado en el disco duro	Cumple con las características de generación de ambiente visual	Componente comercial	Instalado
Software para detección de códigos bidimensionales fiduciaros	Detección de Interfaces Tangibles de Usuario	Instalado en el disco duro	Cumple con las características de detección de patrones de imagen y generación de patrones	Componente de fuente abierta	Instalado
Video cámara digital	Proveer de detección de imágenes	Colocación vertical	Cumple con las características de resolución, enfocado y velocidad de detección	Componente comercial	Atornillada al tornillo para trípode universal.

Tabla 18 Unidad de procesamiento y detección (continuación)

Subsistema 2: Plataforma de detección y visualización

Este subsistema comprendió el objeto físico en que se alojó el subsistema de procesamiento y detección, y permitió dar soporte y protección al subsistema anterior. Dicho subsistema es el que sirvió para entrar en contacto directo con el usuario (ver Tabla 19).

Componente	Función	Disposición	Material	Proceso de transformación	Ensamble
Adhesivo blanco industrial	Realizar ensambles	Entre piezas de madera	Pegamento blanco que provee de unión firme y duradera,	Componente comercial	Interactúa con otras piezas de madera para proveer de un ensamble firme, duradero y confiable.
Cubierta	Fungir como superficie de detección y soporte para el subsistema 3	Vertical	Cubierta de cristal templado. Por sus buenas propiedades mecánicas, su fácil transformación, disponibilidad y precio de primera unidas de canto	Componente comercial Realización de corte Realización de rectificado de cantos Realización de lijado Realización de barnizado	Mediante siliconas adhesivas.
Acabado de superficie general	Fungir como protección	Sobre toda la superficie de la plataforma de proyección (excluyendo la cubierta)	Recubrimiento Provee de protección de alto rendimiento, durabilidad y resistencia a toda la superficie (excluyendo la cubierta)	Componente comercial Aplicación mediante aspersión	Interactúa con las superficies de la plataforma
Tornillos de unión de travesaños	Unir a los travesaños 1 y 2, para permitir fuerza estructural, además de permitir su desarmado y transportación	Vertical, en las cuatro perforaciones presentes en los travesaños	De acero Cumple con las características de rigidez y sujeción	Componente comercial Fijación de travesaño 1 con travesaño 2	Interactúa con travesaño 1 y travesaño 2
Tornillos de unión de travesaños con soportes interiores	Unen los postes de las patas con los soportes inferiores, para permitir fuerza estructural, además de permitir su desarmado y transportación	Verticales	De acero Cumple con las características de rigidez y sujeción	Componente comercial Fijación de travesaño 1 con travesaño 2	Interactúa los postes de las patas 1, 2, 3 y 4; y los travesaños 1 y 2
Pantalla	Permitir la visualización de la información resultado del procesamiento y detección originados en el subsistema 1	De forma vertical.	Cumple con las características de definición en términos de calidad y velocidad de imagen.	Componente comercial. Fijación en cualquier medio de instalación externa	Interactúa directamente con el subsistema 1

Tabla 19 Plataforma de detección y visualización

Subsistema 3: Interfaz Tangible de Usuario

En este subsistema, se conceptualizó la integración del objeto físico que permitió la manipulación de la información. En el diseño de este subsistema se contempló, por un lado el objeto impreso en 3D y por otro lado el código fiduciario que manipularía la información a través del Subsistema 1 (ver Tabla 20).

Componente	Función	Disposición	Material	Proceso de transformación	Ensamble
Objeto tangible para manipulación de información	Permiten la manipulación por parte del usuario, de la información de proyectada digitalmente sobre la superficie de la plataforma y de los objetos mismos	Colocados sobre la cubierta de proyección	Estratificación secuencial de policarbonato	Por medio de impresión en 3D	Interactúa con el usuario y con la video cámara digital para la detección se posición y orientación.
Acabado de la superficie del objeto tangible	Permite una diferenciación por medio del color, de cada una de las funciones	Colocados en la superficie del objeto tangible	Acrilico	Componente comercial. Aplicado manualmente	Ninguno.
Códigos fiduciarios bidimensionales para manipulación de información	Permiten la detección de patrones por medio de la video cámara digital	Instalados en las superficies horizontales de los objetos de manipulación	Laminado plástico imprimible, Es resistente, lavable, durable y bajo precio	Componente comercial Por medio de impresión	Interactúa con las superficies de los objetos y con la video cámara digital para su detección.

Tabla 20 Interfaz Tangible de Usuario

Requerimientos de usuario, de usabilidad y organizacionales

Requerimientos de Usuario

Durante el taller de sensibilización, las personas participantes aportaron de viva a voz, los requerimientos en términos de contenido para cada una de las temáticas. En el desarrollo de esta actividad, se tuvo la oportunidad de recabar diversa información que se organizó de acuerdo a las temáticas previamente definidas. De igual forma para cada necesidad o aspiración, se le organizó de tal forma que pudiera incorporarse a alguna de las temáticas (ver Tabla 21).

Temática	Necesidad o aspiración Comunitaria
Geomorfología	
Geología	Recorrido del territorio de lo general a lo particular
Relieve	Cuando se formó (Mesozoico), Sombra orográfica. La pingüica
Suelos	Si está presente
Clima	Templado húmedo (temperatura, precipitaciones, temporal)
Vegetación	Liquidámbar (quiramba). Álamo.
Fauna	Querreque, venados, jilguero, águila blanca, águila gris, osos, puma, ardilla, ocelote, coyote gris, tejón (mapache), armadillo, tlacuache, armadillo, pinto rabo (negro y blanco) cacomixtle, conejos, salamandras. Víbora negra.
Agua	Agua de la virgen, el pozo de la higuera, el pozo del calvario, y el pozo del zorrillo, pozo de ojo de agua. El arroyo del real.
Usos de la tierra	
Agricultura / Ganado	Maíz (blanco, amarillo y negro), frijol, calabaza, chayote, teja (girasol). Naranja, lima durazno, chayote. Moras Borregos y reces (no es tan representativo)
Unidades de vegetación	Bosque ripario (álamo), bosque de coníferas (encino-roble, pino, cedro), bosque tropical, bosque mesófilo.
Plantas útiles (medicinales y alimento)	Medicinales: ortiga (arterioesclerosis, tomada), apio, perejil, sábila, pelos de elote, palo amole (estómago), epazote (susto y derrame de bilis), poleo, yerba del negro (empacho, diabetes), ajeno (dolor de estómago), sangre de grado (hemorragia y encías), jarilla (dolor de huesos), Alimento: teja, quelites, berros, nopales, pemoches (colorín), coyoles (tomatillo), girasol.
Toponimia (nombres de lugares)	El cerro del amole (es una raíz), el cerro de la cruz, la loma, las mesas, el pastor, el cerro de agua enterrada, el cerro del chilacayote
Rituales (patrimonio inmaterial)	3 de mayo el señor de la salud (fiesta tradicional), 29 de junio patrono San Pedro (fiesta patronal),
Mensaje de conservación	
Cambio climático	
Deforestación	La problemática de la deforestación, evitar el saqueo de plantas. Que la gente redescubra donde vive y tu entorno. Cómo puedo conservarlo aún más. Prevención. Serían medidas preventivas. Fomentar el arraigo y buscar medios de aprovechamiento de mi entorno. Tú y el bosque.

Tabla 21 Tabla de definición de requerimientos de usuario

Requerimientos de usabilidad

Los requerimientos de usabilidad se desarrollaron en base a las necesidades en términos de los grupos de usuarios a los que estaría enfocado el sistema, el tipo de tareas que desempeñarían en el uso del sistema, en ambiente técnico en donde el sistema operaría, el ambiente físico así como el ambiente organizacional (ver Tabla 22).

Grupos de usuarios	Tareas	Ambiente técnico	Ambiente físico	Ambiente organizacional
<p>Habilidades y experiencia: No necesaria</p> <p>Conocimiento de la tarea: No necesaria</p> <p>Cualificaciones: Lectoescritura</p> <p>Habilidades de lenguaje: Habilidades básicas de comunicación oral en español.</p> <p>Capacidades físicas: manipular objetos a una altura de 90 cm</p> <p>Capacidades cognitivas: atención, análisis, síntesis, inferencia y decisión.</p> <p>Edad y género: 10 años en adelante. Sin restricciones de género, orientación sexual, religión, raza.</p>	<p>Lista de tareas:</p> <p>Exploración de contenido científico por niveles de detalle de acuerdo al tipo de información</p> <p>Objetivos; Conocimiento de contenido científico mediante el uso de interfaz tangibles de usuario</p> <p>Salidas: visualización de información (texto, gráficas, mapas, estadísticas, fotografías)</p> <p>Pasos: 1. Inicio, 2. Selección de TUI, 3. Selección de elemento de interacción</p> <p>Frecuencia de uso: cada vez que sea necesario</p> <p>Importancia: utilización de herramientas didácticas tecnológicas en el contexto de la ENF para el conocimiento de contenido científico</p> <p>Duración: tiempo estimado de 5 minutos</p>	<p>Hardware: Equipo de cómputo comercial, Equipo de visualización de información comercial. Equipo de video detección comercial. Equipo de bocinas comercial estéreo.</p> <p>Software: Sistema Operativo Comercial Microsoft Windows, Ambiente de desarrollo en Unity. Sistema de detección y seguimiento de patrones bidimensionales fiduciaros reactIVision.</p> <p>Comunicaciones: Transmisión de señales alámbricas VGA y USB</p> <p>Materiales: MDF, Acrílico, Acabado de superficies comercial, PTR.</p> <p>Otro equipamiento: Interfaz Tangible de Usuario mediante Impresión estratificada secuencial en 3D</p>	<p>Ambiente acústico: Emisión sonora no mayor a 55 dB (OMS)</p> <p>Ambiente térmico: Temperaturas Máxima: Sobre los 2438 m 31° C. Bajo los 2438 m 35° Mínima 5° C</p> <p>Ambiente visual: Vibración: el sistema deberá ser fijo mientras se opera</p> <p>Postura del usuario: Erguido</p> <p>Riesgos para la salud: Sin riesgos de operación derivada del uso de químicos, electricidad, ergonomía, volumen y peso del sistema</p>	<p>Asistencia: operación del sistema de forma autónoma o asistida por instructor</p> <p>Política de uso: Conservación del sistema en buen estado,</p> <p>Objetivos institucionales: Divulgación de contenido científico y medio ambiental. Desarrollo de Sistema Interactivo con pertinencia social. Formación de estudiantes e investigadores. Vinculación con la sociedad.</p>

Tabla 22 Tabla de requerimientos de usabilidad

a) Plataforma de desarrollo basada en Unity 3D.

Respecto al ambiente de desarrollo del entorno visual, se seleccionó la plataforma Unity 3D, que ofrece ventajas para la creación de programas computacionales con capacidad interactiva. Dicha plataforma es un ecosistema de desarrollo de ambientes virtuales con un potente motor de gráficos (UNITY, 2014) que no solo ha sido usado para video juegos, sino también para simulación de ambientes virtuales, zonas de combate, y por supuesto sistemas interactivos.

b) Detección de patrones gráficos ReactIVision

En cuanto a la detección de patrones gráficos se refiere, se seleccionó el marco de trabajo para el desarrollo de plataformas de detección de patrones gráficos denominados fiduciaros que se agregaron a objetos físicos para la manipulación de información, lo que permitió el desarrollo rápido de las Interfaces Tangibles de Usuario sin la necesidad de realizar nuevos programas de cómputo (ver Figura 14) (reactIVision, 2014).

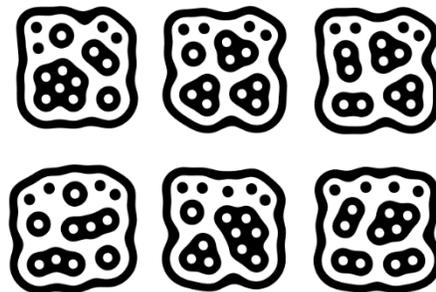


Figura 14 Imagen de un código fiduciario

En este apartado se seleccionaron los primeros diez códigos para que pudieran ser configurados en la plataforma de desarrollo de Unity (ver Anexo 1).

7.4 Producción de soluciones de diseño

Guion gráfico

Este guion se elaboró con la intención de ayudar a entender la forma esperada en que el usuario entrará en contacto con el sistema y que derivará en una posible estructuración y secuencia de operación del sistema (ver Figura 15).



Figura 15 Guion gráfico de la experiencia deseada

Además de servir como herramienta para el diseño de la experiencia deseada, también sirvió como mecanismo de comunicación con las partes interesadas en la comunidad, facilitando el proceso de recepción de información, y definición de las formas de interacción.

Contenido, audiencia, historia y cuento

De acuerdo a los requisitos del usuario y a las tareas esperadas del Sistema Interactivo, se desarrolló el contenido de acuerdo a las siguientes preguntas (Ver Anexo 2):

¿Cuál es el contenido?

En este apartado se hicieron las preguntas de ¿Por qué debería de contarse la historia?, ¿Qué es lo que debería de contarse? ¿Cómo debería de contarse la historia? y ¿qué pasaría cuando se cuente la historia?

¿Cuál es la audiencia?

En este apartado se realizó la definición de la audiencia en dos aspectos: a quienes se contaría la historia (partes involucradas) y cuáles sería el contexto del aprendizaje y el estilo de decisión (los medios con los que cuentan las partes involucradas para conocer sobre la temática planteada)

¿Cuál es la historia?

En este apartado se realizó la definición de la historia en tres aspectos fundamentales: la estructura que tendría la historia, cuáles serían los personajes, qué sentido de urgencia por contar la historia tendrían y como se presentaría la información.

¿Cómo se contará?

En este apartado se realizaron dos análisis. El primer análisis correspondió al diseño de la historia para determinar el orden en el que se contaría la historia. El segundo análisis correspondió a como se realizaría la prueba para la presentación de la

historia en términos de la comprensión esperada de la historia, que tipo de información previa sería requerida y en dónde se probaría la historia.

Jerarquización de conceptos

Temática

a) Jerarquización

La jerarquización de conceptos respecto a las temáticas que se presentarían en el Sistema Interactivo, se llevó a cabo un árbol de contenidos, que permitió presentar de una forma visual el contenido de sistema (ver Anexo 3).

La organización de las temáticas se obtuvieron en la detección de las necesidades de las partes involucradas presentes en la comunidad y permitió concretar la representación del contenido en unidades concretas de información (ver Tabla 23)

Temática	Forma de representación	Forma de representación
Introducción	Recorrido por el territorio	Recorrido virtual simulado, narración con voz en off, intercalación de imágenes, mapas y textos.
Geomorfología	Bosque Mesófilo	Integración de una fotografía representativa de este tipo de bosque, un mapa de la distribución del bosque y texto descriptivo de las características del bosque con voz en off.
	Bosque Templado	Integración de una fotografía representativa de este tipo de bosque, un mapa de distribución del bosque y texto descriptivo de las características del bosque con voz en off.
Flora útil	Plantas comestibles	Integración de un video descriptivo de los tres tipos de plantas comestibles más representativas de la región con voz off.
	Plantas medicinales	Integración de un video descriptivo de los tres tipos de plantas medicinales más representativas de la región con voz en off
Mensaje de conservación	Cuidado del agua	Integración de un video con un mensaje de conservación con imágenes más representativas del Medio Ambiente de la región con voz off.

Tabla 23 Unidades temáticas finales

b) Obtención de insumos temáticos

Como consecuencia del análisis anterior, se detectó la necesidad de la incorporación de diversos materiales audiovisuales para enriquecer la propuesta del interactivo, a decir:

- Recorrido virtual simulado: este recorrido se llevó a cabo mediante la grabación en pantalla de un recorrido virtual diseñado en Google Earth. El diseño de dicho recorrido, partió de las opiniones y retroalimentación de los representantes de la comunidad y propuso iniciar desde la perspectiva de la comunidad para alejarse paulatinamente hasta tener una visión planetaria de la realidad en la que se encuentra inmersa la comunidad, contemplando los siguientes puntos de interés:
 - Vista general del territorio de San Pedro Escanela
 - Vista general del territorio de El Madroño
 - Vista general del poblado de Pinal de Amoles
 - Vista general del territorio del Río Extoraz
 - Vista general del territorio de Peña Blanca
 - Delimitación territorial del municipio de Pinal de Amoles
 - Delimitación territorial del estado de Querétaro
 - Delimitación territorial del país México
 - Vista global del planeta
- Mapas, textos y fotografías especializados de las unidades de vegetación y geología: para la obtención de estos insumos, se estableció la colaboración con el Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN) perteneciente al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ). Esta colaboración facilitó el acceso a mapas de alta definición respecto a la geología, organización territorial y distribución de unidades de vegetación (bosques). Textos descriptivos especializados en los temas de las unidades de vegetación y características geológicas de la región.
- Textos y fotografías especializados de variedades biológicas de plantas medicinales y comestibles: para la obtención de estos insumos, se inició la colaboración con especialistas en biología y senderos interpretativos de la Facultad de Ciencias Naturales de la UAQ. Esta colaboración facilitó el acceso a información presente en el libro “Senderos Interpretativos, etnobotánica y diversidad florística en tres comunidades de la Sierra Gorda de Querétaro” (Ortíz, Ledesma, Rivera, Sánchez, & Hernández, 2014)

c) Propuesta iconográfica

Una vez organizado el contenido temático en categorías de información, así como formatos representacionales de la misma, se elaboraron diversas iconografías representativas de cada pieza de información.

La propuesta iconográfica se desarrolló en dos versiones de diseño. La primera versión permitió establecer algunas pruebas de concepto respecto al uso de color, forma, tamaño, etc. (ver Anexo 4).

Para la segunda versión se tomaron las opiniones del expertos del CQRN y de los representantes de la comunidad para la mejora en la propuesta iconográfica. Los resultados de dichas revisiones permitieron idear diseños mucho más representativos de las unidades de información presentes en el interactivo (ver Figura 16).

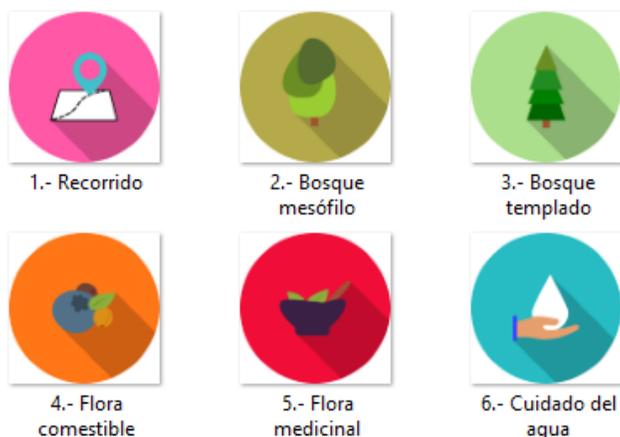


Figura 16 Propuesta iconográfica final

Prototipado

Papel

El resultado de la sesión para el prototipado en papel (ver Anexo 5) arrojó que la mejor propuesta de diseño respecto a la interfaz, es la que contempla el uso de iconografía representativa de cada una de las categorías de información. Esta propuesta inicial de prototipo, estableció la forma en que la iconografía sería colocada y su organización visual, de tal forma que la presentación de la información

fuera secuencial y en referencia a las temáticas previamente establecidas en la sesión de prototipado (ver Figura 17).

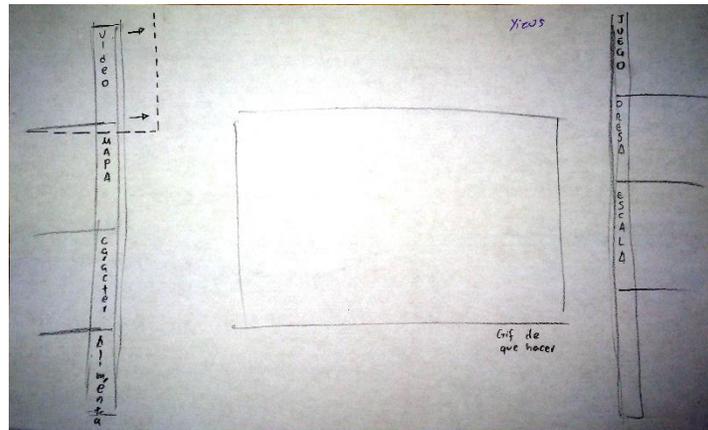


Figura 17 Propuesta de diseño seleccionada mediante Pugh Chart

MockUp

El resultado de la sesión para el prototipado MockUp (ver Anexo 6) arrojó que la mejor propuesta de diseño respecto plataforma de detección y visualización, fue la que contempló dos módulos independientes, uno para la detección y uno para la visualización. Esta propuesta inicial de prototipo MockUp, estableció la forma en que dividiría la plataforma, de tal forma que la interacción con la información se fuera en un sistema que permitiera la detección y manipulación de la información, así como un mecanismo de visualización independiente por medio de una pantalla (ver Figura 18).



Figura 18 Propuesta de prototipo MockUp seleccionada mediante Pugh Chart

Simulación

Como resultado de la selección del prototipo de papel, se realizaron diversas simulaciones en computadora mediante el uso de presentaciones en pantalla mediante "PowerPoint" (ver Anexo 7).

Como resultado estas simulaciones, se pudo observar que la forma idónea la que el usuario manipularía las diferentes temáticas y unidades de información sería a través de la colocación del código fiduciario sobre la plataforma de detección para que se iniciara la interacción con el contenido. Conforme el usuario colocase cada ícono representativo, información relevante sobre ese ícono se mostraría. Además, se contempló la posibilidad de que si el usuario realizaba un giro en el ícono representativo, este mostraría información de diferente índole, pero respecto a la misma temática (ver Figura 19).



Figura 19 Simulación de interacción mediante software

Funcional

a) Desarrollo de software

Los resultados de esta etapa, consistieron en el desarrollo de una plataforma de interacción de software que integró diferentes elementos (ver Figura 20):

- Contenido:
 - El contenido de recorrido virtual en forma de un video
 - La presentación del contenido temático de acuerdo a la asignación de un fiduciario a un ícono representativo de cada temática
 - La incorporación de diversos videos que mostraban el contenido temático
 - La incorporación de forma independiente, de voz en off, para cada uno de los videos incorporados.
- Técnico:
 - Conexión del software de reactIVision con el ambiente gráfico desarrollado en UNITY
 - Asignación de un código fiduciario a un ícono temático
 - La configuración de la resolución del software

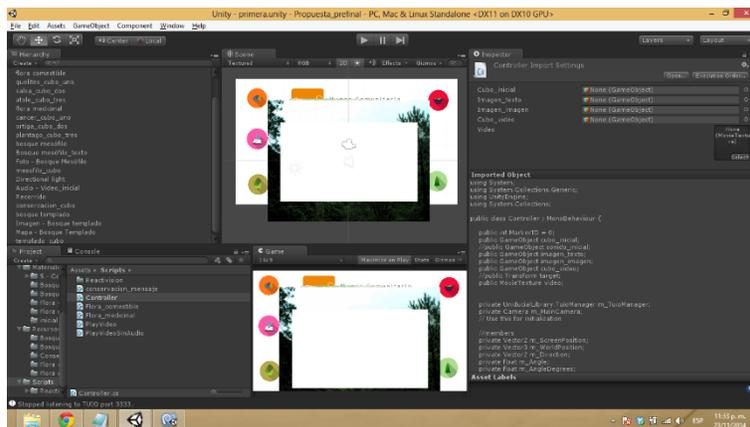


Figura 20 Muestra del ambiente de desarrollo en Unity conectado a reactIVision

b) Desarrollo de objeto

En este sentido se desarrollaron dos propuestas de diseño de objeto. La primera propuesta fue utilizada para observar posibles problemáticas en la plataforma de detección y visualización. Esta propuesta fue un prototipo representacional y permitió la realización de pruebas de funcionalidad del sistema integrado (ver Figura 21).

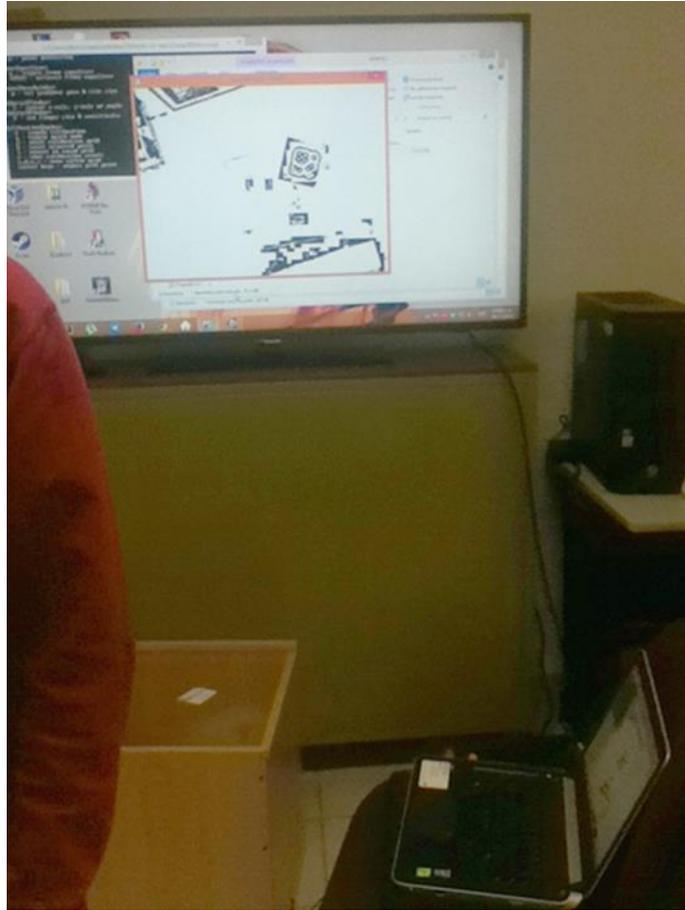


Figura 21 Primer prototipo en operación

En la elaboración del segundo prototipo de objeto, se llevaron a cabo dos propuestas de diseño en diversos materiales (ver Anexo 8).

La propuesta seleccionada para el sistema (ver Figura 22), comprende todas las observaciones recopiladas del primer prototipo. La forma en que se llevó a cabo la evaluación del prototipo fue mediante un recorrido en el uso del sistema. Este recorrido comprendo las características de:

- Durabilidad
- Estética
- Comodidad

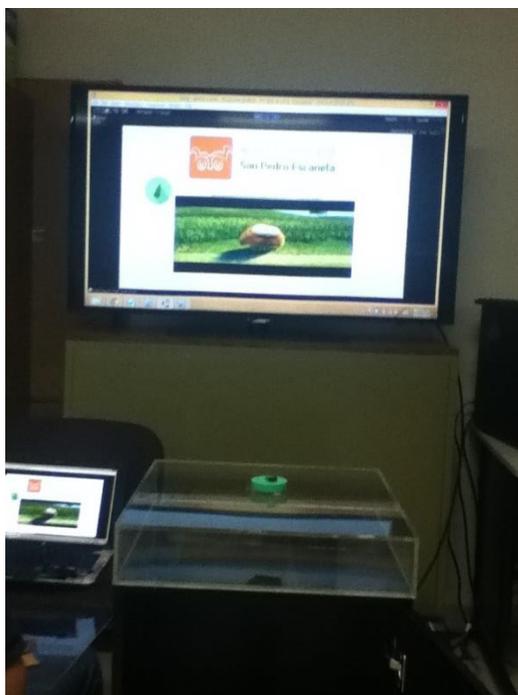


Figura 22 Segunda versión del prototipo, propuesta 2

7.5 Evaluación de diseño contra requerimientos

Evaluación heurística

En la aplicación del método DELPHI, se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo al experto consultado.

En consulta con el experto número 1, especializado en el Diseño de Producto, se pudieron constatar diversos puntos de reflexión:

- Enfoque del sistema: se obtuvieron recomendaciones respecto al enfoque que adoptaría el contenido, en este sentido se pudo conocer que el sistema debería de buscar una aproximación con el usuario que fuera sencilla, fácil de entender y sin que el usuario enfrentase

complejidad en su uso, esto es, no requerir de necesariamente de conocimientos previos.

- Representación: se obtuvieron proyecciones relacionadas con la forma en que se debería de presentar el contenido, de tal forma que se hiciera más atrayente para una mayor diversidad de público, a este respecto se habló de conservar el aspecto dinámico de la información pero sin caer en la informalidad en la representación de contenido científico.

En consulta con el experto número 2, especializado en Innovación y Desarrollo de nuevos negocios, se pudieron constatar diversos puntos:

- Adaptabilidad: se obtuvieron puntos de vista respecto a la importancia de generar un sistema que permitiera su adaptación a diversas áreas del conocimiento y no centrarse en una sola área de conocimiento. Es decir, que permitiera la incorporación de un área de conocimiento en especial, de acuerdo a las demandas existentes, para que después, se pudiera adaptar a otra área del conocimiento y así sucesivamente.
- Simulación: el experto señaló que el sistema debería de buscar las posibilidades de desarrollo que permitieran generar ambientes de simulación de fenómenos científicos que normalmente requieren de infraestructura y equipo complejo, de esta forma se le permitiría al usuario experimentar conceptos nuevos pero concentrados en un solo sistema.
- Interacción transparente: de acuerdo al conocimiento acumulado por el experto, las mejores formas de interacción con un sistema determinado, son aquellas que no representan ningún trabajo mental para quien entra en contacto con un sistema, por lo que expresó que un sistema como el que se estudia, debería de ser transparente, sin mostrar el uso aparente de computadoras.

En consulta con el experto número 3, especializado en Telecomunicaciones, se pudieron constatar diversos puntos:

- Simbología de iconografía: se debería de analizar el significado del ícono que representa cada una de las categorías de información, para conocer lo que representa para diversos grupos de individuos, y si esto contribuye o no al mejoramiento de la experiencia en el uso del sistema
- Instrucciones de uso: el experto señaló que el sistema debería de contar con instrucciones mínimas de operación para garantizar que el usuario sin conocimiento del sistema tuviera una guía mínima de uso.

En consulta con el experto número 4, especializado en Desarrollo de Software, se pudieron constatar diversos puntos:

- Demostración ante grupos de niños: el experto mencionó que el sistema debería de ser demostrado ante público infantil debido a que con ese grupo demográfico sería posible encontrar nuevas oportunidades de diseño.
- Documentación: de acuerdo al experto, el sistema debería de ir acompañado de documentación, tanto técnica como de uso, para permitir su uso sin que sea necesaria la presencia de personal experto o con alto conocimiento del sistema

Cuestionarios de satisfacción

Para la realización de este estudio, se instaló el prototipo de Sistema Interactivo por dos días consecutivos en la entrada principal del Museo Regional de Querétaro en donde se aplicó el cuestionario QUIS.

La aplicación del cuestionario se realizó conforme los visitantes acudían al museo por lo que no fue posible seleccionar una población específica.

Durante el estudio, se realizó la segmentación de dos grupos de usuarios:

- Demostración: A un grupo de usuarios solo se les hizo una demostración en el uso del Sistema Interactivo, pero sin que tuvieran una interacción directa con el prototipo.
- Uso directo: A otro grupo de usuarios se les permitió el uso directo del Sistema Interactivo, realizando la manipulación de los objetos.

Esto se llevó a cabo, con la finalidad de poder establecer dos grupos de comparación. Una vez concluida la demostración o que los usuarios terminaran su interacción con el sistema, se les pidió que realizaran el cuestionario QUIS para conocer sus opiniones al respecto de la experiencia.

Caracterización demográfica

a) Grupos de edad

Respecto a los grupos de edad de los usuarios a los que solo se les demostró el sistema, se pudo encontrar que el grupo de 10 a 15 representó la mayoría de los participantes con un 37.50%, seguido por el grupo de usuarios de 23 a 30 años con un 25 por ciento (ver Figura 23).

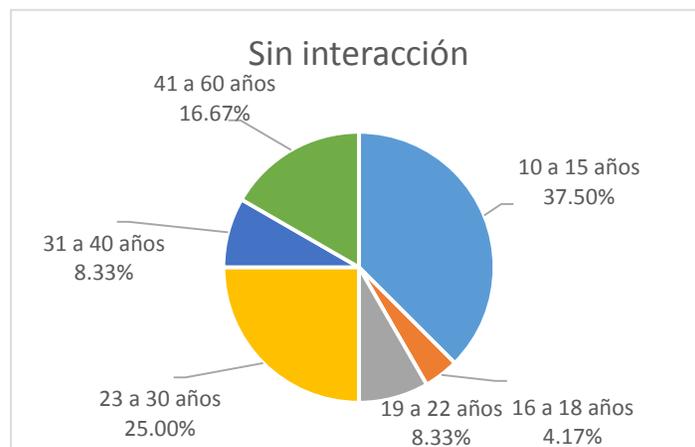


Figura 23 Grupos de edad de usuarios a los que solo se les demostró el sistema

Respecto a los grupos de edad de los usuarios que interactuaron directamente con el sistema, se pudo encontrar que la mayoría también estuvo representada por grupos de usuarios de 10 a 15 años pero con un porcentaje menor del 29.17%, seguido por usuarios de 31 a 40 años con un porcentaje de 20.83% (ver Figura 24).

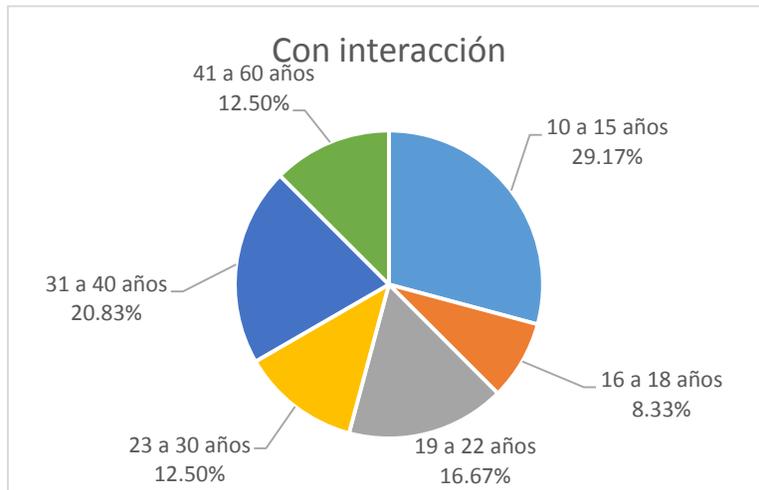


Figura 24 Grupos de edad de usuarios que tuvieron una interacción directa con el sistema

b) Género

Respecto al género, se encontró que aquellos grupos de personas a los que solo se les demostró el sistema fueron mayoritariamente del género masculino con un 58% y minoritariamente del género femenino con un 42% (ver Figura 25).

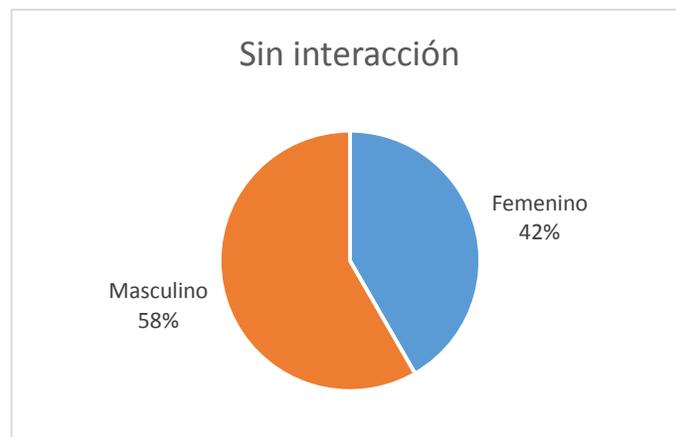


Figura 25 Grupo de usuarios por género a los que solo se les demostró el sistema

En el grupo de personas que tuvieron interacción directa con el sistema, se encontró que fueron mayoritariamente del género femenino con un 62% y solo un 38% del género masculino (ver Figura 26).

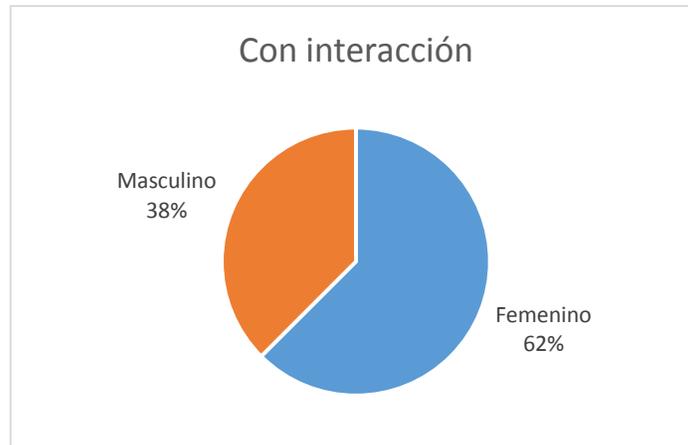


Figura 26 Grupo de usuarios por género que tuvieron interacción directa con el sistema

Evaluación cuantitativa

c) Reacciones Generales

Respecto a los resultados del cuestionario en el apartado de Reacciones Generales, se encontraron diversos resultados (ver figura 27).

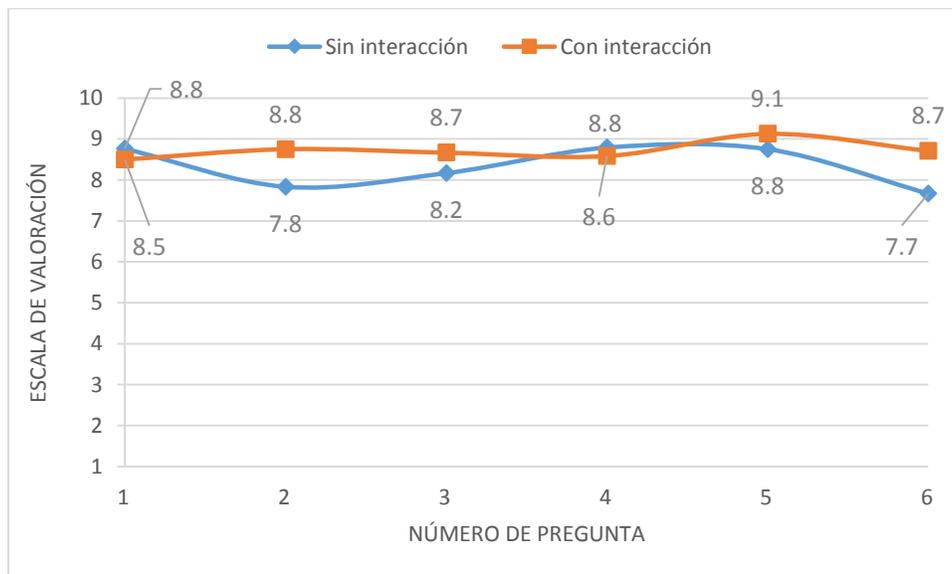


Figura 27 Reacciones generales del cuestionario QUIS

En algunas de las preguntas relacionadas con las Reacciones Generales, se pudieron encontrar incrementos y en otras se encontraron decrementos (ver Tabla 24).

Núm.	Pregunta	Solo Demostración	Con interacción	Diferencia
1	El sistema interactivo es TERRIBLE / MARAVILLOSO	8.8	8.5	- 0.3
2	El sistema interactivo es DIFÍCIL / FÁCIL	7.8	8.8	+ 1.1
3	El sistema interactivo es FRUSTRANTE / SATISFACTORIO	8.2	8.7	+ 0.5
4	El sistema interactivo tiene CAPACIDAD INSUFICIENTE / CAPACIDAD SUFICIENTE	8.8	8.6	- 0.2
5	El sistema interactivo es ABURRIDO / ESTIMULANTE	8.8	9.1	+ 0.3
6	El sistema interactivo es RÍGIDO / FLEXIBLE	7.7	8.7	+ 1.0

Tabla 24 Análisis de preguntas de apartado de Reacciones Generales del cuestionario QUIS

El análisis de la tabla anterior presenta los siguientes resultados:

- Respecto a la pregunta 1 se encontró un decremento de 0.3 entre ambos grupos evaluados
- **Respecto a la pregunta 2 se encontró un incremento de 1.1 entre ambos grupos evaluados**
- Respecto a la pregunta 3 se encontró un incremento de 0.5 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 4 se encontró un decremento de 0.2 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 5 se encontró un incremento de 0.3 entre ambos grupos evaluados
- **Respecto a la pregunta 6 se encontró un incremento de 1.0 entre ambos grupos evaluados**

Interpretación:

De acuerdo al análisis anterior, la pregunta 2 referente a la facilidad de uso del sistema mostró un incremento en la evaluación de un 1.1 punto promedio, mientras que para la pregunta 6 referente a flexibilidad del sistema hubo un incremento en la evaluación de 1 punto promedio.

También se pudo observar que en la pregunta 3 referente lo satisfactorio en el uso del sistema se mostró un incremento .5 puntos promedio.

En la pregunta 1 referente a lo maravilloso del sistema se encontró un decremento de .3 puntos promedio, lo mismo para la pregunta 4 sobre la capacidad del sistema, se encontró un decremento de .2 puntos promedio

En el resto de las preguntas no se encontraron cambios significativos

d) Pantalla

Dentro de las evaluaciones respecto a la Pantalla del Sistema Interactivo se encontraron diversos resultados (ver Figura 28).

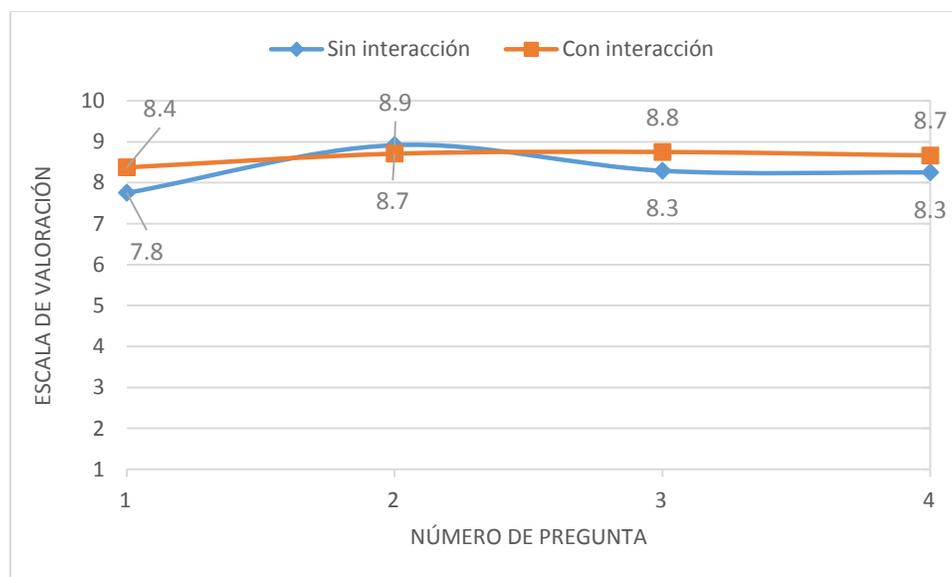


Figura 28 Evaluación de Pantalla del cuestionario QUIS

En algunas de las preguntas relacionadas con la Pantalla, se pudieron encontrar incrementos y en otras se encontraron decrementos (ver Tabla 25).

Núm.	Pregunta	Solo Demostración	Con interacción	Diferencia
1	Leer las letras en pantalla son DIFÍCILES DE LEER / FÁCILES DE LEER	7.8	8.4	+ 0.6
2	Resaltar la información simplifica las tareas PARA NADA / MUCHO	8.9	8.7	- 0.2
3	Organización de la información en la pantalla CONFUSA / MUY CLARA	8.3	8.8	+ 0.5
4	Secuencia de las pantallas CONFUSA / MUY CLARA	8.3	8.7	+ 0.4

Tabla 25 Análisis de preguntas del apartado de Pantalla del cuestionario QUIS

El análisis de la tabla anterior presentan los siguientes hallazgos:

- Respecto a la pregunta 1 se encontró un incremento de 0.6 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 2 se encontró un decremento de 0.2 entre ambos grupos evaluados.
- Respecto a la pregunta 3 se encontró un incremento de 0.5 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 4 se encontró un incremento de 0.4 entre ambos grupos evaluados

Interpretación:

De acuerdo al análisis anterior, se encontró un incremento de .6 puntos promedio para la pregunta de la facilidad de lectura de las letras en la pantalla, mientras que para la pregunta 3 referente a claridad de la información en la pantalla se encontró un incremento de .5 puntos.

Respecto a la pregunta 2 referente a la simplificación de las tareas al resaltar la información, se observó un decremento de .2 puntos.

En el resto de las preguntas no se observaron cambios significativos.

e) Terminología e Información del Sistema

Dentro de las evaluaciones respecto a la Terminología e Información del Sistema se encontraron diversos resultados (ver Figura 29).

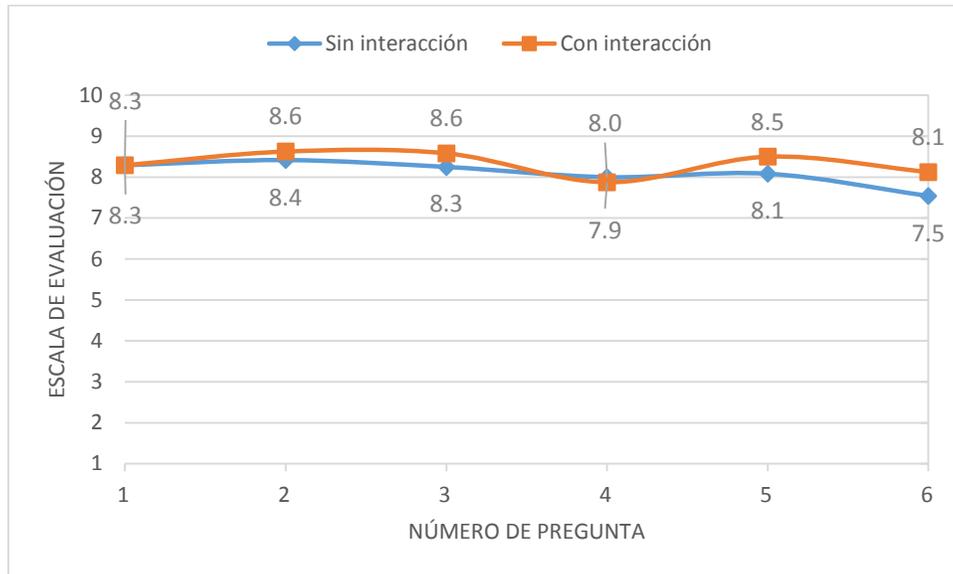


Figura 29 Evaluación de la Terminología e Información del Sistema del cuestionario QUIS

En algunas de las preguntas relacionadas a la Terminología e Información del Sistema, se pudieron encontrar incrementos y en otras se encontraron decrementos (ver Tabla 26).

Núm.	Pregunta	Solo Demostración	Con interacción	Diferencia
1	Uso de mismo tipo de palabras en todo el sistema INCONSISTENTE / CONSISTENTE	8.3	8.3	0.0
2	Las palabras usadas corresponden a la tarea realizada NUNCA / SIEMPRE	8.4	8.6	+ 0.2
3	Posición de los mensajes en la pantalla INCONSISTENTE / CONSISTENTE	8.3	8.6	+ 0.3

Tabla 26 Análisis de las preguntas relacionadas a la Terminología e Información del sistema del cuestionario QUIS

Núm.	Pregunta	Solo Demostración	Con interacción	Diferencia
4	Los mensajes en la pantalla indican al usuario que hacer CONFUSOS / CLAROS	7.9	8.0	+ 0.1
5	El sistema te mantiene informado de lo que se está haciendo NUNCA / SIEMPRE	8.1	8.5	+ 0.4
6	Los mensajes de error INÚTILES / ÚTILES	7.5	8.1	+ 0.6

Tabla 26 Análisis de las preguntas relacionadas a la Terminología e Información del sistema del cuestionario QUIS (continuación)

El análisis de la tabla anterior presentan los siguientes hallazgos:

- Respecto a la pregunta 1 no se encontró variación entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 2 se encontró un incremento de 0.2 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 3 se encontró un incremento de 0.3 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 4 se encontró un incremento de 0.1 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 5 se encontró un incremento de 0.4 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 6 se encontró un incremento de 0.6 entre ambos grupos evaluados

Interpretación:

Del análisis anterior, se pudo observar que respecto a la pregunta 6 de la utilidad de los mensajes de error, se encontró un incremento de .6 puntos promedio. En el resto de las preguntas no se observaron cambios significativos.

En el resto de las preguntas no se encontraron diferencias significativas

f) Aprendizaje

Dentro de las evaluaciones respecto al Aprendizaje se encontraron diversos resultados (ver Figura 30).

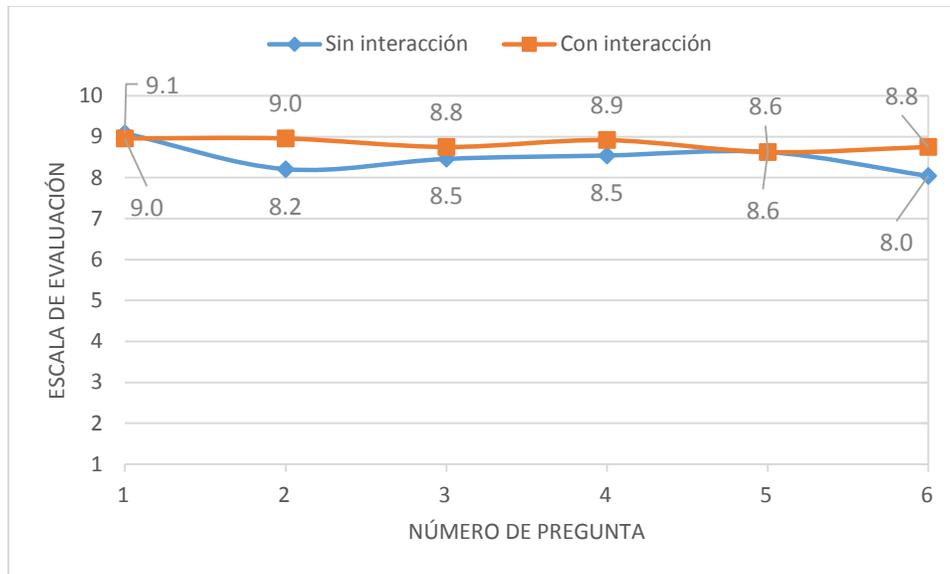


Figura 30 Evaluación del Aprendizaje del cuestionario QUIS

En algunas de las preguntas relacionadas a Aprendizaje, se pudieron encontrar incrementos y en otras se encontraron decrementos (ver Tabla 27).

Núm.	Pregunta	Solo Demostración	Con interacción	Diferencia
1	Aprender a usar el sistema DIFÍCIL / FÁCIL	9.1	9.0	- 0.1
2	Explorar nuevas funciones a base de prueba y error DIFÍCIL / FÁCIL	8.2	9.0	+ 0.8
3	Recordar los nombres y uso de comandos DIFÍCIL / FÁCIL	8.5	8.8	+ 0.3
4	Las tareas son realizadas de forma sencilla NUNCA / SIEMPRE	8.5	8.9	+ 0.4
5	Los mensajes de ayuda en la pantalla INÚTILES / ÚTILES	8.6	8.6	0.0
6	Materiales de referencia complementarios CONFUSOS / CLAROS	8.0	8.8	+ 0.8

Tabla 27 Análisis de los resultados de evaluaciones del Aprendizaje del cuestionario QUIS

El análisis de la tabla anterior presentan los siguientes hallazgos:

- Respecto a la pregunta 1 se encontró un incremento de 0.1 entre ambos grupos evaluados

- Respecto a la pregunta 2 se encontró un incremento de 0.8 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 3 se encontró un incremento de 0.3 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 4 se encontró un incremento de 0.4 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 5 no se encontró un incremento entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 6 se encontró un incremento de 0.8 entre ambos grupos evaluados

Interpretación:

Del análisis anterior se pudo encontrar que tanto la pregunta 2 referente a explorar nuevas funciones en base a prueba y error y la pregunta 6 referente a la claridad de los materiales de referencia, se encontró un incremento de .8 puntos promedio.

Para el resto de las preguntas no hubo diferencias significativas.

g) Capacidades del Sistema

Dentro de las evaluaciones respecto a las Capacidades del Sistema se encontraron diversos resultados (ver Figura 31).

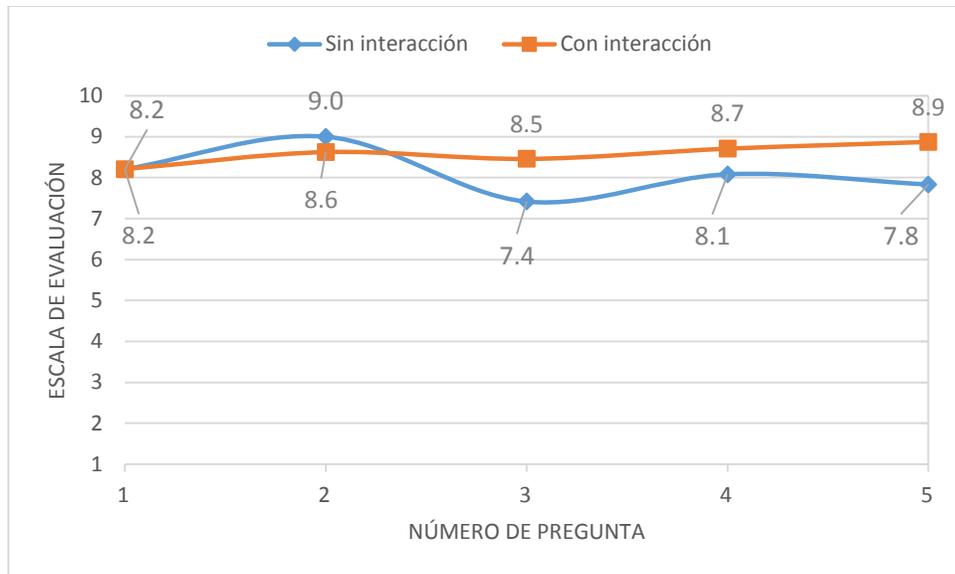


Figura 31 Evaluación de las Capacidades del Sistema del cuestionario QUIS

En algunas de las preguntas relacionadas a la Capacidades del Sistema, se pudieron encontrar incrementos y en otras se encontraron decrementos (ver Tabla 28).

Núm.	Pregunta	Solo Demostración	Con interacción	Diferencia
1	Velocidad del sistema MUY LENTO / MUY RÁPIDO	8.2	8.2	0.0
2	Confiabilidad del sistema NO CONFIABLE / CONFIABLE	9.0	8.6	- 0.4
3	El sistema tiende a ser RUIDOSO / SILENCIOSO	7.4	8.5	+ 1.1
4	Corrige mis errores DIFÍCIL / FÁCIL	8.1	8.7	+ 0.6
5	Está diseñado para todos los usuarios NUNCA / SIEMPRE	7.8	8.9	+ 1.1

Tabla 28 Análisis de los resultados de las evaluaciones respecto a las Capacidades del Sistema del cuestionario QUIS

El análisis de la tabla anterior presentan los siguientes hallazgos:

- Respecto a la pregunta 1 no se encontró un incremento entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 2 se encontró un decremento de 0.4 entre ambos grupos evaluados
- **Respecto a la pregunta 3 se encontró un incremento de 1.1 entre ambos grupos evaluados**
- Respecto a la pregunta 4 se encontró un incremento de 0.6 entre ambos grupos evaluados
- **Respecto a la pregunta 5 se encontró un incremento de 1.1 entre ambos grupos evaluados**

Interpretación:

Derivado del análisis anterior, se encontró un incremento de 1.1 puntos promedio en la pregunta 3 referente a lo silencioso del sistema, y en la pregunta 5 referente a si el sistema fue diseñado para todos los usuarios.

Respecto a la pregunta 4 referente a la corrección de errores del usuario, se encontró un incremento de .6 puntos promedio.

Respecto a la pregunta 2 referente a la confiabilidad del sistema, se encontró un decremento de .4 puntos promedio

Solo la pregunta 1 referente a la velocidad del sistema, no se encontraron cambios.

h) Usabilidad e Interfaz Gráfica

Dentro de las evaluaciones respecto a Usabilidad e Interfaz Gráfica se encontraron diversos resultados (ver Figura 32).

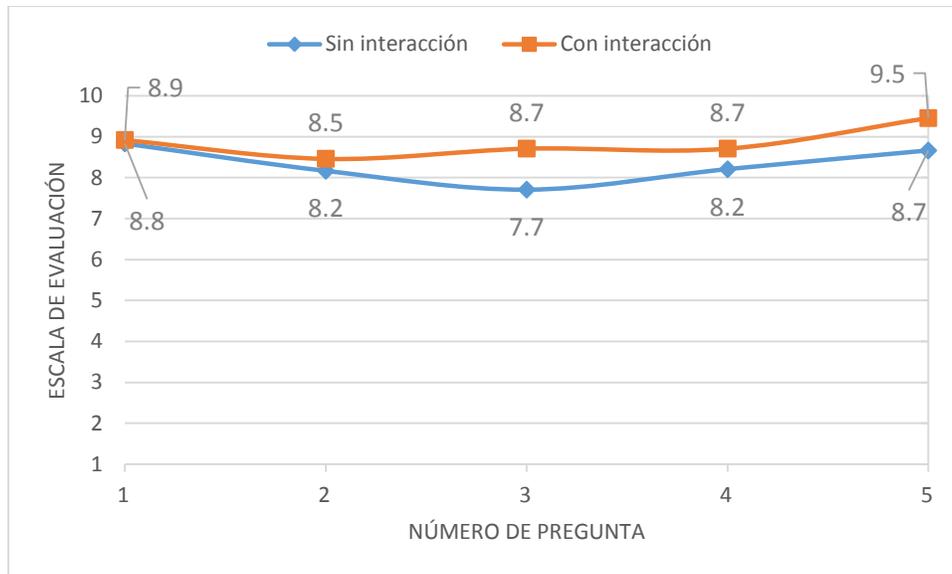


Figura 32 Evaluación de la Usabilidad e Interfaz Gráfica del cuestionario QUIIS

En algunas de las preguntas relacionadas a la Usabilidad e Interfaz Gráfica, se pudieron encontrar incrementos y en otras se encontraron decrementos (ver Tabla 29).

Núm.	Pregunta	Solo Demostración	Con interacción	Diferencia
1	Uso de colores y sonido NUNCA / SIEMPRE	8.8	8.9	+ 0.1
2	Capacidad de respuesta del sistema MALA / BUENA	8.2	8.5	+ 0.3
3	Respuesta del sistema a los errores INCÓMODO / CÓMODO	7.7	8.7	+ 1.0
4	Mensajes de sistema y reportes MALO / BUENO	8.2	8.7	+ 0.5
5	Orden y apariencia del programa MALO / BUENO	8.7	9.5	+ 0.8

Tabla 29 Análisis de la evaluación de la Usabilidad e Interfaz Gráfica del cuestionario QUIIS

El análisis de la tabla anterior presentan los siguientes hallazgos:

- Respecto a la pregunta 1 se encontró un incremento de 0.1 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 2 se encontró un decremento de 0.3 entre ambos grupos evaluados

- **Respecto a la pregunta 3 se encontró un incremento de 1.0 entre ambos grupos evaluados**
- Respecto a la pregunta 4 se encontró un incremento de 0.5 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 5 se encontró un incremento de 0.8 entre ambos grupos evaluados

Interpretación:

Derivado del análisis anterior, se pudo encontrar que la respuesta 3 referente a la respuesta a los errores del usuario, presentó un incremento de 1 punto promedio.

Respecto a la pregunta 5 referente al orden y apariencia, se encontró un incremento de .8, mientras que respecto a la pregunta 4 referente a los mensajes de sistema y reportes se encontró un incremento de .5 puntos promedio.

Para el resto de las preguntas no hubo diferencias significativas.

i) Características Físicas del Sistema

Dentro de las evaluaciones respecto a las Características Físicas del Sistema se encontraron diversos resultados (ver Figura 33).

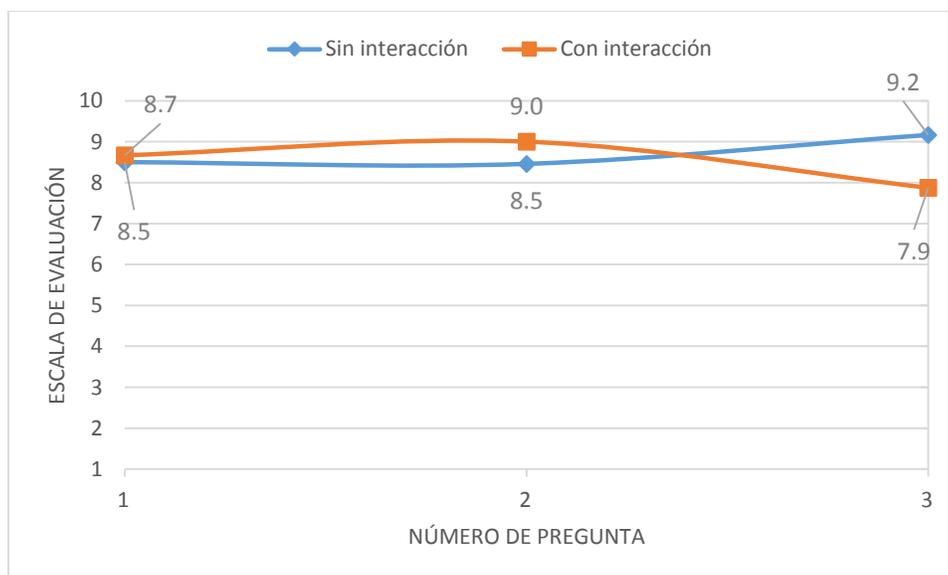


Figura 33 Evaluación de las Características Físicas del Sistema del cuestionario QUIS

En algunas de las preguntas relacionadas a la Usabilidad e Interfaz Gráfica, se pudieron encontrar incrementos y en otras se encontraron decrementos (ver Tabla 30).

Núm.	Pregunta	Solo Demostración	Con interacción	Diferencia
1	Durabilidad del sistema MALA / BUENA	8.5	8.7	+ 0.2
2	Estética del sistema MALA / BUENA	8.5	9.0	+ 0.5
3	Comodidad del sistema MALA / BUENA	9.2	7.9	- 1.3

Tabla 30 Análisis de la evaluación de las Características Físicas del Sistema del cuestionario QUIS

El análisis de la tabla anterior presentan los siguientes hallazgos:

- Respecto a la pregunta 1 se encontró un incremento de 0.2 entre ambos grupos evaluados
- Respecto a la pregunta 2 se encontró un incremento de 0.5 entre ambos grupos evaluados
- **Respecto a la pregunta 3 se encontró un decremento de 1.3 entre ambos grupos evaluados**

Interpretación:

Derivado del análisis anterior, se encontró que para la pregunta 2 referente a la estética del sistema hubo un incremento de .5 puntos promedio.

De la pregunta 3 referente a la comodidad del sistema se encontró un decremento de 1.3 puntos promedio.

Para la pregunta 1 referente a la durabilidad del sistema no se presentaron diferencias sustanciales.

Evaluación cualitativa

En esta parte del cuestionario, los resultados de los comentarios vertidos en los Aspectos Negativos y Positivos, se pudo realizar el siguiente análisis de los dos grupos de estudio (ver Tabla 31).

Grupo de usuarios	Aspectos Negativos	Aspectos Positivos
Demostración	<ul style="list-style-type: none"> • La ubicación del Sistema Interactivo fue un factor negativo detectado por los usuarios • Se detectaron deficiencias en el aprovechamiento del área de visualización de la pantalla 	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta información sintetizada • Es muy dinámico • Diseño y colores de los “ratones” • Divertido e interesante • Fácil de usar • Es interesante
Uso directo	<ul style="list-style-type: none"> • Las imágenes son demasiado pequeñas • Hay pocos íconos de información • Se requiere de paciencia • No hay volumen • Alto volumen del audio • La velocidad de respuesta del sistema es lenta 	<ul style="list-style-type: none"> • Muy fácil de usar y sin teclas • Flexible • Colorido • Si no te gusta leer, te explica • Logra despertar el interés • Podría resolver y ayudar con problemáticas de nuestro país • Da a conocer la información de forma innovadora

Tabla 31 Comparativa de Aspectos Negativos y Aspectos Positivos derivados del cuestionario QUIS

En el análisis de las evaluaciones cualitativas se pudieron encontrar diferencias significativas relacionadas con usuarios a los que solo se les demostró el sistema y usuarios que tuvieron un uso directo.

Resaltan en particular los aspectos negativos del sistema respecto al tamaño de las letras, la diferencia del volumen en el audio y la velocidad de respuesta del sistema. Cuando el usuario no interactuaba con el sistema, percibía que funcionaba de una forma dinámica y que hasta cierto punto la información presentada era divertida e interesante. Sin embargo haciendo una comparativa con los usuarios que interactuaron directamente con el sistema, se observaron diferencias significativas en la percepción respecto a la agilidad del sistema, el control de volumen del audio y el tamaño de las imágenes.

Por otra parte, dentro de los aspectos positivos, las apreciaciones de los usuarios reconocen como un aspecto positivo el uso de los “íconos” de información, como

los definieron algunos usuarios evaluados. En ambos escenarios se encontró que el sistema logra despertar el interés en los usuarios, que da a conocer información respecto del Medio Ambiente “de forma innovadora” y que es fácil de usar. Algunos usuarios llegaron a expresar que el sistema “podría resolver y ayudar” con determinadas problemáticas de nuestro país referentes al Medio Ambiente.

Debido que el primer contacto que el usuario tenía con el Sistema Interactivo era a través de los “íconos”, en ocasiones, los adultos limitaban a los infantes y adolescentes a que no los tocaran, sin embargo, cuando los menores o adolescentes no estaban bajo supervisión, estos se acercaban a tocarlos y manipularlos tratando de descubrir su funcionamiento.

Cuando se les realizaban preguntas aisladas respecto al uso del sistema, los adultos fueron los que tuvieron una mayor capacidad de verbalizar que su uso permite acercarse al uso de una computadora de una forma más sencilla, en contraste con los usuarios de menor edad que no expresaban con claridad su experiencia pero que mostraron un contacto con el sistema más inmediato y con menor titubeo.

Serendipia

Se pudo que una persona con un problema físico no identificado en sus manos, pudo manipular el sistema sin que el uso de las fichas representase algún inconveniente para la interacción con el sistema.

Respecto a la luz ambiental, se pudo encontrar que fue un factor determinante para la correcta operación del sistema. Su exceso producía la no detección de los códigos fiduciaros, lo que produjo una operación intermitente del Sistema Interactivo.

La incorrecta configuración en los niveles de audio en los videos del Sistema Interactivo, orilló a configurar manualmente el volumen de la pantalla conforme los videos individuales se mostraban.

Capítulo 8: Conclusiones y reflexiones finales

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo comprobar la premisa de que el diseño, desarrollo y aplicación de un Sistema Interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario, permite mejorar la experiencia del usuario al interactuar con los contenidos científicos y ambientales presentes en un museo; fomentando el conocimiento de éste sobre una comunidad en específico.

Para lograr el objetivo planteado, se realizó una investigación documental respecto a las áreas involucradas en el desarrollo del Sistema Interactivo. En primer término se realizó un análisis de cómo es que la Educación Ambiental y la Divulgación de las Ciencias se enmarcan en el contexto de la Educación Formal.

Posteriormente se realizó una contextualización del papel que juega el museo en la Divulgación Científica como espacio para la Educación Ambiental. En referencia a este capítulo de la investigación, fue importante descubrir que el museo no solo es un espacio físico en que se lleva a cabo la Educación No Formal, sino que también apoya las actividades de la Educación Formal, complementando y no compitiendo con sus contenidos. También se puede sostener que dentro de las diversas actividades del museo, el de la divulgación de las ciencias y el del medio ambiente, son parte fundamental para impulsar el desarrollo de una sociedad en crisis originada por las actividades humanas que no ceden en su destrucción, un espacio de tal relevancia cuenta con la posibilidad de ofrecer al público visitante, importantes espacios de reflexión y encuentro con nuevo conocimiento de una forma atractiva y dinámica, a comparación con los métodos tradicionales de divulgación del conocimiento de las ciencias.

Después se realizó un análisis de ciertas características con las que cuenta el Ser Humano en toda su complejidad para poder interactuar con la computadora para adquirir o admirar el contenido y quehacer de las ciencias. A esto se le ha llamado Interacción Humano Computadora y ha cobrado gran relevancia a nivel internacional debido a que día a día, nos encontramos inmersos cada vez más en el potencial interactivo de la tecnología que ha impactado muy claramente en el

desarrollo de nuevo contenido que paulatinamente se incorpora al museo, no sin enfrentar aún resistencias resultado de experiencias pasadas en el uso de nuevas herramientas computacionales. En este rubro es importante reposicionar al Ser Humano como el sujeto y centro de todo esfuerzo que se realice a través de este tipo de proyectos para impulsar su desarrollo integral.

En este sentido, cuando se habla del uso de la tecnología y en particular de los Sistemas Interactivos, se parte de diversos conceptos tales como la Experiencia del Usuario y el Diseño Centrado en el Usuario para establecer las premisas mínimas en la conceptualización de nuevas propuestas que buscan ampliar los horizontes de la vivencia y convivencia humana. Por su parte, la literatura permite afirmar que cada vez es más evidente que no solo la tecnología en forma de Sistemas Interactivos sirve para realizar grandes cantidades de cálculos, sino que también permite contribuir, de acuerdo al enfoque dado, a resolver o al menos atenuar los grandes problemas de la sociedad.

Respecto a la teoría consultada, se puede concluir que la transversalidad del conocimiento es cada vez más evidente. Las líneas que dividían las problemáticas del pasado, ahora se han ido desdibujando debido a la realidad compleja en la que se vive, y en donde las conexiones entre las partes son cada vez más intrincadas, haciendo cada vez más difícil comprender la realidad del todo desde una sola perspectiva de un conocimiento especializado.

La perspectiva adoptada para la comprobación de la hipótesis planteada en la presente investigación, se aplicó precisamente una metodología que encuentra sus orígenes en el mejoramiento de la usabilidad y a la que actualmente se le conoce como Experiencia del Usuario en el Diseño de Sistemas Interactivos que incorporan fuertemente la perspectiva del usuario en el ciclo de desarrollo del producto o servicio.

La metodología seleccionada, en un principio ofreció rasgos particulares que parecía, permitirían atacar las principales problemáticas en el diseño de un Sistema Interactivo que rescatase por un lado los conocimientos de la comunidad y por otro

lado los conocimientos científicos sobre el medio ambiente. Sin embargo esta metodología requirió de un fuerte compromiso en términos de estar en contacto directo con las problemáticas no solo que rodean al ambiente natural, sino a la concreción de las aspiraciones iniciales, en un producto tangible que responda a dichas inquietudes. Los pasos que comprendieron la metodología fueron: la planeación del proceso de diseño centrado en el usuario, el entendimiento y especificación del contexto de uso, la especificación del usuario y los requerimientos del proyecto, la producción de soluciones de diseño y finalmente la evaluación del diseño contra requerimientos.

Se puede concluir que de las diversas etapas de la metodología, la referente a la planeación del proceso fue la que debió de tomarse con el mayor de los detenimientos. Fue en esta etapa en donde se establecieron los alcances de la investigación, y se plantearon las preguntas de investigación.

Posteriormente se realizó el proceso de entendimiento y especificación del contexto de uso. En esta etapa, se realizaron los análisis para la determinación de las partes involucradas, se determinó el área de estudio y se llevaron estudios de campo y observación. En relación a lo anterior, se puede concluir que pudo haberse llevado a cabo la detección más allá de las partes involucradas interesadas, puesto que como en todo proyecto siempre existirán partes involucradas que adopten un papel de rechazo a la propuesta de proyecto que se presenta. De igual forma cabe puntualizar que no solo se debieron de visitar museos de carácter interactivo, sino también aquellos espacios museográficos que tuvieran en su discurso nuevas y atractivas formas de presentar la información al visitante, lo anterior con el objeto de obtener una comprensión más acabada del fenómeno en estudio.

En relación a la especificación del usuario y los requerimientos del proyecto, el contacto con la comunidad fue de carácter decisivo para poder captar sus puntos de vista y vivencias e instarlos en el desarrollo de proyecto. En este punto es importante reflexionar sobre el papel que tiene la vinculación en el desarrollo de proyectos de tal naturaleza, que requieren no solo de conocimiento científico, sino conocimiento que va más allá de la comprensión rígida de la disciplina académica.

Se puede concluir que para esta etapa del proyecto, el tiempo fue un factor crítico puesto que no siempre se desarrollaban las actividades planeadas, esto fue inevitable debido a las externalidades que salen del control de la investigación. De igual forma, el entrar en contacto con especialistas que permitieran dar salida a la problemática tecnológica fue otro factor de vital importancia. Debido a que el proyecto se encontró inmerso en una institución académica de gran envergadura, se pudo tener acceso a disciplinas complementarias que contribuyeron de forma directa para enriquecer su contenido dentro de los parámetros de disponibilidad de tiempo y recursos con los que se contó.

Respecto a las producciones de soluciones de diseño, se aplicaron diversas herramientas de índole visual y representacional con la finalidad generar ideas que permitieran la disminución de posibles problemáticas si se hubiera partido del paradigma problema-solución. Fue importante el uso de medios de comunicación como los guiones gráficos para establecer simultáneamente un canal de comunicación y permitir la obtención de especificaciones técnicas ante las partes involucradas con poco o nulo conocimiento técnico.

En este caso en particular se desarrollaron diversas sesiones de prototipado tanto en papel como en MockUp. Aunque efectivamente se obtuvieron propuestas de diseño primarias, seguramente podrán ser mejoradas mediante la realización de un mayor número de reuniones, que además de incluir a los expertos en el desarrollo de programas informáticos, involucre o profesionales de otras disciplinas como el diseño gráfico, la educación, la psicología, entre otros.

Particularmente en esta parte del proceso, fue donde se presentaron los incidentes más críticos en términos del desarrollo de propuestas funcionales de software, debido a que la vinculación con el personal involucrado, requirió de una curva de aprendizaje que pareciera, tomó más de lo esperado. Este escenario, pudo ser solventado sólo gracias a la incorporación de personal externo altamente especializado, que atendió las necesidades más urgentes en la lógica y programación algorítmica. Resulta de interés reconocer que a pesar de que la tecnología está disponible en red para el público, su adaptación y desarrollo para

problemáticas específicas, requiere de más tiempo considerando la complejidad del proyecto.

Resulta concluyente que el desarrollo de prototipos previos, permite detectar problemáticas en niveles iniciales, evitando el desarrollo de un prototipo final que presente fuertes deficiencias en su diseño. Cuando se desarrolla un prototipo siguiendo este camino, es posible realizar diversas evaluaciones cualitativas y cuantitativas para su evaluación y posterior mejora. En este sentido, las conclusiones obtenidas de la Evaluación Heurística por parte de los expertos así como de la aplicación del cuestionario QUIS a diversos visitantes de un museo en se presentan a continuación.

En particular la información recabada mediante la evaluación heurística por expertos, permite concluir que la aproximación del Sistema Interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario fue la correcta al permitir una aproximación sencilla y de poca complejidad en el uso de una computadora, que además no requiere de conocimientos previos. De igual forma se puede concluir que la integración de características audiovisuales tales como mapas, fotografías, audio, texto, video y recorridos virtuales pueden fungir adecuadamente como mecanismos de representación para el contenido de una forma atrayente pero sin caer en un manejo informal de la información.

Respecto las conclusiones en la aplicación del QUIS, cuantitativamente se puede concluir que la facilidad de uso y flexibilidad en el sistema son las características que tuvieron un mayor impacto en el sistema. De igual forma se puede concluir que el desarrollo de un Sistema Interactivo con bajos niveles de ruido y que dé la percepción de que está diseñado para diversos tipos de usuario es importante. También se puede concluir con un sistema que responda correctamente a los errores por parte del usuario en una característica importante al momento de diseñar un Sistema Interactivo. Finalmente otra conclusión es que una vez que se entra en contacto con un Sistema Interactivo, la característica de la ergonomía puede llegar a decrecer negativamente puesto que la interacción es directa y se puede valorar más cercanamente dicha característica.

De forma global se puede establecer que aquellas características relacionadas con el uso del sistema tales como los niveles de ruido, un diseño para diversos tipos de usuarios, responder correctamente a los errores del usuario y la ergonomía, son las características más relevantes al momento de diseñar un Sistema Interactivo.

Respecto a la presentación de las variables cualitativas, se puede concluir que las diferencias de medición no fueron significativas en términos de la diferencia en la evaluación de las diferentes variables presentes en el cuestionario QUIS.

Cualitativamente se puede concluir que se logró despertar el interés tanto de los usuarios a los que se les demostró el sistema, como a los que se les permitió la interacción directa. Esto se vio reflejado en comentarios vertidos al investigador tales como “para quienes no estamos tan familiarizados con la tecnología, este sistema nos permite usar una computadora”, o al comentario recibido de “sentí que no era necesario saber de computación para utilizar este sistema”.

Cuando se plantea el cuestionamiento respecto a cuáles son las oportunidades de innovación en la interacción con contenido científico y ambiental mediante la aplicación de Interfaces Tangibles de Usuario para mejorar su experiencia, se puede concluir que dicha oportunidad se encuentra en la utilización de mecanismos de manipulación que no representen conocimiento previo por parte del usuario para la utilización de un Sistema Interactivo, esto es, no requerir de entrenamiento o capacitaciones previas, permitiendo el descubrimiento de las funciones del mismo evitando al máximo las posibilidades de falla instaladas en el sistema.

De igual forma, las categorías de información presentes en el Sistema Interactivo, están en relación directa con las necesidades y requerimientos del usuario, sin encontrar limitantes en la cantidad o definición. Concretamente, se puede concluir que las categorías pueden ser de una o más, y subdivididas según sea la pertinencia del caso.

Concerniente a las formas de representación, se puede afirmar que las categorías de información son las que dictan su esencia, partiendo de su disponibilidad y accesibilidad, esto es, si la información con la que se cuenta es mayormente

fotográfica, esta podría ser la única forma de representación del contenido, si la información con la que se cuenta es mayormente textual, entonces podrán generarse documentos que puedan ser incorporados al desarrollo del Sistema Interactivo. De igual forma, si existe una diversidad de contenidos, es posible realizar una propuesta mixta que los incorpore de forma articulada y valiosa para el usuario del Sistema Interactivo. En el prototipo final de esta investigación, fue posible la incorporación de una gran variedad de materiales organizados en diversas categorías de la información como se pudo ver en el Capítulo 7.

Respecto a los requerimientos que debe de tener un prototipo para un Sistema Interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario, se puede concluir con los requisitos mínimos son: una unidad central de procesamiento de las entradas y salidas; un dispositivo de entrada del tipo cámara de video conectada a la unidad central de procesamiento; un software de detección de los patrones fiduciaros de código abierto; un software desarrollado a la medida para la recepción de los datos del software anteriormente mencionados así como para la representación del contenido en forma de video, fotografía, audio, fotografía o texto; un módulo físico que permita realizar el seguimiento de los códigos mediante una superficie transparente y que además albergue a la unidad central de procesamiento y al dispositivo de entrada del tipo cámara web; y un dispositivo de visualización conectado a la unidad central de procesamiento, y que muestre la información producida y representada por el software desarrollado.

Habiendo presentado los argumentos anteriores y respondiendo al planteamiento inicial de la hipótesis: “El diseño y desarrollo de un Sistema Interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario, permitirá mejorar la experiencia del usuario al interactuar con contenido científico y ambiental, en un museo; fomentando el conocimiento sobre una comunidad en específico” se puede concluir que la comprobación de la hipótesis es parcial, puesto que puede deducir que el usuario si expresó un mayor interés en el uso de un sistema Interactivo basado en Interfaces Tangibles de Usuario, pero que en el momento de entrar en contacto directo con el

sistema, algunas de las variables cuantitativas presentaron una variación menor a dos puntos porcentuales.

Esta investigación concluye por afirmar, que en el desarrollo de proyectos que vinculan al Ser Humano con el Medio Ambiente a través de la Tecnología, ésta última deberá ser observada como una herramienta y un camino, más no como un fin.

El camino para una mejor sociedad no solo se encuentra en su desarrollo técnico, científico o económico, también se encuentra en la protección, cuidado y fomento de su entorno natural y el conocimiento ancestral de su pueblo.

Muchas gracias por su atención.

José Antonio Velázquez Solís

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (2000). *Procesos de diseño para sistemas interactivos centrados en el operador humano (ISO 13407:1999)*. Madrid: AENOR.
- Aguilar, J. (2003). Aproximación a las creencias del profesorado sobre el papel de la educación formal, la escuela y el trabajo docente. *Región y sociedad, Vol. XV, Núm. 26*, 73-102.
- Aldunate, E. (16 de 08 de 2004). *Metodología del Marco Lógico*. Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social. Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Alea, A. (2006). Diagnóstico y potenciación de la educación ambiental en jóvenes universitarios. *ODISEO, Revista electrónica de pedagogía. Año 3, Nú, 6, Enero-Junio*, 1-29.
- Álvarez, P. (2008). Espacios educativos y museos de pedagogía, enseñanza y educación. *Cuestiones Pedagógicas, Vol. 19, 2008/2009*, 191-206.
- Araujo, B., & Cruz, D. (2010). *Manual de Educación e Interpretación Ambiental. Parque Nacional Sumaco-Napo Galeras*. Quito: Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Arunachalam, M., Arun, R., & Rajesh, R. (2014). A typical approach in conceptual and embodiment desing for fordable bicycle. *International Journal of Computer Applications, Vol. 87, Núm. 19*, 9-16.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences, Vol. 4*, 421.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). The psychology of learning and motivation. En G. Bower, *Working memory* (págs. Vol. 8, pp. 47-89). New York: Academic Press.

- Barrera, N. (12 de Septiembre de 2014). Definiciones sobre culturaleza. (J. Velázquez, Entrevistador)
- Bendala-Muñoz, M., & Pérez-Ortega, J. (2004). Educación ambiental: praxis científica y vida cotidiana, descripción de un proyecto. *REvista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 1, Núm. 3, 223-239.
- Bérigny Wall, C., & Xiangyu, W. (2009). InterANTARCTICA: Tangible User Interface for Museum Based Interaction. *International Journal of Virtual Reality 2009*, Vol. 8 No. 3, 19.
- Bravo, M. (2003). La investigación en educación y medio ambiente. En M. Berteley, *Educaicón, derechos sociales y equidad. I. Educación y diversidad cultural. Educación y medio ambiente*. (págs. 277-358). México: Consejo Mexicano de Investigación Educativa.
- Broadbent, D. (1958). *Perception and Communication*. Cambridge: Pergamon Press.
- Bustos, A., & López, J. (2004). Ciencia Recreativa en Preescolar: Una aproximación desde la educación ambiental. *XIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica* (pág. sp). Villahermosa, Tabasco: Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica.
- Calixto, R. (2012). Investigación en Educación Ambiental. *RMIE*, Vol. 17, Núm. 55, 1019-1033.
- Cantón, I. (2010). Introducción a los Procesos de Calidad. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, Vol. 8, Núm 5, 3-13.
- Castells, M., Flecha, M., Freire, R., Giroux, P., Macedo, D., & Willis, P. (1994). *Nuevas perspectivas críticas en educación*. Barcelona: Paidós.
- CEAPRC. (01 de 11 de 2014). *Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y El Caribe*. Obtenido de Arte en el Centro: <https://arteenelcentro.wordpress.com/que-es-arte-en-el-centro/>

- Cherry, E. (1953). Some experiments on the recognition speech, with one and with two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 975-979.
- CONACULTA. (28 de 11 de 2012). *Consejo Nacional para la Cultura y las Artes*. Obtenido de Sistema de Información Cultural, Atlas de infraestructura nacional de México: <http://sic.conaculta.gob.mx/estadistica.php>
- CONACULTA. (20 de 05 de 2013). *Consejo Nacional para la Cultura y las Artes*. Obtenido de Sistema de Información Cultural: http://sic.conaculta.gob.mx/lista_nuevos.php?table=museo&estado_id=22&municipio_id=&paso=10&offset=0
- Correa, J., & Ibáñez, A. (2005). Museos, Tecnología e Innovación Educativa: Aprendizaje de patrimonio y arqueología en territorio Menosca. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, Vol. 3, No. 1, 882-893.
- Cristescu, I. (2008). Emotions in human-computer interaction: the role of nonverbal behavior in interactive systems. *Informatica Economică*. Vol. 46, No. 2, 110-116.
- Dalglesih, T. (2004). The emotional brain. *Nature Reviews. Neuroscience*, Vol. 5, July, 582-589.
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: emotion, reason, and the human brain*. New York: Putnam Publishing Group.
- Davidson, R. (1994). On emotion, mood, and related affective constructs. En P. Ekman, & R. Davidson, *The nature of emotion: fundamental questions* (págs. 51-55). New York: Oxford University Press.
- De Alba, A. (1998). *Curriculum: crisis, mito y perspectivas*. Buenos Aires: Miño y Dávila Editores S. R. L.
- Dourish, P. (2004). History of interaction. En P. Dourish, *Where the action is: the foundations of embodied interaction* (págs. 1-24). London: The MIT Press.

- Ellsworth, P. (1994). Some reasons to expect universal antecedents of emotion. En P. Ekman, & R. Davidson, *The nature of emotions: fundamental questions* (págs. 150-154). New York: Oxford University Press.
- Falk, J., & Dierking, L. (1992). *The Museum Experience*. Washintong, D. C.: Whalesback Books.
- Fernández, G. (2009). Museos de ciencia interactivos: ¿ciencia o arte? *Revisya de Museología, Núm. 44*, 22-29.
- Freire, E. (1973). *Aprender a Ser*. Madrid: Alianza/UNESCO.
- Fridja, N. (1994). Varieties of affect: emotions and episodes, moods, and sentiments. En P. Ekman, & R. Davison, *The nature of emotions: fundamental questions* (págs. 59-67). New York: Oxford University Press.
- Ftizmaurice, G. (10 de 11 de 2014). *Graspable User Interfaces*. Obtenido de <http://www.dgp.toronto.edu/~gf/papers/PhD%20-%20Graspable%20UIs/Thesis.gf.html>
- García-Ruiz, M., & Orozco, L. (2008). Orientando un cambio de actitud hacia las ciencias naturales y su enseñanza en profesores de educación primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 7, No. 2*, 539-568.
- González, E. J., & Puente, J. C. (2011). La Educación Ambiental en América Latina: Ragos, Retos y Riesgos. *Revista Contrapontos - Eletrônica, Vol. 11, Num. 1*, 83-93.
- González, E., & Bravo, M. (23 de 08 de 2014). *Academia Nacional de Educación Ambiental*. Obtenido de Estado de conocimiento. Área VIII: Educación, Cultura y Sociedad. Campo 5: Educación y Medio Ambiente: www.anea.org.mx/docs/GonzalezBravo-EstadoConocimientoEA.pdf
- González, J. (1993). El museo como proceso de comunicación y como lenguaje. En J. Álvarez, *VIII Jornadas Estatales DEAC Museos* (págs. 11-19). Salamanca: Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes y Archivos. España.

- Gutiérrez, E. (2007). Técnicas e instrumento de observación de clases y su aplicación en el desarrollo de proyectos de investigación reflexiva en el aula y de autoevaluación en el proceso docente. *XVIII Congreso internacional de la asociación para la enseñanza del español como lengua extranjera (ASELE)* (págs. 336-342). Alicante: Centro Virtual Cervantes.
- Halim, A. (2010). *A Conceptual Synthesis in Tangible Interaction*. Hong Kong: MDes Interaction Design, The Hong Kong Polytechnic University.
- Hallstorm, N. (2000). The environmental crisis. Threats to health and ways forward. *Primera Asamblea del Movimiento por la Salud de los Pueblos* (págs. 27-38). Bangladesh: Peoples's Health Assambly.
- Hartson, H. R., & Pyla, P. S. (2012). *The UX: process and guidelines for ensuring a quality user experience*. Amsterdam: Elsevier.
- Hassenzahl, M. (2008). User Experience (UX): towards an experiential perspective on product quality. *IHM '08 Proceedings of the 20th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, 11-15.
- Hatfield, E., Cacioppo, J., & Rapson, R. (1994). *Emotional contagio*. Paris / New York: Editions de la Maison des Sciences de l'homme y Cambridge University Press.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. México DF: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Herrero, P. (2000). Los Museos Centroamericanos: tendiendo puentes, Asociación Española de Museólogos. *Revista Museología*, sp.
- Hiroshi, I. (2008). The tangible user interface and its evolution. *Communications of the ACM, Vol. 51 No. 6* (págs. 32-36). New York, NY: ACM.
- Horn, M., Solovey, E., & Jacob, R. (2008). Tangible programming and informal science learning: making TUIs work for museums. *IDC '08 Proceedings of the*

7th international conference on Interaction design and children (págs. 194-201). Chicago: ACM Press.

Hornecker, E. (2006). An Encompassing View on Tangible Interaction: A Framework on Physical Space and Social Interaction. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (págs. 437-446). Montréal, Québec: ACM.

Hornecker, E., & Stifter, M. (2006). Learning from Interactive Museum Installations. About Interaction Design for Public Settings. *OZCHI '06 Proceedings of the 18th Australia conference on Computer-Human Interaction: Design: Activities, Artefacts and Environments* (págs. 135-142). Sydney, Australia: ACM.

INAFED. (18 de 07 de 2014). *INAFED*. Obtenido de Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM22queretaro/municipios/22002a.html>

INEGI. (2004). *Definición de educación (OECD-2004)*. Obtenido de http://www.inegi.org.mx/rne/docs/Pdfs/Mesa5/20/EEI_fichatecnica.pdf

INEGI. (11 de 10 de 2014). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/> Monografías:

Infante, M. (1996). Acción educativa en los museos de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. *DIBAM*, 16-18.

Instituto de la UNESCO. (2010). *Informe Mundial sobre el Aprendizaje y la Educación de Adultos*. Hamburgo, Alemania: Instituto de la UNESCO para la Educación a lo Largo de Toda la Vida.

Jankowicz, D. (2004). *The easy guide to repertory grids*. Londres: John Wiley & Sons Ltd.

- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Karray, F., Alemzadeh, M., Saleh, J., & Arab, M. (2008). Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art. *International Journal on Smart Sensing And Inteligent Systems, Vol. 1, No. 1*, 137 - 159.
- Kawulich, B. (2005). La observación participante como método de recolección de datos. *Forum: Qualitative Social Research, Vol. 6, Núm 2, Art. 43*, sp.
- Kleinginna, P., & Kleinginna, A. (1981). A categorized list of emotion definitions, with suggestion for a consensual definition. *Motivation and Emotion. Vol. 5, No. 4*, 345-379.
- Kuijjer, L., & De Jong, A. (2011). Practice theory and human-centered design: a sustainable bathing example. *Nordic Design Research Conference* (págs. 1-7). 2011: NORDES.
- Kumar, P. (1990). Museum and educatio. *OHRJ, Vol. VLVII, Núm. 1*, 69-82.
- Labrador, C., & Valle, Á. (1995). La educación medioambiental en los documentos internacionales. Notas para un estudio comparado. *Revista Complutense de Educación, Vol. 6, Núm. 2*, 75-94.
- LeDoux, J. (1998). *The emotional brain. The mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Touchstone Pr.
- Lima-Guimarães, S. (2011). *Senderos Interpretativos: una forma de educación geográfica y ecológica*. Rio Claro, São Paulo: OLAM.
- Luján, M. (2010). La administración de la educación no formal aplicada a las organizaciones sociales: Aproximaciones teóricas-prácticas. *Educación, Vol. 34, Num. 1*, 101-118.
- Luyten, K., Haesen, M., Ostrowski, D., Coninx, K., Degransart, S., & Demeyer, S. (2010). On stories, models and notations: Storyboard creation as an entry point model-based interface development with UsiXML. *Proc. of 1st Int.*

Workshop on User Interface Extensible Markup Language UsiXML'2010 (págs. 1-8). Berlin: Thales Research and Technology.

Maceira, L. (2008). Los museos: espacios para la educación de personas jóvenes y adultas. *DECISIO, Mayo-Agosto*, 3-13.

Maguire, M. (2001). Methods to support human-centered design. *Int. J. Human-Computer Studies*, 587-634.

Mairesse, F., & Desvallées, A. (2010). *Conceptos claves de museología*. Paris: ICOM.

Martínez, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica@ Educare, Vol. XIV, Núm. 1*, 91-111.

Maslow, A. (1968). *Toward a psychology of being*. New York: D. Van Nostrand Company.

Meira, P. (2002). La educación ambiental ante las nuevas tecnologías de la información y la comunicación: implicaciones para el desarrollo de líneas de investigación. En M. Campillo, *El papel de la educación ambiental en la pedagogía social* (págs. 135-156). Murcia: Diego Marín Editor.

MIT Media Lab. (10 de 01 de 2015). *Tangible Media Group*. Obtenido de The Tangible Media Group, led by Professor Hiroshi Ishii, explores the Tangible Bits & Radical Atoms visions to seamlessly couple the dual world of bits and atoms by giving dynamic physical form to digital information and computation: <http://tangible.media.mit.edu/vision/>

Montaño, N., Michinel, J., & Soriano, A. (2005). Lo significativo en la Interacción Humano-Computador: una perspectiva educativa del diseño de software. *Revista de Pedagogía, Vol. XXVI, No. 77*, 375-395.

Montero, V. (2011). La Educación No Formal en América Latina. Un Análisis en base a los Paradigmas Económicos y Sociales Predominantes. *Horizontes Educativas, Vol. 16, Num. 1*, 75-82.

- Mor, E., Garreta, M., & Galofré, M. (2007). Diseño Centrado en el Usuario en Entornos Virtuales de Aprendizaje, de la Usabilidad a la Experiencia del Estudiante. *IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables* (pág. sp). Bilbao: Universidad del País Vasco.
- Odoh, M., Okonkwo, R., & Nkmendilim, M. (2012). Human Computer Interaction: a study of preferences between Electronic Commerce Interface (ECI) and Mainframe Text-based Travel Expense System. *International Journal of Science and Technology, Vol 2, No. 3*, 134-138.
- OECD. (10 de 02 de 2014). *Handbook for Internationally Comparative Education Statistics: Concepts, Standards, Definitions*. Obtenido de Paris, Francia: <http://213.253.134.43/oecd/pdfs/browseit/9604031E.PDF>
- O'Neil, S. (2008). Approaching Interaction. En S. O'Neil, *Interactive Media: The Semiotics of Embodied Interaction* (págs. 27-47). Scotland: Springer Science + Business Media.
- OREALC/UNESCO y LLECE. (2009). *Aportes para la enseñanza de las Ciencias Naturales*. Santiago, Chile: Salesianos Impresores S. A.
- Orozco, G. (2005). Los museos interactivos como mediadores pedagógicos. *Revista Electrónica Sinéctica, Num. 26, Febrero-Julio*, 38-50.
- Ortegón, E., Pacheco, J., & Prieto, A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y evaluación de proyectos y programas*. Santiago de Chile: CEPAL/Naciones Unidas.
- Ortíz, Z., Ledesma, M., Rivera, M., Sánchez, E., & Hernández, L. (2014). *Senderos Interpretativos, etnobotánica y diversidad florística en tres comunidades de la Sierra Gorda de Querétaro*. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro. Editorial Universitaria.

- Pacheco, M. (2007). Los museos de ciencia y la divulgación. *Redes*, Vol. 12, No. 25, 181-200.
- Papez, J. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archi. Neurol. Psychiatry*. Vol. 38, 338-353.
- Peñaloza, C. (2011). Sendero interpretativo como herramienta para el aprovechamiento no extractivo: divulgación de la ciencia y educación ambiental informal. Una propuesta para el Parque Kilómetro 23. *XVIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y Técnica. 2do. Congreso Estatal de Difusión y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología* (págs. 216-233). Morelia: Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y Técnica A. C.
- Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, Vol. XV, Núm. 1, Enero-junio, 15-29.
- Pham, R., Meyer, S., Kitzmann, I., & Schneider, K. (2012). Interactive Multimedia Storyboard for Facilitating Stakeholder Interaction. *2012 Eighth International Conference on the Quality of Information and Communications Technology: Proceedings* (págs. 120-123). Lisboa: IEEE Computer Society.
- Plutchik, R. (1980). *Emotion: Psychoevolutionary Synthesis*. New York: Harper & Row, Publishers .
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., & Benyon, D. (1994). What is HCI? En J. J. Preece, Y. Rogers, H. Sharp, & D. Benyon, *Human Computer Interaction* (págs. 6-26). Essex, UK: Addison-Wesley Publishing.
- Provost, G., & Robert, J. (2013). The dimensions of positive and negative user experiences with interactive products. *2nd Conference of Design, User Experience, and Usability, design philosophy, methods, and tools, Num. 1*, 399-408.

- Puentes, D., García, G., & Lange, K. (2013). Tendencias en diseño y desarrollo de productos desde el factor humano: una aproximación a la responsabilidad social. *Iconofacto*, Vol. 9, Núm. 12, 71-97.
- reactIVision. (10 de 12 de 2014). *reactIVision*. Obtenido de A toolkit for tangible multi-touch surface: <http://reactivision.sourceforge.net/>
- Reeves, B., & Nass, C. (1996). *The media equation: How people treat computers, television, and new media like real people and places*. New York: Cambridge University Press.
- Rivière, G. (1996). *La Museología: Curso de Museología, textos y testimonios*. Madrid: Editorial AKAL.
- Rosales, A. (2011). ¿Son los senderos de interpretación herramientas educativas, de empleo y conservación? Estudio comparativo en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. Tesis (Maestría en Ciencias en la especialidad de Ecología Humana). (pág. 122 p.). Mérida, Yucatán: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Mérida.
- Saffer, D. (2008). *The Disciplines of User Experience*.
- Sánchez, V. (1984). *Estudio sobre la incorporación de la Formación Ambiental a la Educación Superior en México. Informe de Investigación*. México: Programa Desarrollo y Medio Ambiente / El Colegio de México.
- Sawantdesai, P. N. (2013). Human Computer Interaction based on Psychology and Interactive system design. *International Journal of Computer Science & Engineering Technology*, Vol. 4, No. 04, 319-312.
- SECTUR. (2004). *Guía para el diseño y operación de Senderos Interpretativos*. México, D. F.: Secretaría de Turismo. Subsecretaría de Operación Turística.
- SEDESOL. (20 de 06 de 2014). *Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social*. Obtenido de Informe anual sobre la situación de pobreza

y rezago social:
https://www.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Informes_pobreza/2014/Municipios/Queretaro/Queretaro_002.pdf

Sefelin, R., Tscheligi, M., & Giller, V. (2003). Paper prototyping - what is it good for? A comparison of Paper-and computer-based low-fidelity prototyping. *CHI 2003: New Horizons* (págs. 778-779). Florida: Short Talk: Issues in Software Development.

Serrel, B. (1996). *Exhibit Labels: An Interpretative Approach*. Alta Mira.

Shouten, F. (1987). La función educativa del Museo: un desafío permanente. *Museum, Vol. 156*, 240-243.

Singh, P. K. (1997). Museum and Education. *Orrisa Historial Research Journal, Vol. XLVII, No. 1*, 69-82.

Sirvent, M., Toubes, A., Llosa, S., & Lomagno, C. (2006). *Revisión del concepto de Educación No Formal. cuadernos de Cátedra de Educación No Formal*. Buenos Aires: Facultad de Filosofía y Letras.

Smitter, Y. (2006). Hacia una perspectiva sistémica de la educación no formal. *Laurus, Vol. 12, Num. 22*, 241-256.

Solso, R., MacLin, O., & MacLin, M. (2008). *Cognitive Psychology*. Boston: Pearson/Allyn and Bacon.

Sparacino, F. (2004). *Museum intelligence: using interactive technologies for effective communication and storytelling in the "Puccini set designer" exhibit*. Berlin, Germany: Archives & Museum Informatics Europe.

Steen, M., Kuijt-Evers, L., & Klok, J. (2007). Early user involvement in research and design projects - A review of methods and practices. *Proceedings of the 23rd EGOS colloquium* (pág. sp). Vienna, Austria: European Group for Organizational Studies.

- Strohmeier, D., Jumisko-Pyykkö, S., & Kunze, K. (2010). Open Profiling Of Quality: a mixed method approach to understating multimodal quality perception. *Advances in Multimedia. Vol. 2010*, 28 p.
- Téllez, C. (2002). Museología y patrimonio: una propuesta de educación interactiva tangible. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales - Universidad Nacional de Jujuy, Núm. 18, Diciembre*, 77-89.
- Thóra, E., Gunnarsdóttir, S., & Atladóttir, G. (2006). From user Inquiries to Specification. En C. Ghaoui, *Encyclopedia of Human Computer Interaction* (págs. 220-226). Londres: Idea Group Reference.
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Barcelona: Icaria editorial, S. A.
- Torres, C. (2007). Conceptualización y caracterización de la educación no formal. En C. Torres, & J. Pareja Fernández de la Reguera, *La Educación No formal y Diferenciada: fundamentos didácticos y organizaticos* (págs. 11-38). Madrid: CCS Editorial.
- Trilla, J. (1992). *La Educación No Formal: definición, conceptos básicos y ámbitos de aplicación*. España: Universidad de Barcelona.
- Tullis, T., & Albert, B. (2008). *Measuring the user experience. Collecting, analyzing, and presenting usability metrics*. Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann.
- UAQ. (25 de 10 de 2014). *Universidad Autónoma de Querétaro*. Obtenido de Fondo de Proyectos Especiales de Rectoría: <http://www.uaq.mx/secretariadelarectoria/FOPER2014/>
- Ullmer, B., & Ishii, H. (1997). The metaDESK:Models and prototypes for tangible. *ACM Symp. User Interface Software and Technology* (págs. 223-232). Banff, Alberta: ACM.
- Ullmer, B., & Ishii, H. (2001). Emerging frameworks for Tangible User Interfaces. *IBM Systems Journal, Vol. 39, No. 3/4*, 1-15.

- UNESCO. (1990). *Estadísticas sobre museos e instituciones conexas*. París, Francia: UNESCO.
- UNESCO. (10 de 12 de 2014). *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. Obtenido de Las TIC en la Educación: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts/lifelong-learning/non-formal-education/>
- UNESCO-PNUMA. (1990). *Educación Ambiental: módulo para la formación de profesores de ciencias y de supervisores para escuelas secundarias*. Santiago, Chile: OREALC.
- UNITY. (01 de 10 de 2014). *UNITY*. Obtenido de Create the games you love with Unity: <http://unity3d.com/unity>
- Vázquez, Á., & Manassero, M. (15 de 05 de 2013). *Las actividades extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15590103>
- Vissers, J., & Geerts, D. (2014). Evaluating the User Experience of Tangible Interface Prototype. *TEI 2014*, sp.
- Wakkary, R., & Hatala, M. (2006). ec(h)o: Situated Play in a Tangible and Audio. *DIS '06 Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems* (págs. 281-290). Pennsylvania, USA: DIS 2006.
- Weiser, M. (15 de 11 de 2012). *Stanford Computer Graphics Laboratory*. Obtenido de The Computer for the 21st Century: http://graphics.stanford.edu/courses/cs428-03-spring/Papers/readings/General/Weiser_SciAm91.htm
- Yahya, I. (1996). *Mindful Play! or Mindless Learning!: Modes of Exploring Science Museums*. Athlone, Londres: S. Pearce.
- Yus, R. (1998). Sobre la coexistencia de dos concepciones educativas en el currículum de la LOGSE. *Aula de Innovación Educativa*, Vol. 69, 73-78.

Zavala, L. (1993). La Recepción Museográfica, entre el Ritual y el Juego. En L. Zavala, M. d. Silva, & J. F. Villaseñor, *Posibilidades y límites de la Comunicación Museográfica* (págs. 16-81). México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Zavala, L., & García, M. (2003). Historia de la Educación Ambiental desde su discusión y análisis en los congresos internacionales. *Revista de Investigación, Núm. 63*, 201-218.

Anexos

Anexo 1

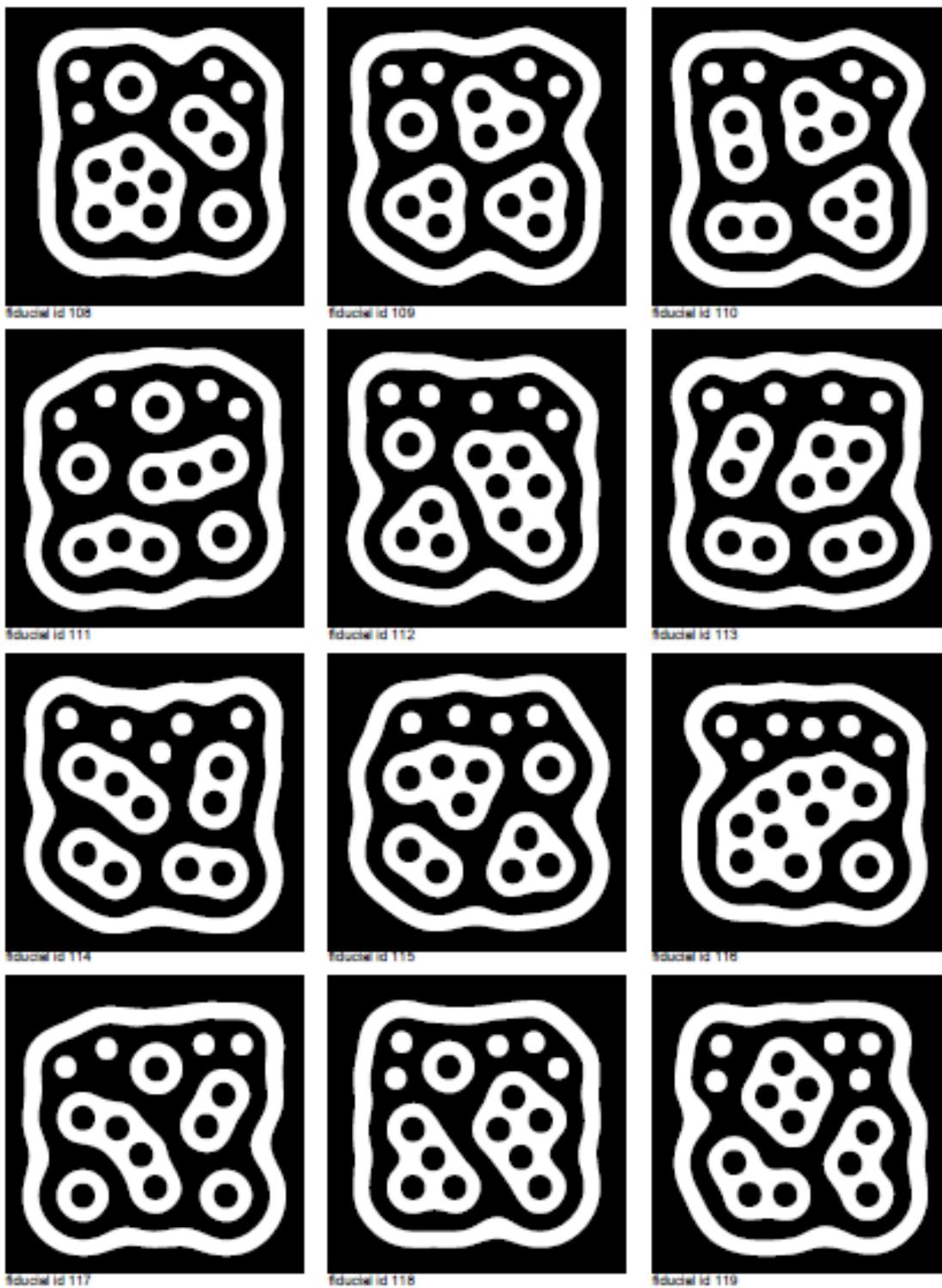


Figura 1 Códigos fiduciaros seleccionados

Anexo 2

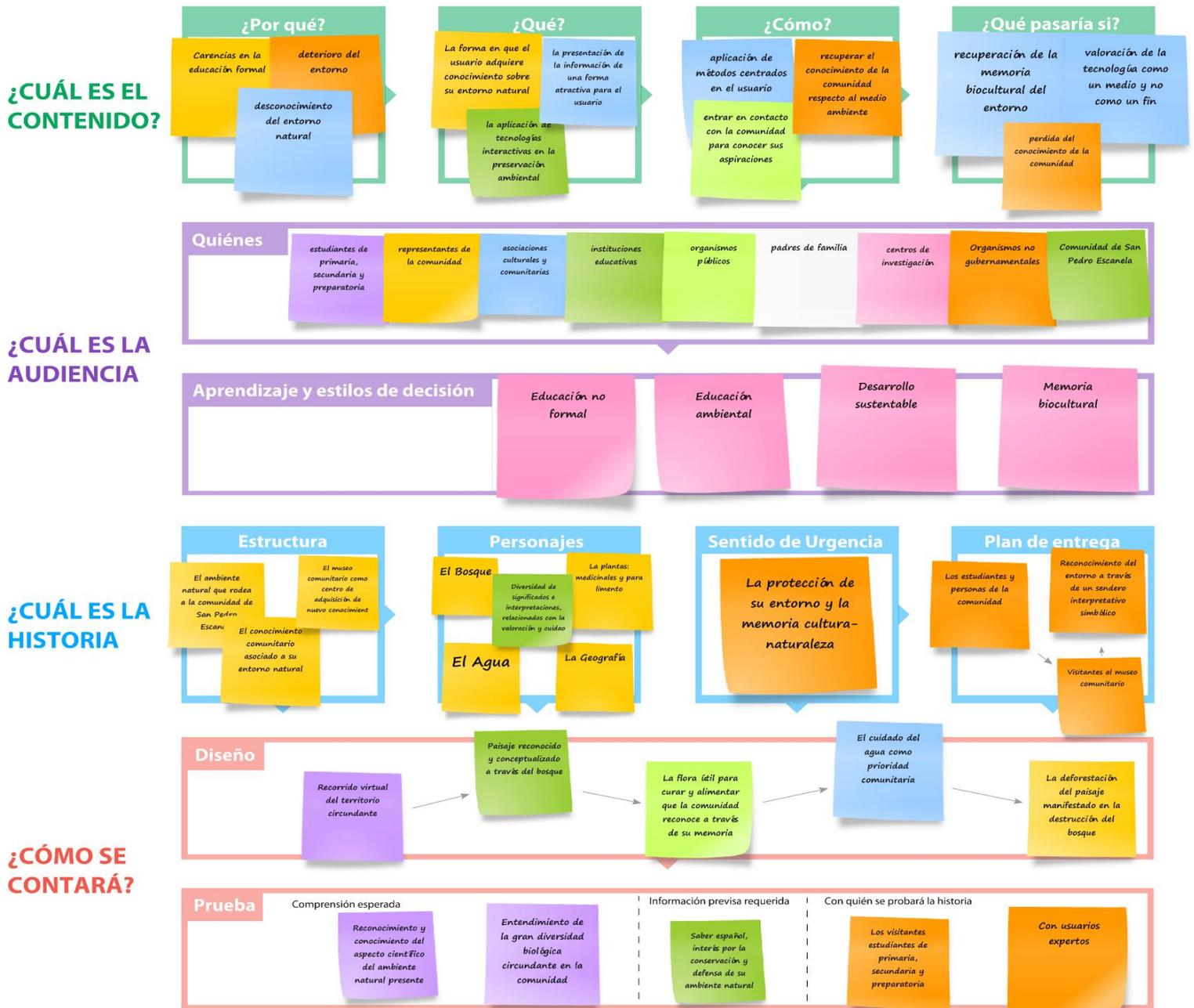


Figura 2 Contenido, audiencia, historia y cuento

Anexo 3

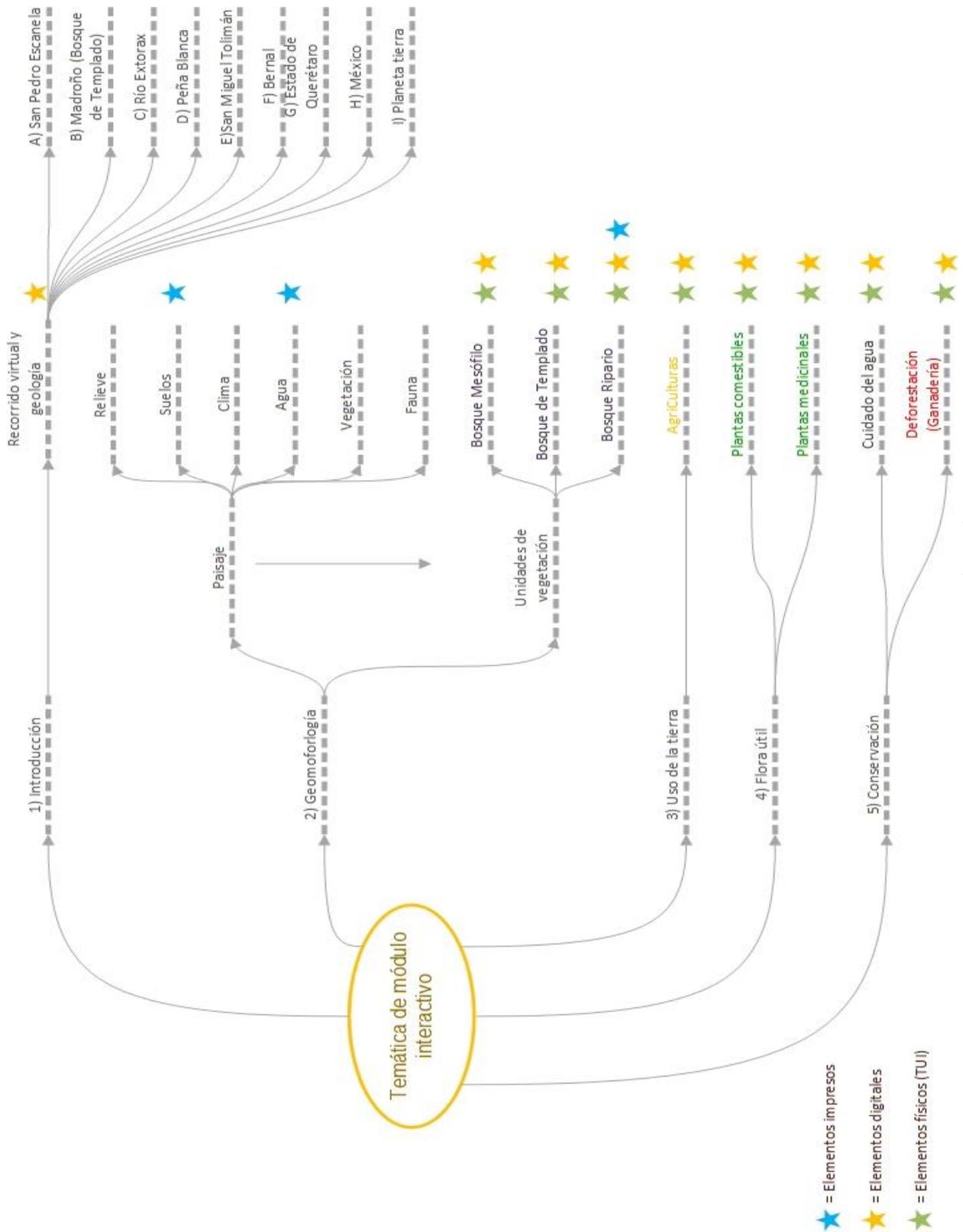


Figura 3 Organización temática

Anexo 4



Figura 4 Primera versión de propuesta iconográfica

Anexo 5

Pugh Chart		AV	IV	AG	AM	PP	DG
Boceto		Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4	Diseño 5	Diseño 6
							
Os							
Criterio de diseño							
Atrayente	3	-	+	-	++	-	+
Manipulable	4	+	+	+	+	+	++
Mantener atención	5	0	+	+	+	0	+
Interacción grupal	2	0	0	0	+	0	+
	+	4	12	9	17	8	13
	0	7	2	2	2	7	4
	-	3	0	3	0	3	0
Puntaje total		1	12	6	17	5	18

Figura 5 Evaluación de prototipos de papel mediante Pugh Chart

Anexo 6

Criterio de diseño	Peso	Mockup				
		AV Diseño 1	IV Diseño 2	AG Diseño 3	AM Diseño 4	PP Diseño 5
Trasportación	5	--	++	0	+	+
Estética	4	++	0	++	0	0
Manufactura	3	0	++	-	+	+
Costo	4	--	+	--	0	0
Mantenimiento	2	0	+	-	0	+
	+	8	22	8	8	10
	0	5	4	5	10	10
	-	18	0	13	0	0
Total de puntos		-10	22	-5	8	10

Figura 6 Evaluación de MockUp mediante Pugh Chart

Anexo 7

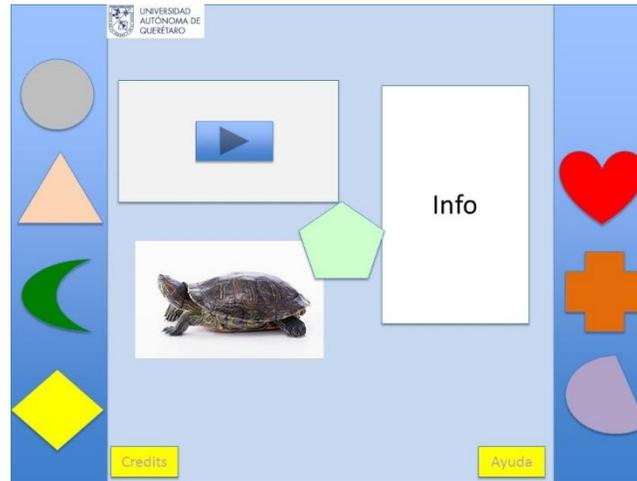


Figura 7 Propuesta de simulación 1



Figura 8 Propuesta de simulacion 2

Anexo 8



Figura 9 Segunda versión de prototipo, propuesta 1

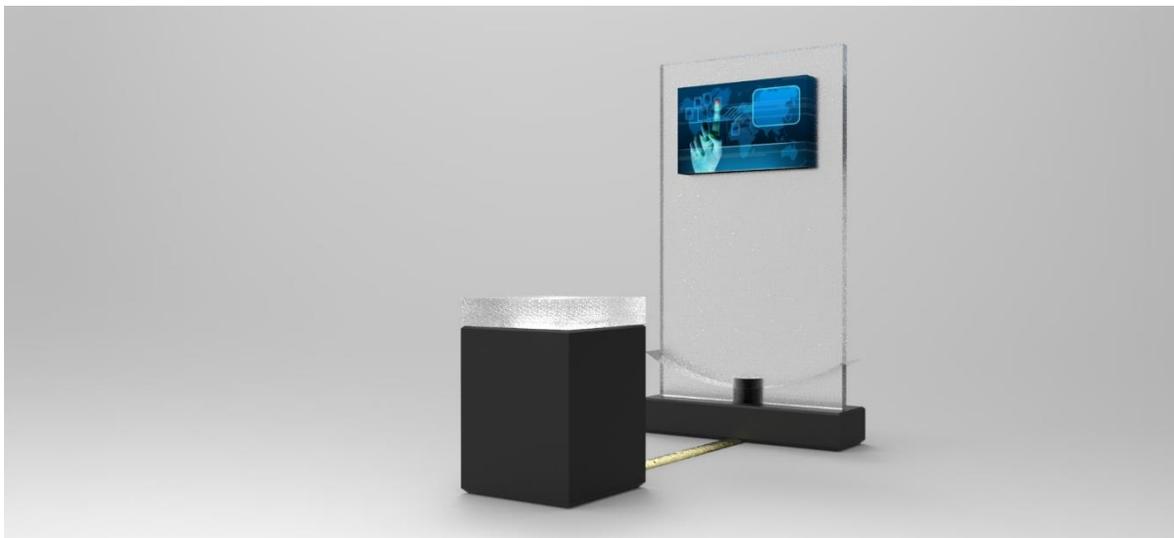


Figura 10 Segunda versión de prototipo, propuesta 2

Anexo 9

QUIS SISTEMA INTERACTIVO

Perfil

1. Edad

Marca sólo un óvalo.

- 10 a 15 años
 16 a 18 años
 19 a 22 años
 23 a 30 años
 31 a 40 años
 41 a 60 años
 61 o más años
 Otros: _____

2. Género

Marca sólo un óvalo.

- Femenino
 Masculino

REACCIONES GENERALES

3. 1. El sistema es

Marca sólo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Terrible	<input type="radio"/>	Maravilloso									

4. 2. El sistema es

Marca sólo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Difícil	<input type="radio"/>	Fácil									

5. **3. El sistema es**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Frustrante	<input type="radio"/>	Satisfactorio									

6. **4. El sistema es**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Capacidad insuficiente	<input type="radio"/>	Capacidad suficiente									

7. **5. El sistema es**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Aburrido	<input type="radio"/>	Estimulante									

8. **6. El sistema es**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Rígido	<input type="radio"/>	Flexible									

Pantalla

9. **7. Leer las letras en pantalla**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Difíciles de leer	<input type="radio"/>	Fáciles de leer									

10. **8. Resaltar la información simplifica las tareas**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Para nada	<input type="radio"/>	Mucho									

11. **9. Organización de la información en la pantalla**

Marca sólo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Confusa	<input type="radio"/>	Muy clara									

12. **10. Secuencia de las pantallas**

Marca sólo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Confusa	<input type="radio"/>	Muy clara									

TERMINOLOGÍA E INFORMACIÓN DEL SISTEMA

13. **11. Uso de mismo tipo de palabras en todo el sistema**

Marca sólo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inconsistente	<input type="radio"/>	Consistente									

14. **12. Las palabras usadas corresponden a la tarea realizada**

Marca sólo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nunca	<input type="radio"/>	Siempre									

15. **13. Posición de los mensajes en la pantalla**

Marca sólo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inconsistente	<input type="radio"/>	Consistente									

16. **14. Los mensajes en la pantalla le indican al usuario que hacer**

Marca sólo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Confusos	<input type="radio"/>	Claros									

17. **15. El sistema te mantiene informado de lo que se está haciendo**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nunca	<input type="radio"/>	Siempre									

18. **16. Los mensajes de error**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inútiles	<input type="radio"/>	Útiles									

Aprendizaje

19. **17. Aprender a usar el sistema**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Difícil	<input type="radio"/>	Fácil									

20. **18. Explorar nuevas funciones a base de prueba y error**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Difícil	<input type="radio"/>	Fácil									

21. **19. Recordar los nombres y uso de comandos**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Difícil	<input type="radio"/>	Fácil									

22. **20. Las tareas son realizadas de forma sencilla**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nunca	<input type="radio"/>	Siempre									

23. **21. Los mensajes de ayuda en la pantalla**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inútiles	<input type="radio"/>	Útiles									

24. **22. Materiales de referencia complementarios**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Confusos	<input type="radio"/>	Claros									

Capacidades del sistema

25. **23. Velocidad del sistema**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Muy lento	<input type="radio"/>	Muy rápido									

26. **24. Confiabilidad del sistema**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
No confiable	<input type="radio"/>	Confiable									

27. **25. El sistema tiende a ser**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ruidoso	<input type="radio"/>	Silencioso									

28. **26. Corrige mis errores**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Difícil	<input type="radio"/>	Fácil									

29. **27. Esta diseñado para todos los usuarios**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nunca	<input type="radio"/>	Siempre									

Usabilidad e Interfaz Gráfica

30. **28. Uso de colores y sonido**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mala	<input type="radio"/>	Buena									

31. **29. Capacidad de respuesta del sistema**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mala	<input type="radio"/>	Buena									

32. **30. Respuesta del sistema a los errores**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Incomodo	<input type="radio"/>	Cómodo									

33. **31. Mensajes del sistema y reportes**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Malo	<input type="radio"/>	Buena									

34. **32. Orden y apariencia del programa**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Malo	<input type="radio"/>	Buena									

Características físicas del sistema

35. **33, Durabilidad del sistema**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mala	<input type="radio"/>	Buena									

36. **33, Estética del sistema**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mala	<input type="radio"/>	Buena									

37. **34, Comodidad del sistema**

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mala	<input type="radio"/>	Buena									

Tres aspectos

38. **Tres aspectos más negativos del sistema**

39. **Tres aspectos más positivos del sistema**
