

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA



TESIS DE GRADO

**PLATAFORMA WEB PARA GENERAR RECURSOS DE
REALIDAD AUMENTADA EN ENTORNOS INTERACTIVOS
DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE**

**Tesis de Grado presentado para la obtención del Grado de Licenciatura en Informática
Mención Ingeniería de Sistemas Informáticos**

POR: UNIV. CARLOS FERNANDO MARCA CHOQUE

TUTOR: M. SC. GROVER ALEX RODRIGUEZ RAMIREZ

ASESOR: PH. D. YOHONI CUENCA SARZURI

LA PAZ – BOLIVIA

Julio, 2019

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA

Tesis de grado:

**PLATAFORMA WEB PARA GENERAR RECURSOS DE REALIDAD
AUMENTADA EN ENTORNOS INTERACTIVOS DE ENSEÑANZA Y
APRENDIZAJE**

Presentada por:

Univ. Carlos Fernando Marca Choque

Para la obtención del grado académico de:

Licenciatura en Informática

Nota numeral:

Nota literal:

Ha sido:

Aprobado con distinción

Director de la carrera de Informática:

Ph. D. José María Tapia Baltazar

Tutor:

M. Sc. Grover Alex Rodríguez Ramírez

Tribunal 1:

Ph. D. Yohoni Cuenca Sarzuri

Tribunal 2:

Tribunal 3:

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mi amado hijo Fernale Karel, quien es el motor de mi vida, por quién despierto cada mañana y siempre me llena de alegría y amor, para mostrarle que la vida está llena de sueños y debemos llegar a cumplirlos, sin importar las adversidades que se presenten en el camino. Todos estamos destinados a grandes cosas, debemos aprovechar cada oportunidad y sacarle el máximo provecho, para seguir aprendiendo y formarnos cada día para llegar a ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios por la vida y darme la oportunidad de estar hoy aquí.

A los amores de mi vida mi hijo Fernale y mi esposa Alejandra que me acompañan todos los días con mucho amor y alegría.

A mis amados padres Celia y Cornelio por haberme dado un hogar, alimento, estudio y acompañarme en muchísimas desveladas con mucho amor y comprensión.

A mis queridos hermanos Elton, Jhoshimar y Kenia por la confianza y el apoyo brindado durante todos estos años.

A mis docentes de la carrera de Informática, que me enseñaron y guiaron a través de todos los años de estudio, dándome las herramientas necesarias para desempeñar la profesión en bien de la sociedad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. MARCO INTRODUCTORIO	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.3.1. PROBLEMA CENTRAL.....	13
1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS	14
1.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	14
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.5. HIPÓTESIS.....	14
1.5.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	15
1.6. JUSTIFICACIÓN	16
1.6.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	16
1.6.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	16
1.6.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA	16
1.6.4. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.....	17
1.7. ALCANCES Y LÍMITES	17
1.7.1. ALCANCES.....	17
1.7.2. LÍMITES	17
1.8. APORTES.....	18
1.8.1. PRÁCTICO	18
1.8.2. TEÓRICO.....	18

1.9. METODOLOGÍA	18
1.9.3. METODOLOGÍA SAM.....	20
1.9.4. MODELO KANO	22
II. MARCO TEÓRICO.....	26
2.1. PLATAFORMA WEB.....	26
2.1.1. WEB	26
2.1.2. WEB SEMÁNTICA.....	26
2.1.3. LA WEB COMO PLATAFORMA.....	27
2.2. APLICACIONES WEB.....	28
2.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES	28
2.2.2. BENEFICIOS.....	28
2.2.3. VENTAJAS.....	29
2.3. HERRAMIENTAS DE DESARROLLO	30
2.3.1. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	30
2.3.2. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN WEB.....	30
2.3.2.1. HTML.....	31
2.3.2.2. CSS	32
2.3.2.3. JAVASCRIPT	32
2.3.2.4. PHP.....	33
2.3.2.5. MYSQL	33
2.4. REALIDAD AUMENTADA	34
2.4.1. REALIDAD	34
2.4.2. REALIDAD AUMENTADA.....	35

2.4.3. DEFINICIÓN DE REALIDAD AUMENTADA	35
2.4.4. ELEMENTOS DE LA REALIDAD AUMENTADA	36
2.4.4.1. ELEMENTO CAPTURADOR.....	36
2.4.4.2. ELEMENTO DE SITUACIÓN.....	36
2.4.4.3. ELEMENTO PROCESADOR	37
2.4.4.4 ELEMENTO SOBRE EL CUAL PROYECTAR	37
2.4.5. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE REALIDAD AUMENTADA	37
2.4.5.1. SISTEMAS BASADOS EN EL RECONOCIMIENTO DE MARCAS	37
2.4.5.2. SISTEMAS BASADOS EN GEOLOCALIZACIÓN	37
2.4.5.3. SISTEMAS BASADOS EN EL RECONOCIMIENTO DE FORMAS	38
2.4.6. NIVELES DE REALIDAD AUMENTADA.....	38
2.4.7. REALIDAD AUMENTADA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE	39
2.5. LIBRERÍAS DE REALIDAD AUMENTADA	40
2.5.1. ARTOOLKIT	40
2.5.2. LIBRERÍA AR.JS - REALIDAD AUMENTADA PARA LA WEB.....	44
2.5.2.1. CARACTERÍSTICAS.....	46
2.5. E-LEARNING	46
2.5.1. EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN E-LEARNING	46
2.5.2. GESTIÓN DE LA FORMACIÓN EN E-LEARNING.....	47
2.5.2.1. GESTIÓN DEL PROCESO DE APRENDIZAJE	47
2.5.2.2. GESTIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA	48
2.5.3. BENEFICIOS DE LA REALIDAD AUMENTADA EN EL E-LEARNING ...	51

2.5.4. VENTAJAS DE UTILIZAR LA REALIDAD AUMENTADA EN E-LEARNING	52
2.6. MODELO DE APROXIMACIÓN SUCESIVA (SAM)	53
2.6.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.....	56
2.6.2. CICLO DE TRABAJO.....	57
2.7. MÉTODO DE INGENIERÍA DE SOFTWARE UWE	57
2.7.1. MODELO DE REQUERIMIENTOS	59
2.7.2. MODELO DE CONTENIDO	61
2.7.3. MODELO DE NAVEGACIÓN.....	62
2.7.4. MODELO DE PRESENTACIÓN	64
2.8. MODELO KANO.....	67
2.8.1. TIPO DE REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES.....	68
2.8.2. CUESTIONARIOS	69
2.8.2.1. CUESTIONARIO DE ATRIBUCIÓN DE IMPORTANCIA.....	70
2.8.2.2. ANÁLISIS BÁSICO DE LOS DATOS	71
2.8.3. ANÁLISIS DETALLADO DE LOS DATOS	72
2.8.3.1. EL MAPA DE LAS RESPUESTAS	72
2.8.3.2. UNA PRUEBA ESTADÍSTICA	72
2.8.3.3. UNA REPRESENTACIÓN ALTERNA.....	73
2.8.4. SATISFACCIÓN DEL CLIENTE.....	75
2.8.5. MODELOS DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	75
III. DISEÑO METODOLÓGICO	76

3.1. RELACIÓN ENTRE SAM, E-LEARNING, UWE Y REALIDAD AUMENTADA	76
3.2. ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA.....	77
3.3. DESARROLLO DEL MODELO SAM.....	78
3.2.1. ITERACIÓN 1	78
3.2.1.1. EVALUACIÓN	78
3.2.1.2. DISEÑO.....	79
3.2.1.2. DESARROLLO	88
3.2.2. ITERACIÓN 2	91
3.2.2.1. EVALUACIÓN	91
3.2.2.2. DISEÑO.....	92
3.2.2.2. DESARROLLO	100
IV. EVALUACIÓN DE RESULTADOS	102
4.1. APLICACIÓN DEL MÉTODO KANO.....	102
4.1.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE SATISFACCIÓN	102
4.1.2. DESARROLLO DEL CUESTIONARIO	103
4.1.3. RECOLECCIÓN DE DATOS	103
4.1.4. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES	104
4.1.4.1. DATOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS	104
4.1.4.2. PROCESAMIENTO DEL MODELO	104
4.1.4.3. RESULTADOS DE EVALUACIÓN.....	104
4.1.4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	105
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112

5.1. CONCLUSIONES	112
5.2. RECOMENDACIONES	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema de funcionamiento de un sistema de realidad aumentada típico.	2
Figura 1.2. Primer sistema de Realidad Aumentada de Sutherland.	3
Figura 1.3. Sistema de computación gráfica interactiva.....	4
Figura 1.4. Marcas matriciales de Rekimoto.....	5
Figura 1.5. Ejemplo de aplicación de ARToolKit.	5
Figura 1.6. Archeoguide. Imagen real (izquierda) e imagen aumentada (derecha).....	6
Figura 1.7. Project Glass.....	7
Figura 1.8. Proyecto APRENDRA.	8
Figura 1.9. Just a Line versión 2.0.....	9
Figura 1.10. Diseño de la página web.	10
Figura 1.11. Marcador Matraz de Erlenmeyer.	11
Figura 1.12. Entorno interactivo de aprendizaje.....	12
Figura 1.13. Modelo 3D desarrollado en Sketchup.	12
Figura 1.14. Modelo 3D desarrollado en la aplicación.....	13
Figura 1.15. Etapas de UWE.	20
Figura 1.16. Fases del Modelo SAM1.	21
Figura 1.17. Fases del Modelo SAM2.	21
Figura 1.18. Dimensiones de la calidad en el modelo de Kano.....	23
Figura 2.1. Meme Map de la Web 2.0.	27
Figura 2.2. Taxonomía de Realidad Mixta según Milgram y Kishino.	35
Figura 2.3. Plantilla marcador Hiro.	41
Figura 2.4. Esquema funcional de ARToolKit.	43
Figura 2.5. Sistema de coordenadas ARToolKit.	44
Figura 2.6. Código de la librería AR.js.....	45
Figura 2.7. Ciclo del modelo SAM 1.....	54
Figura 2.8. El modelo SAM 2.....	56
Figura 2.9. Modelos de UWE.	58

Figura 2.10. Ejemplo de Casos de Uso.....	60
Figura 2.11. Ejemplo del Modelo de Contenido.	61
Figura 2.12. Estereotipos de estructura de navegación.	62
Figura 2.13. Ejemplo del Modelo de Navegación.	63
Figura 2.14. Ejemplo de Página de presentación: Inicio.	65
Figura 2.15. Ejemplo de Página de presentación: Búsqueda.....	66
Figura 2.16. Tipos de requisitos del cliente.....	68
Figura 2.17. Tipos de requerimientos del cliente.	74
Figura 3.1. Arquitectura de la plataforma web en sus 3 capas.	77
Figura 3.2. Diagrama de flujo: Plataforma web.	79
Figura 3.3. Modelo de casos de uso: Plataforma web.	79
Figura 3.4. Modelo de contenido.....	80
Figura 3.5. Modelo de Navegación.	81
Figura 3.6. Maqueta del formulario de Inicio de Sesión	82
Figura 3.7. Maqueta del formulario de Registro (A: Usuario, B: Contraseña y C: Datos personales).....	83
Figura 3.8. Maqueta de la Pantalla Principal.....	84
Figura 3.9. Maqueta de la página de Recursos	85
Figura 3.10. Maqueta para el formulario Crear/Modificar Recurso	86
Figura 3.11. Maqueta para Opciones de un Recurso	87
Figura 3.12. Formulario - Iniciar sesión.....	88
Figura 3.13. Formulario – Registro de usuarios	89
Figura 3.14. Creación de un nuevo recurso	89
Figura 3.15. Opciones de un recurso	90
Figura 3.16. Visualización de un recurso	90
Figura 3.17. Diagrama de flujo: Plataforma web (Iteración 2).	92
Figura 3.18. Diagrama de Casos de Uso: Plataforma Web (Iteración 2)	93
Figura 3.19. Modelo de Contenido (Iteración 2).....	93
Figura 3.20. Modelo de Navegación (Iteración 2).....	95

Figura 3.21. Maqueta de la Pantalla Principal (Iteración 2).....	96
Figura 3.22. Maqueta del formulario de Inicio de Sesión (Iteración 2)	97
Figura 3.23. Maqueta de la página Categoría.....	98
Figura 3.24. Maqueta de las opciones de Recurso (Iteración 2).....	99
Figura 3.25. Pantalla Principal (Iteración 2).....	100
Figura 3.26. Pagina Categorías (Iteración 2).....	100
Figura 3.27. Página Opciones de Recurso (Iteración 2).....	101
Figura 4.1. Diagrama de Pareto Atributos Atractivos	106
Figura 4.2. Diagrama de Pareto Atributos Opuestos.....	108
Figura 4.3. Diagrama global del coeficiente de satisfacción e insatisfacción de las variables.	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Operacionalización de variables.....	15
Tabla 1.2. Tabla de evaluación del modelo de Kano.....	25
Tabla 2.1. Ejemplo de cuestionario Kano.....	70
Tabla 2.2. Concentración de respuestas.....	71
Tabla 2.3. Clasificación de requisitos.....	71
Tabla 2.4. Concentración de respuestas.....	72
Tabla 2.5. Ejemplo de una tabla de concentración de respuestas.....	74
Tabla 3.1. Relación entre SAM, E-Learning y UWE.....	76
Tabla 3.2. Cuadro de requerimientos funcionales y no funcionales.....	78
Tabla 3.3. Diccionario de Datos.....	80
Tabla 3.4. Descripción del formulario de Inicio de Sesión.....	82
Tabla 3.5. Descripción del formulario de Registro.....	84
Tabla 3.6. Descripción de la Pantalla Principal.....	85
Tabla 3.7. Descripción de la página de Recursos.....	86
Tabla 3.8. Descripción para el formulario Crear/Modificar Recurso.....	87
Tabla 3.9. Descripción para Opciones de un Recurso.....	88
Tabla 3.10. Cuadro de requerimientos funcionales (Iteración 2).....	91
Tabla 3.11. Diccionario de Datos (Iteración 2).....	94
Tabla 4.1. Variables de estudio.....	102
Tabla 4.2. Grupos de usuario para los cuestionarios.....	104
Tabla 4.3. Tabla de Resultados del Modelo Kano según la Frecuencia.....	105
Tabla 4.4. Diagrama de Pareto Atributos Atractivos.....	106
Tabla 4.5. Diagrama de Pareto Atributos Opuestos.....	107
Tabla 4.6. Coeficientes de satisfacción e insatisfacción y test de significancia de Fong.....	111

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1. Estadístico de Fong.....	73
Ecuación 2.2. Grado de Satisfacción.....	73
Ecuación 2.3. Grado de Insatisfacción.. ..	74
Ecuación 4.1. Grado de Satisfacción.....	109
Ecuación 4.2. Grado de insatisfacción.....	109
Ecuación 4.3. Prueba Estadística de Fong.....	110

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolló una Plataforma Web para generar recursos de Realidad Aumentada en entornos interactivos de enseñanza y aprendizaje, tesis propuesta en la Carrera de Informática, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés.

La Realidad Aumentada es una tecnología poco utilizada en los entornos interactivos del proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que no se dispone de aplicaciones libres a disposición de los docentes y estudiantes para su uso, con la finalidad de mejorar este proceso se propone la plataforma web realizada para este caso.

La investigación estuvo enmarcada en el modelo SAM y e-Learning, se tuvo 2 iteraciones para el desarrollo la plataforma web bajo la metodología UWE, adicionalmente se utilizaron diversas tecnologías para la aplicación como PHP, HTML, CSS, JavaScript, para la base de datos MySQL, para la implementación de la Realidad Aumentada se usó la librería AR.js de la Biblioteca ARToolKit y A-frame para la generación de marcadores. La plataforma puede ser visualizada con éxito desde los navegadores Chrome, Firefox, Opera y Edge.

De esta manera se pudo concluir con la implantación de la plataforma web, probando la hipótesis propuesta con el modelo Kano con un nivel de satisfacción del 85% en los atributos atractivos.

Palabras claves: plataforma web, realidad aumentada, entornos interactivos, enseñanza, aprendizaje, sam, e-learning, uwe, ar.js, a-frame, kano.

ABSTRACT

In this research, a Web Platform was developed to generate Augmented Reality resources in interactive teaching and learning environments, a thesis proposed in the Computer Science Career, Faculty of Pure and Natural Sciences, University Major of San Andres.

Augmented Reality is a technology little used in the interactive environments of the teaching and learning process, since there are no free applications available to teachers and students for its use, in order to improve this process the web platform is proposed made for this case.

The research was framed in the SAM model and e-Learning, it had 2 iterations for the development of the web platform under the UWE methodology, additionally various technologies were used for the application such as PHP, HTML, CSS, JavaScript, for the database MySQL, for the implementation of the Augmented Reality, the library AR.js of the ARToolKit Library and A-frame for the generation of markers was used. The platform can be viewed successfully from the browsers Chrome, Firefox, Opera and Edge.

In this way it was possible to conclude with the implementation of the web platform, testing the proposed hypothesis with the Kano model with a level of satisfaction of 85% in the attractive attributes.

Keywords: web platform, augmented reality, interactive environments, teaching, learning, sam, e-learning, uwe, ar.js, a-frame, kano.

I
MARCO
INTRODUCTORIO

I. MARCO INTRODUCTORIO

1.1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la informática gráfica tuvo un continuo desarrollo, motivado entre otros factores, por intereses comerciales que fueron impulsados desde el ámbito del cine, los videojuegos, la televisión, simulación y aplicaciones educativas, médicas e industria les, entre otras.

Por otro lado, surgió la necesidad de integrar en algunos entornos, la representación de imágenes digitales con imágenes del mundo real, lo que marcó el inicio de una nueva tecnología: Realidad Aumentada denotada como RA¹. Esta tecnología está experimentando una evolución de una RA de laboratorio y al alcance de unos pocos. a una RA de todos, en la que el usuario puede fácilmente disfrutar de experiencias de uso. Con la posibilidad de crear y compartir su propio contenido.

Actualmente se presenta como una potente herramienta que ha mostrado su versatilidad en una amplia gama de aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento. Una de ellas ha sido dentro de entornos interactivos en las diferentes áreas, donde se ha encontrado grandes posibilidades para el conocimiento y expansión de contenidos que se presenta de una forma atractiva y pedagógica al mismo tiempo.

En nuestra universidad existen tesis aplicadas en áreas específicas como turismo, astronomía, zoología, biología, psicología y otras, teniendo la falta de su uso en muchas otras que deberían ser consideradas como matemáticas, física, química, electrónica, mecánica, parvulario y otras.

La investigación se centrará en integrar con una aplicación web esta tecnología a entornos interactivos, desarrollando una plataforma web para generar recursos de RA, creando marcadores personalizados para poder asociarlos a los recursos generados. Esta plataforma

¹ *Augmented Reality AR* con su traducción al español Realidad Aumentada RA.

tendrá la facilidad de ser utilizada por personas con conocimientos básicos en esta tecnología, acortando la brecha entre los usuarios y la RA.

1.2. ANTECEDENTES

Un sistema de RA consiste en tres simples fases. Una primera fase de reconocimiento, una segunda de seguimiento y, por último, una última fase de mezclar/alinear la información del mundo o del objeto 3D debe estar correctamente alineada con la imagen del mundo real.

Por otro lado, en todo sistema de RA son necesarias, al menos, cuatro tareas fundamentales para poder llevar a cabo el proceso de aumento, las cuales son: (i) captura de escena; (ii) identificación de escena; (iii) mezclado de realidad y aumento; y (iv) visualización de escena. En la Figura 1.1 se puede ver de forma esquemática este proceso (López, 2010).



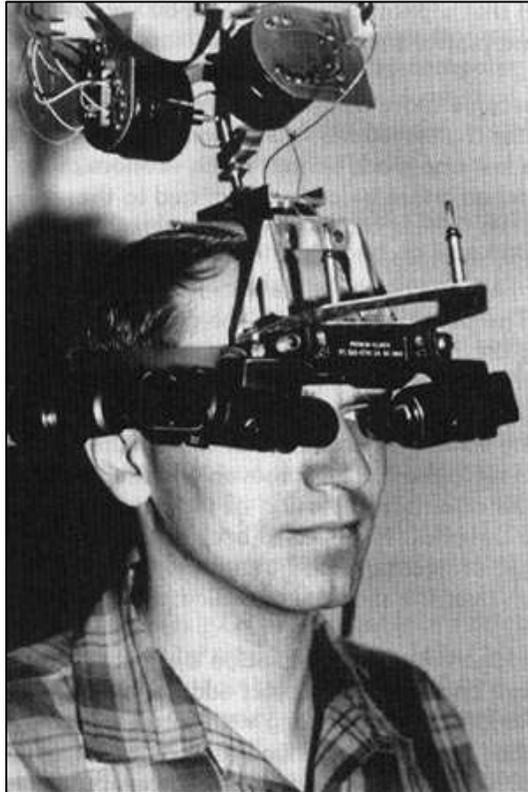
Figura 1.1. Esquema de funcionamiento de un sistema de realidad aumentada típico.

La historia de la RA podría remontarse a 1960, en aquellos años, debido a la limitada capacidad de procesamiento de los ordenadores, únicamente se podían mostrar sencillas imágenes *wireframe*² en tiempo real. El renderizado es el proceso de generar una imagen semitransparente a partir de un modelo, de la cual solo se dibujan las aristas de la malla que

² *Wireframe* en español renderizado de imágenes.

constituye al objeto. Es decir, sólo se deben tener en cuenta las posiciones de los puntos en el espacio tridimensional y las uniones entre ellos para formar los polígonos.

Este casco empleaba dos sistemas de tracking para calcular el registro de la cámara; uno mecánico y otro basado en ultrasonidos, como se observa en la Figura 1.2.



*Figura 1.2. Primer sistema de Realidad Aumentada de Sutherland.
Fuente: (Sutherland & Sproull, 1968)*

Donald Vickers (1972) desarrolló *Sorcerer's Apprentice: Head-Mounted Display and Wand* (Aprendiz de brujo). Es un sistema de computación gráfica interactiva, que utiliza una pantalla montada en la cabeza y una vara de tres dimensiones. El sistema permitía la interacción en tres dimensiones con dibujos de líneas que se muestran en tiempo real. La imagen proyectada en las gafas, brindaba una ilusión de estar rodeado de objetos tridimensionales, generados por computadora, como se muestra en la Figura 1.3.

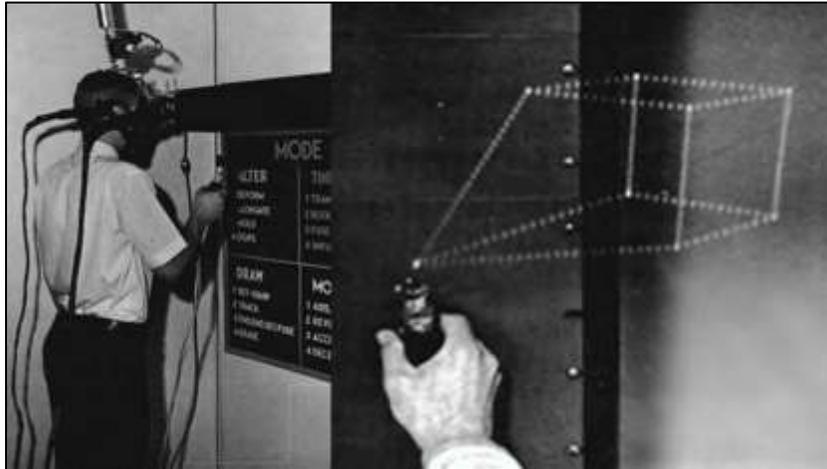


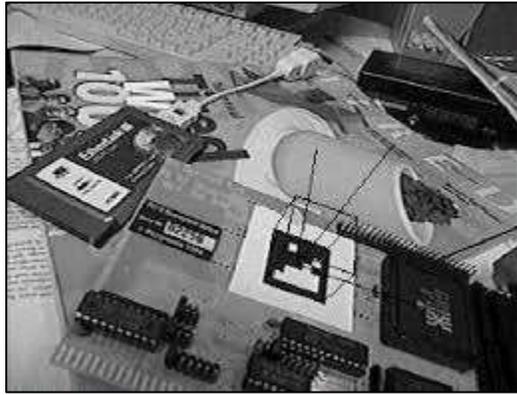
Figura 1.3. Sistema de computación gráfica interactiva.
Fuente: (Stoker, 2013)

Sin embargo, no fue hasta 1990 cuando se acuñó el término de RA por Tom Claudell y David Mizell, dos investigadores de la compañía aérea Boeing. Claudell y sus colegas desarrollaron sistemas HMD (*Head-mounted Display*) que permitían a los ingenieros ensamblar complejos cableados en las aeronaves mediante la proyección de imágenes sobre un *display* muy cercano a los ojos.

En 1997, investigadores de la Universidad de Columbia presentan *The Touring Machine*, el primer sistema de realidad aumentada móvil (MARS). Utilizan un sistema de visión de tipo *see-through* que combina directamente la imagen real con gráficos 2D y 3D proyectados en una pantalla transparente (Feiner, MacIntyre, Hollerer & Webster, 1997).

El ingeniero de Sony Jun Rekimoto (1998), crea un método para calcular completamente el tracking visual de la cámara (con 6 grados de libertad) empleando marcas 2D matriciales que son los códigos de barras cuadrados de la Figura 1.4. Esta técnica sería la precursora de otros métodos de *tracking* visuales en los próximos años.

El *tracking* visual es el proceso de localizar, identificar y determinar la configuración dinámica de uno o varios objetos móviles en cada fotograma, de una o varias cámaras.



*Figura 1.4. Marcas matriciales de Rekimoto.
Fuente: (Rekimoto, 1998)*

ARToolKit (Kato & Billinghurst, 1999), una librería de tracking visual de 6 grados de libertad que reconoce marcas cuadradas mediante patrones de reconocimiento. Debido a su liberación bajo licencia GPL (*General Public License*), se hace muy popular y es ampliamente utilizada en el ámbito de la RA. Esta biblioteca permitió que la tecnología fuese accesible a un abanico mucho más amplio de investigadores y desarrolladores, visualizados en la Figura 1.5.



*Figura 1.5. Ejemplo de aplicación de ARToolKit.
Fuente: (ARToolworks Inc., 1999)*

El proyecto Archeoguide (2001), cuyo nombre es una abreviación de *Augmented Reality Based Cultural Heritage On-Site Guide*, se gestó como una investigación que pretendía explorar y poner en práctica las posibilidades de la tecnología de Realidad Aumentada en el campo del Patrimonio Cultural, realizando su aplicación en yacimientos arqueológicos de Grecia. Como escenario donde realizar esta experiencia con Realidad Aumentada, se eligió el sitio arqueológico de Olimpia en Grecia, donde se realizaron los estudios prácticos y demostrativos, junto con la evaluación por usuarios reales.

El sistema proporciona información personalizada basada en el contexto, y muestra reconstrucciones de edificios y objetos mediante una base de datos multimedia adaptada al problema. Por ejemplo, permite ver sobre las ruinas de los edificios, la reconstrucción virtual en 3D de los mismos junto a información adicional de audio y texto, permitiendo al usuario tener consciencia del estado del edificio en la época de los antiguos Juegos Olímpicos, y además observar la correspondencia con los restos arqueológicos que se conservan en la actualidad, como en la Figura 1.6. La comunicación se realiza mediante WIFI, y el sistema es altamente escalable permitiendo diferentes dispositivos de visualización.



*Figura 1.6. Archeoguide. Imagen real (izquierda) e imagen aumentada (derecha) con la reconstrucción virtual del templo de Hera.
Fuente: (Ruiz, 2014)*

La compañía Google desarrolló gafas inteligentes (*smart glasses*) que permitirán al usuario ver directamente su entorno “aumentado” a partir de la información digital adicional que le

proporcionará el dispositivo (Project Glass, 2012). En el 2012 lanzó las gafas de Realidad Aumentada y bautiza a su proyecto como Project Glass, que se muestra en la Figura 1.7.

Las aplicaciones de Google Glass son aplicaciones gratuitas. Glass también utiliza muchas aplicaciones existentes de Google, como Google Maps, Google + y Gmail.

El 15 de abril de 2013, Google lanzó la Mirror API, permitiendo a los desarrolladores empezar a hacer aplicaciones para Google Glass.

Muchos desarrolladores y empresas han creado aplicaciones para Glass, incluyendo aplicaciones de noticias, edición de fotografías y redes sociales como Facebook y Twitter (Bernardo, 2013).



*Figura 1.7. Project Glass.
Fuente: (Google, 2012)*

El proyecto APRENDRA, un proyecto coordinado por la Universidad Politécnica de Valencia y en el que participa AIJU (Instituto Tecnológico del Juguete) de Alicante, está desarrollando aplicaciones de Realidad Aumentada con el objetivo de evaluar la contribución de esta tecnología en la mejora del aprendizaje y posibilitar que niños de primaria puedan aprender jugando, mostrado en la Figura 1.8.



*Figura 1.8. Proyecto APRENDRA.
Fuente: (Ministerio de Ciencia e Innovación, 2019)*

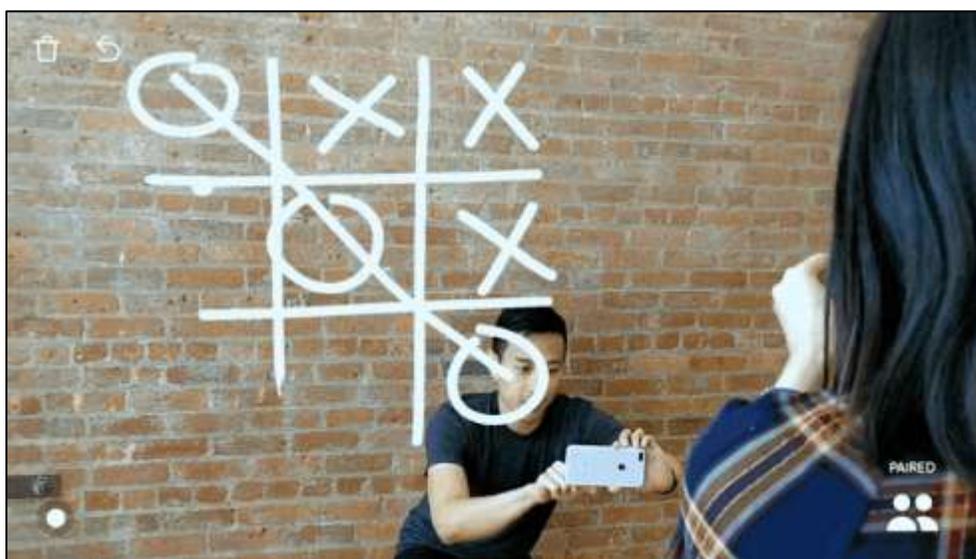
ARCore es una plataforma destinada a crear experiencias de realidad aumentada de calidad. Gracias al uso de distintas APIs, los desarrolladores pueden aprovecharse de los recursos del dispositivo para hacer que los usuarios puedan “sentir” el entorno, entender e interactuar con la información.

Para funcionar, ARCore se basa en dos principios básicos: el primero, la monitorización de la posición del dispositivo y sus movimientos, y la creación de su propia comprensión del mundo real. Para llevar a cabo el rastreo de movimientos, ARCore hace uso de la cámara del teléfono para identificar distintos puntos, y los monitorea para registrar cómo se mueven. De este modo, es posible determinar tanto la posición como la orientación del teléfono. Además, es capaz de detectar superficies planas y estimar la iluminación del área en el que se encuentra el dispositivo.

Esta tecnología permitirá jugar y experimentar con la realidad aumentada en solitario, uno de los *handicaps* de la VR. Con la nueva actualización, Google quiere que juguemos con nuestro teléfono en modo multijugador utilizando la RA. Desde el lanzamiento, hemos visto aplicaciones muy interesantes que utilizan la realidad aumentada. Tanto juegos como apps

educativas y empresariales se encuentran disponibles en la tienda de Google. Google quiere que compartamos la experiencia con la realidad aumentada.

La aplicación desarrollada con ARCore Just a Line, que se ve en la Figura 1.9, emparejará en su nuevo modo de dibujo dos móviles para que veamos en pantalla lo que también está dibujando la otra persona. Esto convierte la realidad aumentada en social, ya que podremos interactuar con otra persona más. Por ejemplo, se podrá jugar mientras dibujamos, como por ejemplo al tres en raya, o grabar un vídeo mientras las dos personas van creando garabatos en el mismo espacio real.



*Figura 1.9. Just a Line versión 2.0.
Fuente: (Google Creative Lab, 2019)*

La tesis “Aplicación de Realidad Aumentada en la Educación”, diseña una página web como muestra la Figura 1.10, en la cual se puede encontrar los enlaces de descarga tanto para los *markers* o patrones, así como también la descarga de los aplicativos usados para el trabajo con el sistema de realidad aumentada ya sea para dispositivos móviles como para la PC. La construcción de los patrones se basó en un modelo inicial el cual puede ser obtenido desde ARToolKit aquí se encuentra un archivo del cual contiene el formato para el diseño de los

markers; solo basta en ingresar la imagen o figura dentro del área del patrón base (Cordova, 2012).

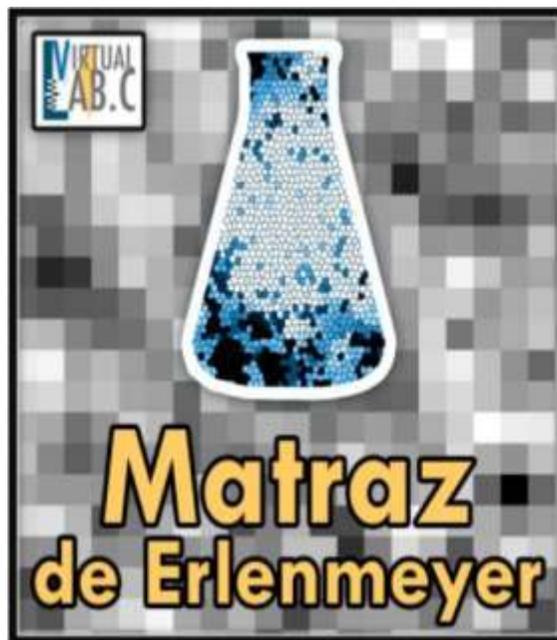


*Figura 1.10. Diseño de la página web.
Fuente: (Cordova, Barrios & Loya, 2012)*

El objetivo del proyecto Marcadores para la Realidad Aumentada para fines educativos es permitir a los estudiantes realizar la experimentación en diferentes prácticas de Química I mediante un simulador virtual implementando la AR, en el cual puedan llevar a cabo las prácticas sin necesidad de contar con todo el equipamiento, materiales e instrumental que debe contar un laboratorio de Química completamente equipado.

Para cumplir con lo mencionado anteriormente, el primer paso fue determinar los marcadores como ejemplo se tiene la Figura 1.11, los cuales son imágenes únicas que servirán como referencia para cada uno de los elementos del laboratorio. Para determinar el diseño del marcador se analizaron las cantidades que se necesitarían de los mismos, para ello se consideraron los ciento dieciocho elementos de la tabla periódica, así como ochenta y seis

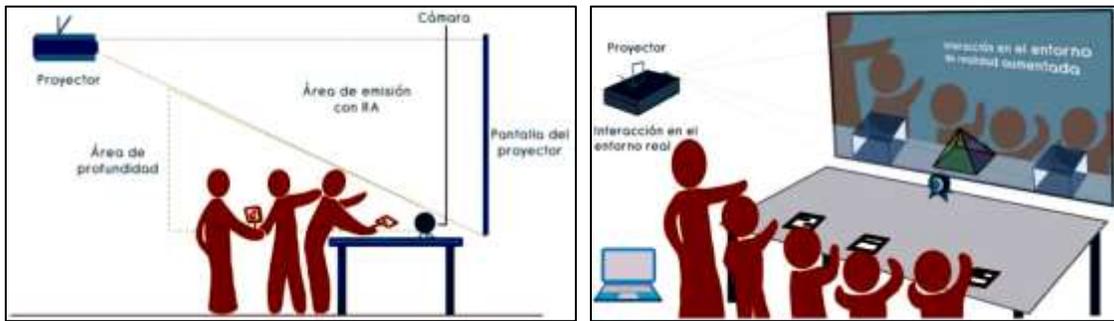
instrumentos de laboratorio de Química y además material extra que se puede requerir en las diferentes prácticas, por ejemplo, globos, pastillas efervescentes u otros, obteniendo un aproximado de 210 marcadores diferentes (Nava, 2013).



*Figura 1.11. Marcador Matraz de Erlenmeyer.
Fuente: (Nava, 2013)*

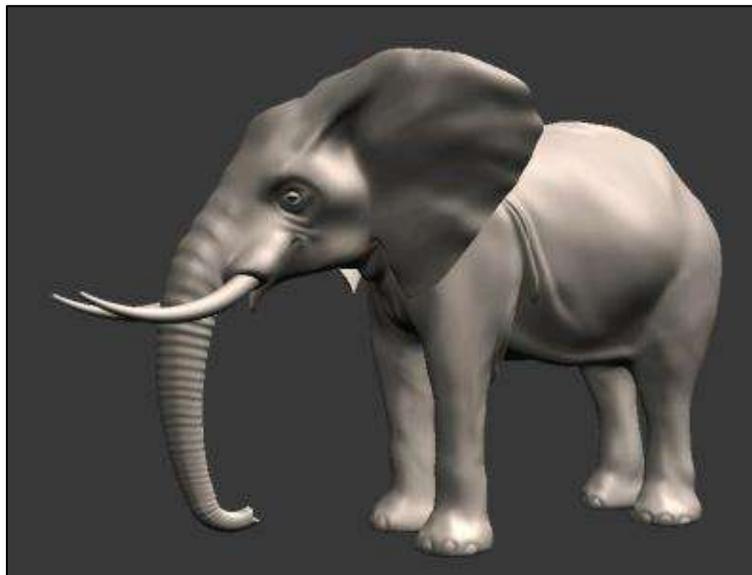
Si bien la RA ha sido implementada en nuestra carrera, se destacan dos documentos que proporcionan base suficiente para elaborar esta nueva investigación ya que se desea proporcionar una plataforma web de realidad aumentada para ser aplicada en entornos o ambientes interactivos.

A continuación se describen trabajos presentados en la carrera de Informática de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés, la tesis: “Entorno de Realidad Aumentada como Apoyo al Proceso Enseñanza Aprendizaje”, propone el uso de la RA como un medio comunicacional interactivo que colabore a la experiencia de aprendizaje en aula, afirmando el proceso colaborativo y entorno interactivo de aprendizaje propuesto en la Figura 1.12 (Gutiérrez, 2014), propone el diseño para implementar un ambiente o entorno interactivo como una herramienta de aprendizaje para el aula.



*Figura 1.12. Entorno interactivo de aprendizaje.
Fuente: (Gutierrez, 2014)*

Otro modelo de la aplicación de la RA se muestra en la Figura 1.13 de la tesis: “Tutor Interactivo para el Aprendizaje de la Zoología en Niños de 8 a 10 años utilizando Realidad Aumentada”, basándose en el bajo rendimiento académico de los estudiantes limitada por textos, sobre todo en el área de biología, diseña un tutor interactivo usando Realidad Aumentada para mejorar el aprendizaje de zoología en niños de 8, 9 y 10 años que permitirá conocer el mundo animal a través de juegos didácticos e información a través de imágenes Realidad Aumentada (Esteban, 2014)



*Figura 1.13. Modelo 3D desarrollado en Sketchup.
Fuente: (Esteban, 2014)*

Por otro lado, la tesis: “Aplicación de realidad aumentada como herramienta lúdica y pedagógica, orientada al proceso de enseñanza – aprendizaje”, desarrolla una aplicación de RA, capaz de extender las capacidades pedagógicas y lúdicas de material educativo de carácter impreso, orientado a mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en la educación (Chuquimia, 2014), en este caso evidenció la mejoría considerable en la comprensión de aprendizaje en el ámbito académico en educación superior por esta tecnología en comparación al método tradicional, en la Figura 1.14 se muestra un modelo desarrollado en la tesis.



*Figura 1.14. Modelo 3D desarrollado en la aplicación.
Fuente: (Chuquimia, 2014)*

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. PROBLEMA CENTRAL

Cada día surgen nuevas herramientas tecnológicas, la RA es una de ellas, asocia un marcador a objetos 3D, enlaces, videos, audios, textos, geolocalización, etc., con un gran potencial que no se explota actualmente, pero está consiguiendo un protagonismo en diversas áreas de conocimiento, gracias a la versatilidad y posibilidades que presenta, sin embargo, no es de fácil acceso a los usuarios por el costo y la dificultad para su implementación.

¿Cómo generar recursos de Realidad Aumentada con conocimientos básicos de esta tecnología?

1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS

- ✓ El software de RA tiene restricciones o costo para utilizar todo su potencial, por lo que no se aprovecha su gran utilidad.
- ✓ No es posible asociar marcadores con recursos interactivos mediante una plataforma web, dejando de lado a esta tecnología para su implementación.
- ✓ Los marcadores generados por herramientas gratuitas no pueden personalizarse, obteniendo marcadores básicos.
- ✓ Las aplicaciones de escritorio para utilizar RA tienen restricciones en su uso, por lo que no satisfacen en su aplicación.
- ✓ En la web es difícil encontrar objetos 3D modelados para entornos interactivos, entonces es necesario modelar y generar modelos propios.

1.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una plataforma web para generar recursos de Realidad Aumentada en entornos interactivos de enseñanza y aprendizaje, con conocimientos básicos de esta tecnología.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Adecuar la metodología SAM, E-Learning y UWE para el desarrollo de la plataforma.
- ✓ Integrar la librería AR.js para generar recursos de Realidad Aumentada desde la plataforma web.
- ✓ Generar marcadores personalizados para los modelos 3D.
- ✓ Visualización de modelos 3D desde cualquier navegador web de escritorio y dispositivos móviles.

1.5. HIPÓTESIS

El uso de la plataforma web permite que cualquier usuario con conocimientos básicos de esta tecnología podrá generar recursos de Realidad Aumentada para entornos interactivos con una satisfacción de atributos atractivos mayor o igual a 85%.

1.5.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1.1. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Plataforma Web	Es una aplicación web que sirve como base para hacer funcionar determinados módulos web en una interfaz visual que combina elementos reales del mundo físico con un complemento virtual creando una realidad combinada y aumentada en tiempo real.	Usabilidad	Grado de usabilidad	Ordinal
Satisfacer la generación de recursos de Realidad Aumentada con conocimientos básicos	Facilitar la generación de recursos de Realidad Aumentada por medio de la plataforma web a todos los usuarios que tengan los conocimientos básicos de esta tecnología, diseñando y generando marcadores personalizados, asociándolos a recursos como texto, imagen, objetos 3D.	Satisfacción	Calificación de la satisfacción	Razón

1.6. JUSTIFICACIÓN

1.6.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Las herramientas tecnológicas en la actualidad tienen aún un costo elevado, en el área educativa existen aplicaciones de RA, pero es necesario adquirir una suscripción que se realiza por medio de cuentas *Paypal*³ y tarjetas de crédito o débito, desconocidas para la mayoría y para otros existe desconfianza para realizar este tipo de transacciones. La plataforma web que se plantea será de uso gratuito para todos aquellos usuarios que cuenten con conocimiento básico de la tecnología, con un dispositivo móvil o de escritorio con cámara incorporada.

1.6.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La RA está siendo actualmente explotada con fines comerciales y publicitarios, solo son accesibles a parte de la sociedad e instituciones privadas, no se está aprovechando todas las mejoras que brindaría en la educación, las herramientas que se implementarán en la plataforma web serán de gran beneficio y apoyo a usuarios principalmente en el ámbito educativo brindando una herramienta interactiva para nuestras aulas, pero teniendo potencial para satisfacer áreas como el entretenimiento, publicidad y otros.

1.6.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

Existen variedad de investigaciones sobre RA en el ámbito educativo, su mayoría desarrolladas en áreas específicas, pero tratándose de la educación siempre existirán espacios o temas que aún no han sido abordados, la plataforma web brindará herramientas útiles en el ámbito educativo de esta tecnología, desarrollando una aplicación web para utilizarlo desde cualquier navegador móvil y de escritorio para su uso en diferentes áreas educativas, utilizando librerías para crear la herramienta para generar marcadores y asociándolos a modelos 3D creados con software especializado.

³ *PayPal* es un servicio global que te permite enviar pagos a la cuenta del vendedor con tu tarjeta de crédito, pero sin compartir tu información financiera.

1.6.4. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

La realidad aumentada es una tecnología que no cuenta con una metodología definida para su desarrollo, por lo que se presenta en la tesis una adaptación de las cuatro tareas que requiere la RA utilizando la metodología SAM y E-Learning, para su correcta aplicación y funcionamiento con los elementos externos que son necesarios para su implementación en la plataforma, se utilizará de UWE para diseñar la aplicación, los modelos UML para el diseño y desarrollo de esta plataforma.

1.7. ALCANCES Y LÍMITES

1.7.1. ALCANCES

La plataforma web como herramienta para generar recursos de RA, podrá ser utilizada bajo los siguientes términos:

- ✓ Los marcadores serán diseñados y generados a partir de plantillas base.
- ✓ Un marcador podrá asociarse a modelos 3D.
- ✓ Los marcadores podrán ser visualizados desde la plataforma web.
- ✓ La plataforma podrá ser utilizada para los navegadores Firefox, Chrome, Opera y Edge y otros.
- ✓ Se pretende llegar a todos los usuarios con conocimientos básicos que deseen utilizar esta tecnología como herramienta interactiva.

1.7.2. LÍMITES

La plataforma web realizará solo el diseño, generación y utilización de marcadores y recursos personalizados para este fin, ambos para mostrar las características y facilidad de uso de la plataforma. Que estará disponible en la web para su uso desde navegadores en dispositivos móviles y de escritorio. Encontrando las siguientes limitaciones en el proyecto:

- ✓ Algunos aplicativos se implementan en dispositivos móviles y gran cantidad de los usuarios no tienen acceso a estos recursos.
- ✓ Por lo general, los aplicativos de RA son muy robustos, lo cual hace que las imágenes en muchas ocasiones se vean lentas.

- ✓ La mayoría de aplicaciones de RA solo se pueden visualizar a través de lentes o cascos virtuales. Por lo anterior muchas personas se abstienen de utilizar Realidad Aumentada ya que estos recursos son costosos.

1.8. APORTES

1.8.1. PRÁCTICO

El aporte práctico que se dará a conocer es el uso de la tecnología de RA, proporcionando una plataforma web amigable, intuitiva y de fácil manejo para los usuarios con conocimientos básicos de esta tecnología. La implementación de la plataforma brindará accesibilidad práctica en la tecnología de RA, apoyando de esta manera en los entornos interactivos educativos. Además, será documento base para proyectos o investigaciones posteriores que utilicen esta tecnología.

1.8.2. TEÓRICO

Teóricamente se verá los conceptos de la RA, dando a conocer aplicaciones desarrolladas que ayuden a entender el funcionamiento de esta tecnología. El documento generado utilizará las metodologías SAM y e-Learning para el desarrollo del proyecto, UWE para la plataforma web, librería A-Frame para la generación de marcadores y AR.js para la implementación de la RA en la web.

1.9. METODOLOGÍA

1.9.2. METODOLOGÍA UWE

Es un método de Ingeniería de Software para el desarrollo de Web basado en UML, es decir es una herramienta basada en UML pero para aplicaciones Web, esto conlleva a que cualquier diagrama UML puede ser usado, debido a que es una extensión de UML. Esta metodología nace con la finalidad de controlar el caos que han provocado en el pasado procesos de desarrollo y así proporcionar un proceso sistemático orientado una aplicación final de calidad. UWE es una metodología muy detallada para el desarrollo de aplicaciones que tiene una definición exacta del proceso de diseño que debe ser utilizado. Este proceso presenta flujos de trabajo y puntos de control, y sus fases son las mismas a las propuestas en el Proceso

Unificado de Modelado. UWE está dirigido específicamente a aplicaciones adaptativas, basándose en características de personalización como: la definición de un modelo de usuario en función de las preferencias, conocimiento o tareas de usuario.

Además, UWE usa el paradigma orientado a objetos, su orientación al usuario, la definición de un meta-modelo (modelo de referencia) que da soporte al método y el grado de formalismo que alcanza debido al soporte que proporciona para la definición de restricciones sobre los modelos.

El modelo que propone UWE está compuesto por 6 etapas o sub-modelos:

- ✓ Modelo de Casos de Uso
- ✓ Modelo de Contenido
- ✓ Modelo de Usuario
- ✓ Modelo de Estructura
- ✓ Modelo Abstracto
- ✓ Modelo de Adaptación

UWE cubre todo el ciclo de vida de este tipo de aplicaciones centrando además su atención en aplicaciones personalizadas o adaptativas, véase la Figura 1.16.

Las fases o etapas a utilizar son:

- ✓ **Fase de requisitos:** Trata de diferente forma las necesidades de información, las necesidades de navegación, las necesidades de adaptación y las de interfaz de usuario, así como algunos requisitos adicionales. Centra el trabajo en el estudio de los casos de uso, la generación de los glosarios y el prototipado de la interfaz de usuario.
- ✓ **Fase de análisis y diseño:** UWE distingue entre diseño conceptual, de modelo de usuario, de navegación, de presentación, de adaptación, de la arquitectura, en el diseño detallado de las clases y en la definición de los subsistemas e interfaces.
- ✓ **Fase de implementación:** UWE incluye implementación de la arquitectura, de la estructura del hiperespacio, del modelo de usuario, de la interfaz de usuario, de los

mecanismos adaptativos y las tareas referentes a la integración de todas estas implementaciones.



*Figura 1.15. Etapas de UWE.
Fuente (Cabello, 2013)*

1.9.3. METODOLOGÍA SAM

Al trabajar esta metodología se debe hacer precisión en lo que es un Diseño Instruccional: “Se define el Diseño Instruccional como simplemente un proceso para ayudar a crear una formación eficaz de una manera eficiente y ayudar a hacer las preguntas correctas, tomar las decisiones correctas, y producir un producto que es tan útil y utilizable como su situación lo requiere y permite”.

Con base en lo anterior, SAM es un modelo de desarrollo ágil que garantiza el aprendizaje, la retención y el impacto en el desarrollo del diseño Instruccional, se desarrolla en pequeños procesos repetitivos, con el fin de llegar con éxito al producto final.

Existen 2 tipos de SAM:

- ✓ SAM1 es para proyectos pequeños, para personas que no tengan gran experiencia en los Objetos de Aprendizaje y para personas que trabajan solas o en conjunto. El modelo está claramente definido, es manejable, estimula la creatividad y la experimentación y revela constantemente el diseño a medida que evoluciona. Este modelo se muestra en la Figura 1.17.

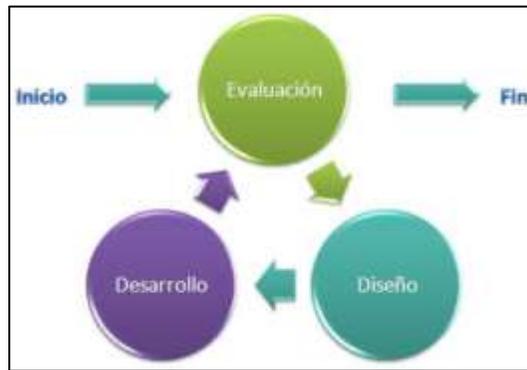


Figura 1.16. Fases del Modelo SAM1.
Fuente: (Ordinola, 2014)

Con base en la Figura 1.17, se describe las etapas con las que el diseño SAM1 desarrolla su metodología. En la etapa de evaluación se hace un análisis de los objetivos propuestos y de la herramienta que se va a desarrollar, en la etapa del diseño se hacen unos bosquejos tratando de visualizar como quedara la aplicación y en la etapa de desarrollo se trabaja todo el prototipo computacional.

- ✓ SAM2 es una versión más detallada, para situaciones en las que el desarrollo no se puede integrar completamente con el diseño. Se utiliza cuando los proyectos son más grandes y tiene mayor cantidad de contenido y cuando primero se trabaja toda la fase de diseño y después la fase de desarrollo. Este modelo se muestra en la Figura 1.18.

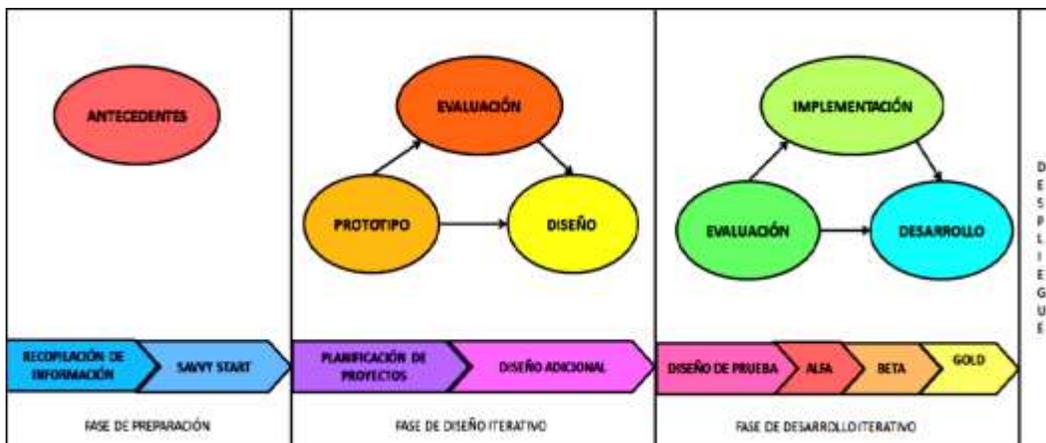


Figura 1.17. Fases del Modelo SAM2.
Fuente: (Ordinola, 2014)

Para la implementación de la Tesis de Grado se escoge la metodología SAM1 debido a que se ajusta más al proceso de Realidad Aumentada aplicada a Objetos de Aprendizaje, no se necesita de gran experiencia para la implementación de este y además son pocas personas las que se encuentran realizando este proyecto.

1.9.4. MODELO KANO

El modelo de Kano (1984) proporciona un tratamiento no lineal a la contribución de diferentes atributos a la calidad percibida. Este modelo considera que la relación entre la cobertura de una necesidad y la satisfacción o insatisfacción experimentada no es necesariamente lineal.

La teoría de la calidad atractiva y calidad requerida, basada en la percepción y la experiencia de los clientes. Incluye cinco dimensiones de calidad que tienen diferentes impactos sobre la satisfacción e insatisfacción del cliente. La Figura 1.19 representa el modelo de calidad propuesto por Kano, el eje horizontal muestra la cantidad de elemento de calidad: la parte derecha es cantidad suficiente y el lado izquierdo es una cantidad insuficiente. El eje vertical muestra la satisfacción del cliente: el eje superior es una gran satisfacción y el eje menor es baja satisfacción.

La teoría de la calidad atractiva presentada clasifica los atributos de calidad en cinco categorías, de acuerdo a la relación entre el grado de suficiencia del atributo y la satisfacción del cliente.

Las categorías son las siguientes:

- ✓ Atributos de calidad unidimensional
- ✓ Atributos de calidad requerida
- ✓ Atributos de calidad atractiva
- ✓ Atributo de calidad indiferente
- ✓ Atributo de calidad inversa

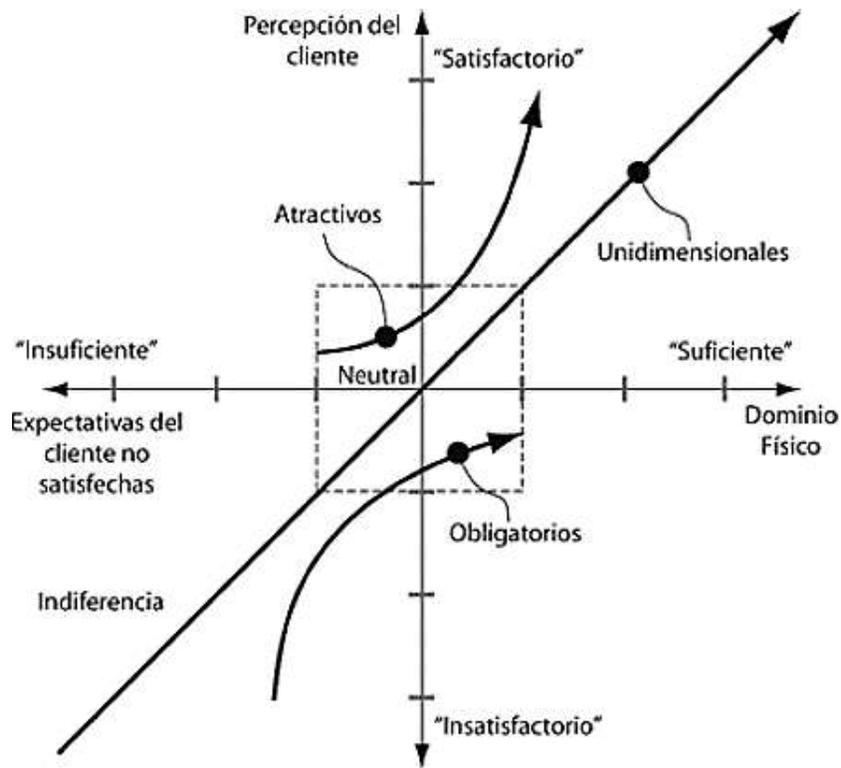


Figura 1.18. Dimensiones de la calidad en el modelo de Kano.
Fuente: (Guerrero, 2015)

El modelo ha sido modificado frecuentemente en cuanto al número y nombres de las dimensiones de calidad. La modificación más común ha sido la reducción en el número de dimensiones desde cinco a tres. En este sentido, la literatura ha excluido tradicionalmente los dos últimos factores cuando el foco de la investigación se sitúa en el cumplimiento de los requerimientos del cliente y en la mejora de la satisfacción general.

De esta manera, la investigación se ha concentrado generalmente en la discusión sobre los tres primeros factores: de calidad lineal, de calidad requerida o básica y de calidad atractiva o sobrecalidad.

Los creadores originales del modelo proporcionaron un método para la clasificación de los atributos de calidad utilizando un cuestionario estructurado que consta de pares de preguntas para cada atributo del producto / servicio analizado. Cada par de preguntas está compuesto por:

- ✓ Una pregunta funcional: que interroga sobre la valoración del consumidor en el caso de que un atributo esté presente en el producto / servicio, y
- ✓ Una pregunta disfuncional: que interroga sobre la valoración del consumidor en el caso de que el atributo no esté presente en el producto / servicio.

Cuando el consumidor responde a cada una de las preguntas del par correspondiente a un atributo puede escoger entre cinco respuestas posibles:

1. Me gusta.
2. Espero que sea así.
3. Soy neutral.
4. Puedo aceptar que sea de esa manera.
5. Me disgusta que sea así.

Se requieren las respuestas a las preguntas funcionales y no funcionales para clasificar un atributo del producto / servicio en una de las cinco categorías de calidad del modelo:

- ✓ atractiva (*attractive*, A)
- ✓ unidimensional (*one-dimensional*, O)
- ✓ básica (*must-be*, M)
- ✓ indiferente (*indifferent*, I)
- ✓ inversa (*reverse*, R)
- ✓ cuestionable (*questionable*, Q)

Se añade un sexto elemento de clasificación para los atributos de dudosa clasificación; no se trata de una categoría de calidad del modelo, sino de un criterio de clasificación que se asigna cuando se ha producido algún error en la aplicación del método. Como que las preguntas del par correspondiente al atributo se han formulado de manera incorrecta, que el consumidor no ha entendido la pregunta o bien que ha habido errores al seleccionar la respuesta del cuestionario.

El análisis de los datos se realiza por medio de una tabla de evaluación especial, que resulta en una categorización de los atributos para cada cuestionario respondido en la Tabla 1.2. Se

calculan las frecuencias de las categorizaciones de todos los cuestionarios, y para proporcionar la clasificación final cada atributo se asigna a la categoría que ha obtenido la frecuencia más alta.

Tabla 1.2. Tabla de evaluación del modelo de Kano.
Fuente: (Guerrero, 2015)

Pregunta funcional: ¿Cómo te sientes si el producto incorpora esta característica?		1. Me gusta. 2. Espero que sea así. 3. Soy neutral. 4. Puedo aceptar que sea de esa manera. 5. Me disgusta que sea así.							
Pregunta disfuncional: ¿Cómo te sientes si el producto no incorpora esta característica?		1. Me gusta. 2. Espero que sea así. 3. Soy neutral. 4. Puedo aceptar que sea de esa manera. 5. Me disgusta que sea así.							
Característica del producto / servicio		Respuesta a la pregunta disfuncional							
		Gusta	Espero	Neutral	Acepto	Disgusta			
Respuesta a la pregunta funcional	Gusta	Q	A	A	A	O			
	Espero	R	I	I	I	M			
	Neutral	R	I	I	I	M			
	Acepto	R	I	I	I	M			
	Disgusta	R	R	R	R	R			
Característica del producto / servicio		A	M	O	R	Q	I	Total	Categoría
1.		1						1	A
2.									
3.									
....									

II
MARCO
TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se establece los elementos teóricos de diferentes autores sobre la creación de entornos desarrollados para generar recursos de realidad aumentada.

2.1. PLATAFORMA WEB

2.1.1. WEB

Es la herramienta más utilizada en Internet, permitiendo visualizar en la pantalla del usuario páginas con información alojadas en computadoras remotas.

Web es el término más usado para referirse al *World Wide Web* que es la red mundial de páginas o documentos de texto entrelazados. La *Web* contiene varios billones de páginas con una extensa gama de información, productos y servicios que están disponibles para ser consultados desde un computador o dispositivo que tenga una conexión a internet y un programa llamado navegador.

Esto permite a los usuarios acceder a información que está en un extremo del planeta con otro en un lugar distante a través de algo que se denomina hipervínculo; con propiedades que la hacen única; utilizando información interactiva con funciones multimedia (sonido, animación y video), para presentar la información (Chimbo, 2012).

2.1.2. WEB SEMÁNTICA

La web semántica no es una web distinta de la que originalmente fue desarrollada por Tim Berners-Lee. Al igual que la web 2.0 se trata de un uso concreto de un conjunto de herramientas y tecnologías. Los desarrollos de la web semántica están basados en una serie de planteamientos e ideas bastante claras.

En este sentido, Hendler (2002) ofrecen la siguiente definición de web semántica: “La web semántica es una extensión de la actual web en la que a la información disponible se le otorga un significado bien definido que permita a los ordenadores y las personas trabajar en

cooperación. Está basada en la idea de proporcionar en la web datos definidos y enlazados, permitiendo que aplicaciones heterogéneas localicen, integren, razonen y reutilicen la información presente en la web”.

2.1.3. LA WEB COMO PLATAFORMA

Durante una sesión de O'Reilly (2005) se mencionaron varios conceptos importantes, la Web 2.0 no tiene límites definidos, sino más bien un núcleo gravitatorio. Uno puede representar la Web 2.0 como un conjunto de principios y prácticas que mantienen unido un verdadero sistema solar de sitios que demuestran algunas de esas prácticas, o todas ellas, situados a una distancia variable de dicho núcleo.

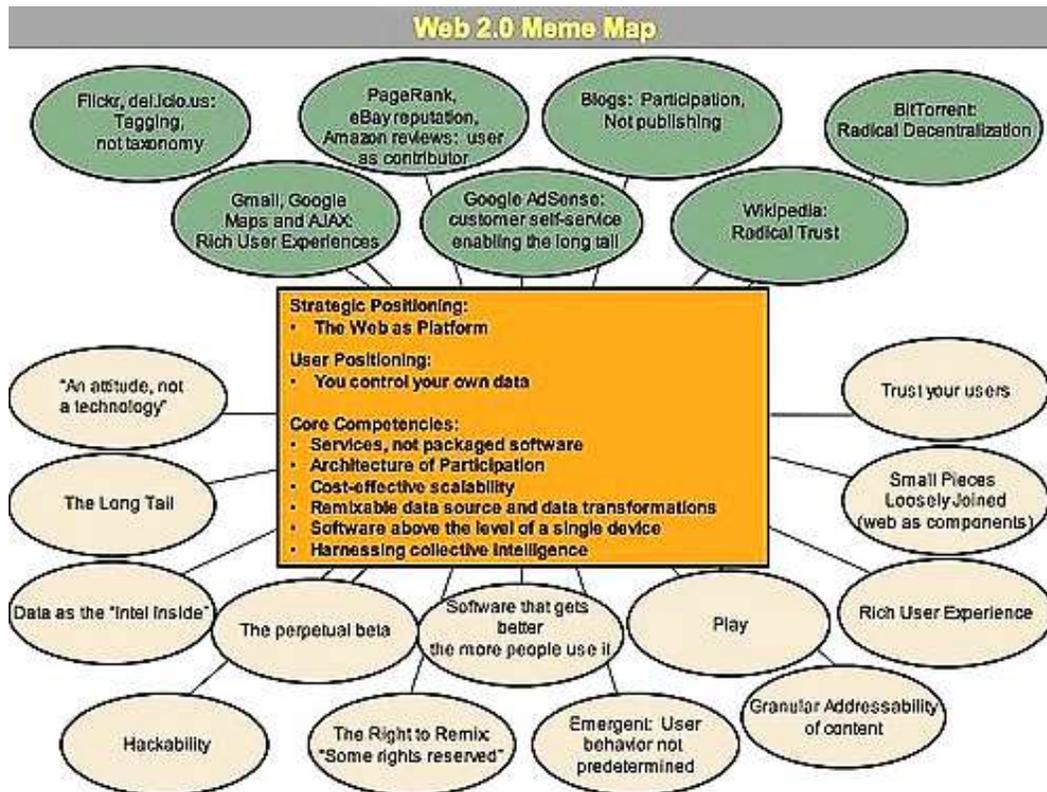


Figura 2.1. Meme Map de la Web 2.0.
Fuente: (O'Reilly, 2005).

La Figura 2.1 muestra un *meme map* de la Web 2.0 creado durante una sesión participativa del *FOO Camp*, una conferencia organizada por O'Reilly Media. Es más bien un trabajo en curso, pero ilustra muchas de las ideas que irradian del núcleo de la Web 2.0.

2.2. APLICACIONES WEB

En la ingeniería software se denomina aplicación web a aquellas aplicaciones que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de Internet o de una intranet mediante un navegador. En otras palabras, es una aplicación software que se codifica en un lenguaje soportado por los navegadores web, y en la que se confía la ejecución de la aplicación al navegador. (Peñañiel, 2013)

2.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Peñañiel (2013) muestra que las aplicaciones web actualmente son populares por lo práctico, al permitir una comunicación más fluida y dinámica en la computación Cliente-Servidor. El alto grado de desarrollo actual permite la actualización y el mantenimiento (vía Internet) de dichas Aplicaciones, sin que se deba distribuir e instalar software específico o versiones individuales a un usuario cada vez. Una página Web puede contener elementos que permiten una comunicación activa entre el usuario y la información (vía Servidor); logrando el usuario acceso a los datos de modo interactivo, gracias a que la página responderá a cada una de sus acciones. Las aplicaciones web generan dinámicamente una serie de páginas en un formato estándar, como HTML o XHTML, que soportan por los navegadores web comunes. Se utilizan lenguajes interpretados en el lado del cliente, tales como JavaScript, para añadir elementos dinámicos a la interfaz de usuario. Generalmente cada página web en particular se envía al cliente como un documento estático, pero la secuencia de páginas ofrece al usuario una experiencia interactiva.

2.2.2. BENEFICIOS

Peñañiel (2013) indica los beneficios que las aplicaciones desarrolladas para la web tienen respecto a las aplicaciones de escritorio se encuentran:

- ✓ El trabajo a distancia se realiza con mayor facilidad.
- ✓ Para trabajar en la aplicación web solo se necesita un computador con un buen navegador Web y conexión a internet.
- ✓ Las aplicaciones Web no necesitan conocimientos previos de informática. Con una aplicación Web tendrá total disponibilidad en cuanto a hora y lugar, podrá trabajar en ella en cualquier momento y en cualquier lugar del mundo siempre que tenga conexión a internet.
- ✓ Las aplicaciones Web le permiten centralizar todas las áreas de trabajo.

2.2.3. VENTAJAS

Las aplicaciones web para Internet e Intranet presentan una serie de ventajas con respecto al software de escritorio, que presenta Peñafiel (2014):

- ✓ Compatibilidad multiplataforma: Las aplicaciones web tienen un camino mucho más sencillo para la compatibilidad multiplataforma que las aplicaciones de software descargables.
- ✓ Actualización: Las aplicaciones basadas en web están siempre actualizadas con el último lanzamiento.
- ✓ Inmediatez de acceso: Las aplicaciones basadas en web no necesitan ser descargadas, instaladas y configuradas. Usted accede a su cuenta online trabajar sin importar cuál es su configuración o su hardware.
- ✓ Menos requerimientos de memoria: Las aplicaciones basadas en web tienen muchas más razonables demandas de memoria RAM de parte del usuario final que los programas instalados localmente.
- ✓ Menos Bugs: Las aplicaciones basadas en web deberán ser menos propensas a colgarse y crear problemas técnicos debido a software o conflictos de hardware con otras aplicaciones existentes, protocolos o software personal interno. Con aplicaciones basadas en web, todos utilizan la misma versión, y todos los bugs pueden ser corregidos tan pronto como son descubiertos.

- ✓ Múltiples usuarios concurrentes: Las aplicaciones basadas en web pueden realmente ser utilizada por múltiples usuarios al mismo tiempo.

2.3. HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

2.3.1. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Sammet (1969) define en lenguaje de programación se considera un conjunto de caracteres y reglas para combinarlos que tienen las siguientes características: (1) el conocimiento del código de máquina no es necesario; (2) existe un buen potencial para la conversión a otras computadoras; (3) hay una explosión de instrucciones (de uno a muchos); y (4) hay una notación que está más cerca del problema original de lo que sería el lenguaje ensamblador.

Un lenguaje de programación es un lenguaje que puede ser utilizado para controlar el comportamiento de una máquina, particularmente una computadora. Consiste en un conjunto de reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos, respectivamente. (Saavedra, 2007).

2.3.2. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN WEB

Iborra (2016) refiere que los lenguajes de programación web han ido surgiendo según las necesidades de las plataformas, intentando facilitar el trabajo a los desarrolladores de aplicaciones y distingue dos tipos de lenguajes:

- ✓ **Lenguajes en el entorno cliente o lenguajes cliente:** son los que permiten que el cliente interactúe con la aplicación web. Para ello, el cliente debe poder ver la aplicación web en el navegador, e interactuar con ella (pinchar en enlaces, rellenar formularios, etc.). En este lado, normalmente se tienen dos lenguajes para que todo esto se pueda llevar a cabo: el lenguaje HTML para poder crear y visualizar páginas web, y el lenguaje Javascript para poder facilitar la interacción entre el usuario y el navegador. Los veremos en temas posteriores.

- ✓ **Lenguajes en el entorno servidor o lenguajes servidor:** son los que permiten que el servidor realice ciertas tareas cuando le llegan las peticiones de los clientes, como por ejemplo consultar una base de datos, guardar información en un fichero, o cargar una foto que el usuario está subiendo al servidor. En este otro lado, existen varias familias de lenguajes que podemos elegir, dependiendo del servidor web que queramos utilizar. Por ejemplo, podemos utilizar lenguaje ASP .NET (para servidores de Microsoft y entornos Windows), o el lenguaje JSP (lenguaje Java para aplicaciones web), o el lenguaje PHP, entre otros.

En el desarrollo web te darás cuenta rápidamente de la cantidad de tecnologías que se emplean en cualquier página actual. De entre las más populares están HTML, CSS, Javascript, PHP y MySQL.

2.3.2.1. HTML

Mozilla (2019) define el Lenguaje de Marcado para Hipertextos (*HyperText Markup Language*) es el lenguaje base para casi todo el contenido Web. La mayor parte de los contenidos de Internet que ves en la pantalla del navegador están descritas, fundamentalmente, usando HTML. Más exactamente, podemos decir que el HTML es el lenguaje que describe la estructura y el contenido semántico de un documento o página Web.

HTML le da valor añadido a un texto estándar en español. Hiper Texto se refiere a enlaces que conectan una página Web con otra, ya sea dentro de una página web o entre diferentes sitios web. los vínculos son un aspecto fundamental de la Web. Al subir contenido a Internet y vincularlo a páginas de otras personas, te haces participante activo de esta Red Mundial.

HTML usa *markup* o marcado para anotar textos, imágenes, y otros contenidos que se muestran en el Navegador Web. El lenguaje de marcado HTML incluye elementos especiales tales como <head>, <title>, <body>, <header>, <article>, <section>, <p>, <div>, , , y muchos otros más.

2.3.2.2. CSS

Puig (2013), CSS es un lenguaje de estilos empleado para definir la presentación, el formato y la apariencia de un documento de marcaje, sea HTML, XML, o cualquier otro. Comúnmente se emplea para dar formato visual a documentos HTML o XHTML que funcionan como espacios web. También puede ser empleado en formatos XML, u otros tipos de documentos de marcaje para la posterior generación de documentos.

Las hojas de estilos nacen de la necesidad de diseñar la información de tal manera que podemos separar el contenido de la presentación y, así, por una misma fuente de información, generalmente definida mediante un lenguaje de marcaje, ofrecer diferentes presentaciones en función de dispositivos, servicios, contextos o aplicativos. Por lo que un mismo documento HTML, mediante diferentes hojas de estilo, puede ser presentado por pantalla, por impresora, por lectores de voz o por tabletas braille. Separamos el contenido de la forma, composición, colores y fuentes.

2.3.2.3. JAVASCRIPT

Flanagan (2011) describe JavaScript como el lenguaje de programación de la web. La gran mayoría de los sitios web modernos utilizan JavaScript, y todos los navegadores web modernos (en computadoras de escritorio, consolas de juegos, tabletas y teléfonos inteligentes) incluyen intérpretes de JavaScript, lo que convierte a JavaScript en el lenguaje de programación más ubicuo de la historia.

JavaScript es un lenguaje de programación de alto nivel, dinámico, sin tipo de interpretación, que se adapta bien a los estilos de programación orientados a objetos y funcionales. JavaScript deriva su sintaxis de Java, pero es completamente diferente del lenguaje de programación Java. Y hace mucho tiempo que JavaScript ha superado sus raíces en el lenguaje de scripting para convertirse en un lenguaje robusto y eficiente de propósito general.

2.3.2.4. PHP

Según la página oficial de PHP, este viene del acrónimo de *Hypertext Preprocessor*, es un lenguaje de *scripting* de propósito general y de código abierto que está especialmente pensado para el desarrollo web y que puede ser embebido en páginas HTML. Su sintaxis recurre a C, Java y Perl, siendo así sencillo de aprender. El objetivo principal de este lenguaje es permitir a los desarrolladores web escribir dinámica y rápidamente páginas web generadas; aunque se puede hacer mucho más con PHP.

Lo que distingue a PHP de algo del lado del cliente como Javascript es que el código es ejecutado en el servidor, generando HTML y enviándolo al cliente. El cliente recibirá el resultado de ejecutar el script, aunque no se sabrá el código subyacente que era. El servidor web puede ser configurado incluso para que procese todos los ficheros HTML con PHP, por lo que no hay manera de que los usuarios puedan saber qué se tiene debajo de la manga.

Lo mejor de utilizar PHP es su extrema simplicidad para el principiante, pero a su vez ofrece muchas características avanzadas para los programadores profesionales. No sienta miedo de leer la larga lista de características de PHP. En unas pocas horas podrá empezar a escribir sus primeros scripts.

2.3.2.5. MYSQL

El año 2003, Gilfillan describe a MySQL como un sistema de administración de bases de datos relacional (RDBMS). Se trata de un programa capaz de almacenar una enorme cantidad de datos de gran variedad y de distribuirlos para cubrir las necesidades de cualquier tipo de organización, desde pequeños establecimientos comerciales a grandes empresas y organismos administrativos. MySQL compite con sistemas RDBMS propietarios conocidos, como Oracle, SQL Server y DB2.

MySQL incluye todos los elementos necesarios para instalar el programa, preparar diferentes niveles de acceso de usuario, administrar el sistema y proteger y hacer volcados de datos. Puede desarrollar sus propias aplicaciones de base de datos en la mayor parte de los lenguajes

de programación utilizados en la actualidad y ejecutarlos en casi todos los sistemas operativos, incluyendo algunos de los que probablemente no ha oído nunca hablar. MySQL utiliza el lenguaje de consulta estructurado (SQL).

2.4. REALIDAD AUMENTADA

2.4.1. REALIDAD

Vegas menciona en su artículo de 2018 que para Platón (427-347 a. C.) existe una dualidad. La realidad es lo que vemos, pero esta es un mundo de apariencias y sombras, a diferencia de lo que no vemos: mundo inteligible de las ideas, el cual, según el filósofo, es el verdadero mundo. Él postulaba que existe una idea de cada cosa que nos rodea, por ejemplo, la idea de belleza, la idea del amor, la idea del hombre, etc., y que estas no son percibidas completamente por nuestros sentidos, es decir, lo que nosotros percibimos sensorialmente es solo una sombra o proyección de esta idea.

Según Platón, cada uno de estos mundos tiene características propias, por ejemplo:

- ✓ El mundo de los sentidos: temporal y espacial, por estar sometido al cambio, a la movilidad y a la corrupción.
- ✓ El mundo de las ideas: Partiendo de lo propuesto por Platón, este mundo no existe el cambio. Está en estado perpetuo.

Para llegar a dicho mundo de las ideas, nosotros los humanos hemos tenido que recordarlo (teoría de la reminiscencia). Entonces ¿el mundo virtual forma parte del mundo de las ideas? ¿Matrix tenía razón y estamos viviendo en simulación por un mundo creado por computadora? ¿Neo eligió salir de la cueva (mito de la caverna) para conocer la realidad?

La dualidad de Platón es interesante para explicar el mundo contemporáneo como una analogía a lo real y lo virtual. El mundo sensible, el que conocemos todos; y el mundo de las ideas que puede ser el mundo virtual.

2.4.2. REALIDAD AUMENTADA

La Realidad Aumentada se encarga de estudiar las técnicas que permiten integrar en tiempo real contenido digital con el mundo real. Según la taxonomía descrita por Milgram y Kishino en 1994, los entornos de Realidad Mixta son aquellos en los que se presentan objetos del mundo real y objetos virtuales de forma conjunta en una única pantalla. Esto abre un abanico de definiciones en la que se sitúan las aplicaciones de Realidad Aumentada. La taxonomía de la Realidad Mixta se ve en la Figura 2.2.



Figura 2.2. Taxonomía de Realidad Mixta según Milgram y Kishino.
Fuente: (Gonzales, 2012).

2.4.3. DEFINICIÓN DE REALIDAD AUMENTADA

Blázquez (2017) dice que la realidad aumentada podría definirse como aquella información adicional que se obtiene de la observación de un entorno, captada a través de la cámara de un dispositivo que previamente tiene instalado un software específico.

La información adicional identificada como realidad aumentada puede traducirse en diferentes formatos. Puede ser una imagen, un carrusel de imágenes, un archivo de audio, un vídeo, un enlace o un modelo 3D.

2.4.4. ELEMENTOS DE LA REALIDAD AUMENTADA

Para que el sistema de Realidad Aumentada pueda funcionar Salazar (2013) explica que se requiere de cuatro elementos: elemento capturador, elementos de situación, elemento procesador y el elemento sobre el cual proyectar. Estos serán detallados a continuación:

2.4.4.1. ELEMENTO CAPTURADOR

Es el encargado de captar la imagen del mundo real e ingresarla al programa que será el encargado de procesarla. Este elemento es una cámara que de acuerdo a la aplicación que se esté desarrollando debe contar con requisitos básicos para su buen funcionamiento. No es necesario que esté integrado con los demás elementos en una sola pieza de hardware.

2.4.4.2. ELEMENTO DE SITUACIÓN

Son aquellos elementos que permiten posicionar la información virtual dentro de la realidad, por lo que cumplen una función importante dentro del sistema. Podemos clasificarlos en los siguientes elementos:

- ✓ **Marcadores:** los marcadores han sido uno de los elementos más usados para desarrollar aplicaciones basadas en Realidad Aumentada. Su uso supone una precarga de los marcadores potenciales a ser reconocidos, así mismo estos indicaran ubicación y posición del elemento virtual a mostrar por medio del elemento procesador.
- ✓ **Reconocimiento de objetos:** este método se basa en reconocer objetos conocidos como edificios o la forma de un objeto específico; para luego corroborarlo con una base de datos y mostrar la información virtual que se requiera.

2.4.4.3. ELEMENTO PROCESADOR

Sera el programa el cual es capaz de interpretar los datos de entrada del elemento capturador, así como los elementos de situación, procesar esta información del mundo real, crear la información virtual y combinarlos de forma correcta. El elemento procesador debe contar con un módulo de reconocimiento de imágenes, orientación espacial y superposición de imágenes.

2.4.4.4 ELEMENTO SOBRE EL CUAL PROYECTAR

Se necesita de un elemento en el cual se pueda mostrar el resultado de lo hecho por el elemento procesador; este resultado es la mezcla de lo capturado del entorno real con los elementos virtuales agregados. Este elemento puede variar de acuerdo al sistema que se esté desarrollando, puede ser desde la pantalla de un dispositivo móvil hasta un complejo HMD.

2.4.5. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE REALIDAD AUMENTADA

La clasificación que usaremos será tomando en cuenta según el método de obtener la información.

2.4.5.1. SISTEMAS BASADOS EN EL RECONOCIMIENTO DE MARCAS

El marcador indica el lugar donde se debe ubicar la imagen artificial que se debe superponer sobre el plano real. Así mismo este marcador hace referencia a la orientación e inclinación de la imagen virtual. Estos marcadores se almacenarán en una base de datos sea local o externa contra la cual se comparará con lo obtenido por la cámara con el objetivo de tener una coincidencia; cada marcador lleva asociado algún tipo de información para mostrar.

2.4.5.2. SISTEMAS BASADOS EN GEOLOCALIZACIÓN

Los sistemas basados en geolocalización utilizan GPS para obtener la posición geográfica del usuario, por medio del compás y el acelerómetro la orientación e inclinación del dispositivo; con esto sabe hacia el lugar que está apuntando la cámara. Las imágenes virtuales

que se proyectan están basadas en coordenadas de tal manera que si el dispositivo está apuntando hacia estas coordenadas se mostrará la imagen virtual con información asociada.

2.4.5.3. SISTEMAS BASADOS EN EL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

En este tipo de sistemas a diferencia de los basados en reconocimiento de marcas, ya no busca marcas determinadas sino formas conocidas. De igual manera lo captado por la cámara debe ser contrastado con una base de datos para tener una coincidencia de formas y poder mostrar la información asociada.

2.4.6. NIVELES DE REALIDAD AUMENTADA

En el artículo “Realidad Aumentada y Educación: Análisis de experiencias prácticas”, los denominados, niveles de la realidad aumentada, que define como los distintos grados de complejidad que presentan las aplicaciones basadas en la realidad aumentada según las tecnologías que implementan (Prendes, 2015).

Establece la clasificación definida de la siguiente manera:

- ✓ Nivel 0 (enlazado con el mundo físico). Las aplicaciones hiperenlazan el mundo físico mediante el uso de códigos de barras y 2D (por ejemplo, los códigos QR). Dichos códigos solo sirven como hiperenlaces a otros contenidos, de manera que no existe registro alguno en 3D ni seguimiento de marcadores.
- ✓ Nivel 1 (RA con marcadores). Las aplicaciones utilizan marcadores, imágenes en blanco y negro, cuadrangulares y con dibujos esquemáticos, habitualmente para el reconocimiento de patrones 2D. La forma más avanzada de este nivel también permite el reconocimiento de objetos 3D.
- ✓ Nivel 2 (RA sin marcadores). Las aplicaciones sustituyen el uso de los marcadores por el GPS y la brújula de los dispositivos móviles para determinar la localización y orientación del usuario y superponer puntos de interés sobre las imágenes del mundo real.

- ✓ Nivel 3 (Visión aumentada). Estaría representado por dispositivos como *Google Glass*, lentes de contacto de alta tecnología u otros que, en el futuro, serán capaces de ofrecer una experiencia completamente contextualizada, inmersiva y personal.

2.4.7. REALIDAD AUMENTADA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Frabegat en su artículo de 2012, refiere que en educación, la capacidad para simular situaciones y experiencias que no sean posibles en el mundo real permite el aprendizaje de una forma más intuitiva e interactiva. Por ejemplo, imaginar un problema complejo de física o un experimento de química puede tener una gran dificultad para el estudiante. Pero la realidad aumentada puede ser una herramienta alternativa en la enseñanza y en la superación de estas dificultades. Esta tecnología permite que los estudiantes experimenten pensamientos, emociones y conductas similares a las que viven en una situación en la vida real. Pero para poder aprovechar el gran potencial de la realidad aumentada en los procesos de aprendizaje tiene que estar cuidadosamente en sintonía con los modelos pedagógicos y los estilos de aprendizaje individuales de los estudiantes que participen en una experiencia de aprendizaje específica.

Combinando la computación móvil con técnicas de realidad aumentada, se crea un gran potencial para proporcionar experiencias de aprendizaje contextual e “in situ” valiosas y de exploración y descubrimiento fortuito de la información conectada en el mundo real. La experiencia de interactuar con estos contenidos se espera que sea particularmente beneficiosa para aquellos estudiantes que requieren un nivel de exploración mayor.

La utilización de la información contextual y la inclusión de tecnologías de realidad aumentada permiten proponer nuevos escenarios de aprendizaje. Esto conlleva un cambio en la descripción de actividades de aprendizaje (incluyendo elementos relacionados al contexto que apoyen el proceso de aprendizaje en cualquier momento y en cualquier lugar) y la construcción de materiales educativos altamente interactivos y accesibles para reforzar el

interés en la adquisición del conocimiento y la relación de los conceptos aprendidos con recursos del entorno.

La creación de contenidos altamente interactivos basados en realidad aumentada apoya el proceso de aprendizaje de diversas formas, entre ellas brindando soporte a la adquisición de conocimientos procedimentales que son esenciales para relacionar y entender los conceptos aprendidos mediante la interacción con los recursos que se encuentran alrededor del individuo, es decir, que hacen parte de su entorno real.

Estos contenidos pueden ser llegar a ser sorprendentes y provocar un gran interés y curiosidad. Pero es importante separar el efecto provocado por esta novedad del verdadero beneficio potencial que estos contenidos pueden tener en la mejora de la educación. El diseño e integración de este tipo de contenidos en diferentes contextos de aprendizaje para cualquier estudiante es actualmente un desafío de investigación pues es necesario ser capaces de imaginar actividades pedagógicas que realmente utilicen todo el potencial que tiene la tecnología de la realidad aumentada y que consigan que estos contenidos se adapten dinámicamente a las características de los estudiantes que los están utilizando.

2.5. LIBRERÍAS DE REALIDAD AUMENTADA

2.5.1. ARTOOLKIT

Lamp (2015), ARToolKit es un conjunto de librerías para C/C++ que sirven para la creación de aplicaciones de realidad aumentada. Para ello proporciona una serie de funciones para la captura de video y para la búsqueda de ciertos patrones, en las imágenes capturadas, mediante técnicas de visión por computador. También proporciona una serie de ejemplos y utilidades de gran ayuda al programador que quiera realizar este tipo de aplicaciones.

Algo muy importante en las aplicaciones de realidad aumentada, es la necesidad de calcular el punto de vista de la cámara, para así poder realizar las operaciones necesarias sobre los objetos virtuales, para que estos se integren correctamente en el mundo real. Es decir, si queremos mostrar objetos virtuales, de modo que el usuario realmente se crea que existen en

el mundo real, tendremos que realizar transformaciones sobre esos objetos de modo que el usuario los vea (a través de la cámara o dispositivo de captura utilizado) en la posición, tamaño, orientación e iluminación, en que esos objetos serían percibidos por el usuario en el mundo real en caso de que realmente estuvieran allí.

Para ello se utilizan unas plantillas de forma cuadrada, que se componen de un cuadrado negro con un cuadrado blanco cuatro veces más pequeño en su centro, y un dibujo sencillo en el interior del cuadrado blanco. La aplicación, utilizando las funciones y utilidades proporcionadas por ARToolKit, será capaz de detectar una de estas plantillas en las imágenes de video capturadas. En la Figura 2.3 se muestra un ejemplo de plantilla.



Figura 2.3. Plantilla marcador Hiro.

Fuente: (Google, 2019).

Una vez detectada una plantilla en una imagen, estudiando la orientación, posición y tamaño de la plantilla, la aplicación es capaz de calcular la posición y orientación relativa de la cámara respecto a la plantilla, y usando esta información podrá pasar a dibujar el objeto correspondiente sobre la imagen capturada mediante librerías externas a ARToolKit (por ejemplo *glut* y *openGL*), de modo que el objeto aparezca sobre la plantilla en la posición, orientación y tamaño correspondiente al punto de vista de la cámara, siempre que el programador de la aplicación así lo haya decidido, pues las posibilidades son muchas y pudiera ser que una vez obtenida esta información el programador decidiese utilizarla de otra forma, hacer otras operaciones distintas, etc.

El funcionamiento básico de una aplicación de ARToolkit es el siguiente:

- ✓ Primero se captura un fotograma del mundo real mediante la cámara.
- ✓ A continuación, la imagen se umbraliza con cierto valor del umbral (*threshold*), de forma que los píxeles cuya intensidad supere el valor del umbral son transformados en píxeles de color negro. El resto se transforman en píxeles blancos.
- ✓ Se buscan y encuentran todos los marcos negros como los de la plantilla existentes en la imagen (en realidad al umbralizar la imagen el marco aparece blanco y el cuadrado blanco aparece negro).
- ✓ Se compara el interior del marco con las plantillas de las que se tiene información almacenada.
- ✓ Si la forma de la plantilla analizada y la plantilla almacenada coincide, se utiliza la información de tamaño y orientación de la plantilla almacenada para compararla con la plantilla que se ha detectado y así poder calcular la posición y orientación relativas de la cámara a la plantilla, y se guarda en una matriz.
- ✓ Se utiliza esta matriz para establecer la posición y orientación de la cámara virtual (transformación de la vista), lo que equivale a una transformación de las coordenadas del objeto a dibujar.

- ✓ Al haber puesto la cámara virtual en la misma posición y orientación que la cámara real, el objeto virtual se dibuja sobre la plantilla, se renderiza y se muestra la imagen resultante, que contiene la imagen del mundo real y el objeto virtual superpuesto, alineado sobre la plantilla.
- ✓ Se realiza el mismo proceso con los siguientes fotogramas.

La Figura 2.4. resume estos pasos. ARToolKit puede realizar este seguimiento de la cámara en tiempo real, asegurando que los objetos virtuales siempre aparezcan superpuestos en los marcadores de seguimiento.

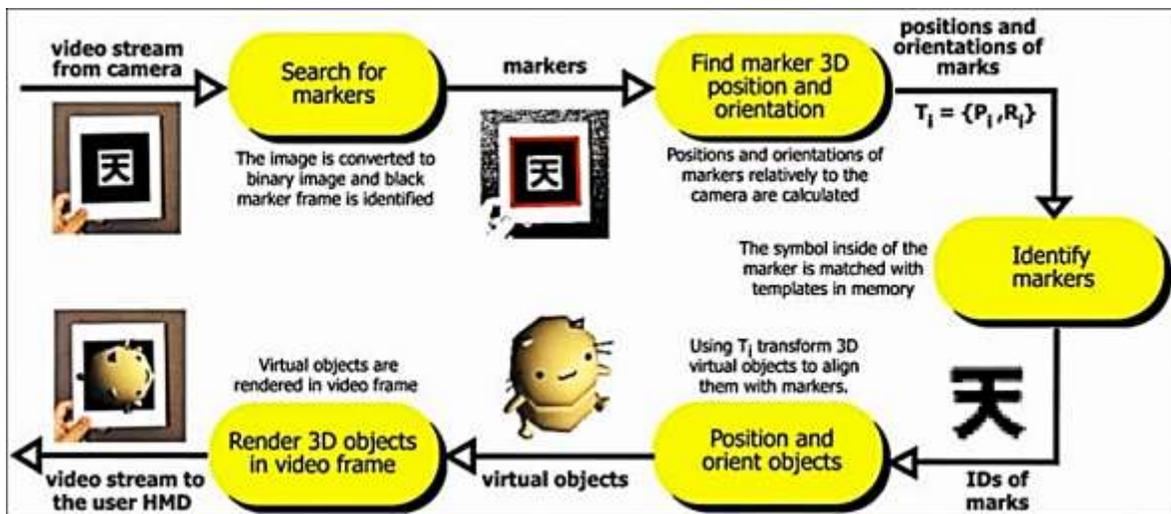


Figura 2.4. Esquema funcional de ARToolKit.
Fuente: (ARToolKit, 2015).

ARToolKit define diferentes sistemas de coordenadas utilizados principalmente por el algoritmo de visión de computadora y el renderizado. Debe comprender con precisión las relaciones entre ellos para evitar que se muestre una imagen en reversa o un objeto de mala posición, como se ve en la Figura 2.5.

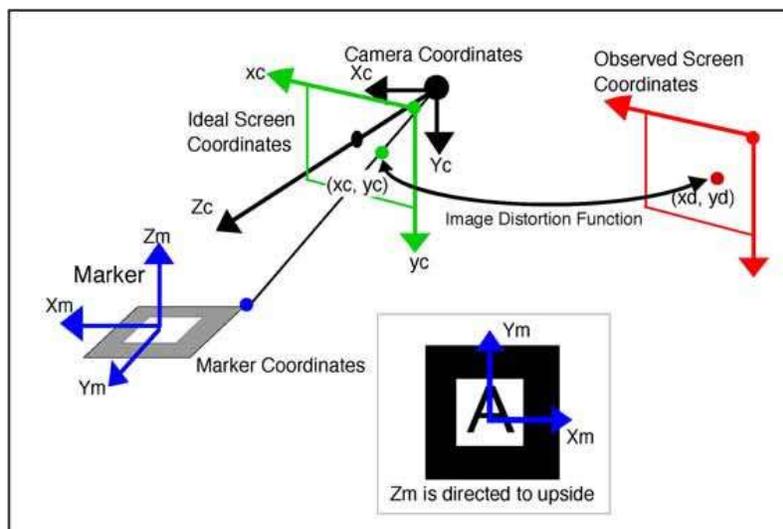


Figura 2.5. Sistema de coordenadas ARToolkit.
Fuente: (ARToolkit, 2015).

2.5.2. LIBRERÍA AR.JS - REALIDAD AUMENTADA PARA LA WEB

AR.js es una solución eficiente de Realidad Aumentada en la web. Se ejecuta al 100% en su navegador web, esto significa que no hay que instalar ninguna aplicación. No hay necesidad de un dispositivo específico, por ejemplo, Tango o iPhone. Se ejecuta en todas las plataformas móviles: Android, iOS11 y Windows. Puedes usarlo con tu propio teléfono (Etienne, 2017).

Ha sido desarrollado por Jerome Etienne con el objetivo de poner la realidad aumentada a disposición de todos. Su librería es considerada como uno de los productos más eficientes para trabajar realidad aumentada con Javascript (Reina, 2017). Uno de sus puntos fuertes es que se ha mejorado el rendimiento y la realidad aumentada funciona mucho mejor en *mobile*, por lo que ahora puede verse a 60 fotogramas por segundo en teléfonos de hace ya tres años.

Toda una mejora para poder llegar a implementar esa librería en nuevos proyectos que se aprovechen de las virtudes y bondades de la realidad aumentada. Estamos ante una solución web pura con AR.js, por lo que funciona en cualquier teléfono con WebGL y WebRTC. (Ramírez, 2018)

Las características de AR.js es que usa ARToolKit, es open source y es completamente gratuita, por lo que está disponible para que cualquier desarrollador se pueda aprovechar de ella de inmediato. Lo mejor de todo es que AR.js permite acceder a la RA sin la necesidad de tener que instalar ninguna aplicación extra y sin la obligación de adquirir un dispositivo.

Todo aquel que tenga un dispositivo con AR activado podrá disfrutar de la experiencia que otorga AR.js, principalmente, se basa en el rendimiento y en su simplicidad. Y es que estamos hablando de que se puede programar realidad aumentada con solamente 10 líneas de HTML, como se ve en la Figura 2.6.

```
<!doctype HTML>
<html>
<script src="https://aframe.io/releases/0.9.0/aframe.min.js"></script>
<script
src="https://cdn.rawgit.com/jeromeetienne/AR.js/1.6.2/aframe/build/aframe
-ar.js"></script>
  <body style='margin: 0px; overflow: hidden;'>
    <a-scene embedded arjs>
      <a-marker preset="hiro">
        <a-box position='0 0.5 0' material='color: yellow;'></a-box>
      </a-marker>
      <a-entity camera></a-entity>
    </a-scene>
  </body>
</html>
```

*Figura 2.6. Código de la librería AR.js.
Fuente: (Etienne, 2017).*

Es por esto mismo por lo que cada vez son más los desarrolladores que se están acercando a AR.js, así que no tardaremos en ver cada vez más experiencias de realidad aumentada en la web con esta librería.

Como extra, también ofrece soporte a ARKit y ARCore, así que tenemos ante nuestra mano el desarrollo de software de realidad aumentada de forma plena. No te olvides de pasar ante esta serie de líneas de tiempo en JavaScript y en CSS para implementar a tu sitio web.

2.5.2.1. CARACTERÍSTICAS

Realmente es sorprendente todo lo que podemos llegar hacer con esta maravillosa herramienta. Como lo explica en su web.

- ✓ Renderización rápida: Con objetos simples se llega a 60 fps. y lo he usado con mi HTC gama baja.
- ✓ Orientado a web: Antes debíamos instalar programas y plugin. Ahora con esta solución no requiere nada porque es enteramente Javascript (three.js + jsartoolkit5).
- ✓ Código abierto: ¡Es completamente de código abierto y gratuito!
- ✓ Estandarizado: Funciona con cualquier navegador que corra webgl y webrtc.

2.5. E-LEARNING

2.5.1. EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN E-LEARNING

Gómez (2017) indica que las TIC son un elemento que en el campo de la educación incrementa las posibilidades educativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, algunos de ellos son: construir entornos virtuales de formación, aportes a los sistemas convencionales del aula, facilitar la comunicación educativa, entre otros.

Esta dinámica entre las TIC y educación, caracteriza nuevos escenarios formativos en e-learning que plantea nuevas modalidades dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje brindando espacios que facilitan la interacción docente-alumno y alumno-alumno.

El proceso de enseñanza-aprendizaje por medio de las TIC presenta la posibilidad de adaptación de la información a las necesidades y características de los estudiantes, lo que le permite elegir cuándo, cómo y dónde estudiar.

En e-learning el proceso de enseñanza-aprendizaje es más personalizado planteando la posibilidad de desarrollar nuevas experiencias formativas, expresivas y educativas para el estudiante.

Aprender y enseñar son dos acciones distintas, pero en el campo educativo se complementan para formar y consolidar conocimiento en el estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Nuestro papel es el de ser facilitadores de aprendizaje para los estudiantes, por lo que nuestro compromiso no debe centrarse en enseñar sino en apoyar al estudiante a aprender.

2.5.2. GESTIÓN DE LA FORMACIÓN EN E-LEARNING

El e-learning evidencia los procesos de planificación propios de cualquier acción educativa. La preparación de la acción educativa, su desarrollo y la dinámica de evaluación son algunos de los procesos que se ponen de manifiesto. Simplificando, pensamos que podemos concretar las diferentes variables de gestión de la formación en e-learning si separamos los dos procesos básicos: el del aprendizaje, que tiene como protagonista al participante, y el de enseñanza, con el papel destacado del profesor. Pero además debemos analizar que este proceso se desarrolla en un marco determinado, un entorno virtual de aprendizaje que también debe gestionarse, y que además existen unos elementos de apoyo, tales como la biblioteca, que desempeñan un papel complementario decisivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. De cada uno de estos aspectos vamos a realizar algunos comentarios a continuación, siempre desde la perspectiva organizativa del e-learning (Duart, 2005).

2.5.2.1. GESTIÓN DEL PROCESO DE APRENDIZAJE

Según Duart (2005), las organizaciones educativas que usan e-learning deben establecer sistemas de gestión que permitan y favorezcan el proceso de aprendizaje por parte del participante. Es cierto que el estudiante debe ser el centro, pero más cierto es que la organización debe dotarle de los recursos necesarios para que esa centralidad se consiga. Destacamos en este proceso dos elementos clave a gestionar:

- ✓ **Aprendizaje propedéutico.** La organización educativa debe procurar y gestionar los recursos oportunos para conseguir el objetivo de que el participante, el que aprende, se introduzca rápidamente y sin problemas en el entorno del e-learning. La cuestión

consiste en entender que no es que el participante deba adaptarse a la organización o al sistema, sino que la organización y el sistema deberán adaptarse al participante, y eso sólo se consigue con la gestión adecuada de los procesos de incorporación de participantes.

- ✓ **Estrategias de aprendizaje.** La organización educativa, concedora de la dificultad inicial de cualquier adulto en el acceso a un nuevo sistema de formación, debe facilitar al participante estrategias de aprendizaje que le permitan sacar el máximo provecho del tiempo que dedica a la formación. No es éste el espacio para hablar de estrategias de aprendizaje; sin embargo, a nuestro entender, éstas han de ser estimuladas y gestionadas desde la organización educativa.

Para la gestión de los procesos de aprendizaje la organización deberá dotarse de recursos y deberá promover y controlar su gestión. Proponemos para ello la creación de un equipo de apoyo integrado en la institución y formado por profesionales de la orientación que ayuden y sigan al participante en su proceso de aprendizaje. La finalidad de estas personas o equipos es fundamentalmente la de ayudar al participante en la planificación de su proceso de aprendizaje, así como facilitarle la capacitación en aquellas estrategias de aprendizaje que pueden adaptarse mejor a su sistema de aprendizaje, de acuerdo con el modelo educativo institucional.

2.5.2.2. GESTIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA

Para Duart (2005), la acción docente en e-learning no empieza el día que se abre el aula virtual, sino el día en que se decidió abrirla y se puso fecha para ello. El período de planificación es importante en e-learning, y lo hemos observado en los casos expuestos en el monográfico.

Seguidamente exponemos diferentes momentos que configuran la gestión docente:

Diseño y producción de los materiales de aprendizaje

Las organizaciones educativas, de acuerdo con los mecanismos de los que dispongan, deben ser los responsables últimos en la decisión del currículo de contenidos de formación. Los materiales de aprendizaje son una de las bases de los métodos de e-learning. Estos materiales pueden desarrollarse en diferentes soportes y, cuanto más intensivos sean en el uso de la tecnología, más y mejores sistemas de administración y control necesitarán en los procesos de diseño y producción.

El seguimiento del diseño y de la producción de los materiales debe gestionarse a partir de una unidad o equipo multidisciplinario diseñado a tal efecto por la organización. La producción del material puede estar en muchos casos sujeta a la subcontratación de terceros.

Selección, contratación y capacitación de formadores

La función de redacción, diseño y producción de los materiales de aprendizaje puede estar separada de la función docente en e-learning. En este caso podemos y debemos pensar en perfiles adecuados para cada una de las responsabilidades descritas: los expertos en contenidos como autores de los materiales de aprendizaje, y los formadores expertos en las estrategias docentes mediadas por las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) como profesores de la materia.

Tanto para los formadores que desarrollan su actividad en entornos convencionales como para los profesionales que deciden experimentar el e-learning como formadores, la práctica docente en entornos virtuales proporciona una serie de habilidades que posteriormente pueden desarrollar en su acción profesional habitual.

Sabemos de profesores que mejoran su docencia presencial gracias a la reflexión pedagógica que comporta la acción formativa en entornos virtuales. La evidencia de la planificación y de los procesos formativos que se producen en e-learning ayuda sin duda a ello.

Planificación y desempeño de la acción docente

La organización educativa debe gestionar y proporcionar modelos de planificación a los formadores. En cierta forma, el control institucional de la acción docente reside inicialmente en el control de la planificación. Dos equipos deberán trabajar coordinadamente para garantizar el control de la planificación: por una parte, el equipo académico o expertos en los contenidos de programa, es decir, los que validarán si la planificación responde a los objetivos de formación establecidos, y por otra parte, un equipo de gestión que proporcionará a los formadores las herramientas necesarias, e incluso la formación si es necesario, para llevar a cabo la planificación.

El segundo equipo mencionado, el de gestión de la acción docente, es básico especialmente en el momento del desempeño de la acción formativa. Habitualmente un porcentaje elevado de los mensajes que intercambian formadores y participantes en cursos de e-learning responden más a temas de planificación y de recursos que a los contenidos de aprendizaje. Esto a veces puede obedecer, como veremos, al mal diseño del contexto de formación, pero no siempre.

Evaluación de los formadores y de la acción formativa

Evaluar la planificación, la selección de contenidos y de actividades, la dinámica del aula virtual, etc. es garantía de mejora constante y de calidad. En este sentido proponemos dos métodos genéricos de evaluación: el institucional, en la evaluación de profesores, estudiantes, contenidos, organización, etc., y las dinámicas de autoevaluación.

La ventaja del e-learning es que permite acceder a mucha información, valiosa para el sistema de evaluación institucional, sin necesidad de preguntar al participante. El número de mensajes enviados, tanto por el docente como por el estudiante, el tiempo de conexión, el trabajo con los materiales de aprendizaje, etc. pueden obtenerse de forma automática. De ahí la necesidad de un equipo con responsabilidad para gestionar la información que se produce en la plataforma de aprendizaje y que es la base para su mejora y para la mejora del sistema

de formación institucional. La autoevaluación es una herramienta poco usada pero muy útil en procesos complejos como el de la formación.

Los elementos hasta ahora reseñados son los facilitadores principales del proceso de enseñanza y aprendizaje. Sin ellos el proceso no puede llevarse a cabo en e-learning. De ahí la importancia de destacar a personas, con perfiles profesionales de gestión, capaces de dialogar con expertos en contenidos para el desempeño de la gestión del proceso de formación.

2.5.3. BENEFICIOS DE LA REALIDAD AUMENTADA EN EL E-LEARNING

Según Yabiku (2016) es muy grande el potencial que tiene esta tecnología. En marketing y publicidad, muchas marcas están utilizándola para acercar la experiencia de su producto al consumidor. Los resultados han sido muy favorables y han generado gran impacto.

En educación online, el uso de esta tecnología también está reforzando bastante las clases prácticas, sobre todo por la facilidad de transformar una situación normal en una simulación controlada.

Encontrará varios beneficios de la aplicación de esta tecnología:

- ✓ **Aumento de la realidad:** Una de las ventajas que tiene es que facilita la visión espacial. Ya no vemos una imagen plana a través de la pantalla, sino un objeto en tercera dimensión que se aproxima a algo más real.
- ✓ **Actividades más interactivas:** Lo bueno de esta tecnología es que no solo es algo visual, también permite interactuar con los objetos virtuales y es de gran ayuda para la práctica de ciertas materias como en medicina.
- ✓ **Permite la enseñanza lúdica:** Como ya se ha comprobado su éxito en juegos, se pueden aplicar estas técnicas también en un entorno E-Learning. Dentro de la plataforma, se pueden armar actividades interesantes que motiven más a los estudiantes y refuercen sus conocimientos.

- ✓ **Aprendizaje por descubrimiento:** Ya que es una herramienta que también trabaja puede trabajar con GPS, el mismo estudiante es capaz de descubrir datos interesantes sobre su entorno, siempre de acuerdo al curso que esté llevando.
- ✓ **Entornos controlados:** Si se utiliza para capacitaciones donde el personal debe operar equipos delicados, un entorno simulado por esta tecnología ayudará a los trabajadores a realizar prácticas antes de operar este tipo de maquinaria. Es una forma de conocer los errores sin poner en riesgo el bienestar físico de las personas.
- ✓ **Mayor control en la evolución del participante:** Al ser una herramienta digital dentro de un entorno virtual, se puede medir fácilmente cómo es que cada usuario registrado está evolucionando. La finalidad de estos cursos es que la persona logre desarrollarse por completo y es una excelente manera de comprobar que se ha cumplido el objetivo.

2.5.4. VENTAJAS DE UTILIZAR LA REALIDAD AUMENTADA EN E-LEARNING

Hernández (2018), explica que los beneficios de la realidad aumentada son muchos, desde interesar a aquellos alumnos que tienen dificultad con el aprendizaje hasta la posibilidad de enseñar sin importar el idioma.

La RA ayuda a transformar la información textual y estática en un interesante formato digital, que facilita la explicación y asimilación de información y además ahorra tiempo de transmisión de contenido.

Motivación: El aprendizaje a través de la RA es más natural, la información que se transmite es más condensada y por lo tanto más fácil de asimilar, en otras palabras, por la forma en que presenta los contenidos, la RA transforma el ambiente de aprendizaje en un lugar emocionante, esto provoca en los estudiantes interés y motivación por aprender.

Si utilizas la realidad aumentada en tus clases tus alumnos estarán ansiosos por saber qué les espera en la siguiente clase.

Interactividad: La tecnología de RA es compatible con objetos interactivos como imágenes y sonidos que puedes agregar como recursos de tus lecciones, haciendo el aprendizaje aún más entretenido y de valor.

La interactividad tiene un importante papel en carreras con entrenamiento de habilidades que pueden ser peligrosas de ejercitarse en un ambiente real.

Por ejemplo, los operarios de maquinaria pueden familiarizarse con los instrumentos y aprender a utilizarlos en un ambiente seguro para ellos.

El estar involucrados activamente en la lección genera motivación y sentimientos de satisfacción que aumentan el aprendizaje y la retención de conocimiento.

Los libros de RA también pueden agregar interactividad y enriquecer textos de temas complejos, para facilitar la comprensión y aprendizaje del estudiante.

Ahorro de tiempo: El uso de RA simplifica la explicación de los contenidos. Un contenido abstracto puede materializarse con la ayuda de aplicaciones de RA.

“Una imagen dice más que mil palabras” y si puedes interactuar con la imagen y manipularla desde diferentes ángulos tendrás una experiencia sensorial memorable ahorrando tiempo que de otra manera se hubiera invertido explicando verbalmente.

También, el estudiante pasará menos tiempo aprendiendo un contenido, ya que si está interesado retendrá con mayor facilidad la información.

2.6. MODELO DE APROXIMACIÓN SUCESIVA (SAM)

De acuerdo a Arshavskiy (2014), el Modelo de Aproximación Sucesiva (SAM según sus siglas en inglés) es un modelo de diseño instruccional ágil creado por Michael Allen, un reconocido pionero y líder en el diseño de aplicaciones y herramientas de aprendizaje interactivo multimedia. El modelo enfatiza la colaboración, la eficiencia y la repetición.

Según Allen, no hay ningún proyecto perfecto; por lo tanto, para crear el mejor resultado posible, los diseñadores instruccionales deben centrarse en producir productos utilizables lo más rápido posible. Este modelo se centra en los prototipos, mucho más que otros modelos de diseño instruccional. Con SAM, el objetivo es tomar pasos más pequeños y más flexibles dentro de un marco más amplio para lograr una alta calidad en la capacitación y el aprendizaje, en lugar de seguir el proceso paso a paso, SAM espera que se cometan errores durante todo el proyecto. También espera que las partes interesadas cambien de opinión o decidan hacer correcciones en el camino. Debido a todas estas cuestiones, SAM considera sumamente importantes la colaboración y evaluación temprana para completar con éxito cualquier proyecto. El modelo permite a los diseñadores instruccionales moverse rápidamente a través de las fases iniciales del diseño del curso para crear prototipos rápidamente. Hay dos modelos SAM:

SAM 1 es para proyectos pequeños y simples que no requieren un desarrollo extenso o alguna habilidad especializada tales como diseño gráfico o programación. Como se muestra en la Figura 2.7, SAM 1 está compuesto por los siguientes tres pasos:



*Figura 2.7. Ciclo del modelo SAM 1.
Fuente: (Gutiérrez, 2015).*

El proceso pasa a través de tres iteraciones, modificando y probando los prototipos en el camino. Ya que las ideas se evalúan con frecuencia, los diseñadores instruccionales pueden crear cursos usables relativamente rápido y eficazmente, evitando errores costosos.

SAM 2 es para grandes proyectos que requieren habilidades avanzadas de desarrollo. Este modelo se divide en las siguientes tres fases:

1. Fase de preparación: Los diseñadores instruccionales reúnen antecedentes y llevarán a cabo una lluvia de ideas, con la recopilación de la información y conocimientos previos sobre el proyecto junto con las partes interesadas y todo su equipo.

2. Fase de Diseño Iterativo: El cual se subdivide en los siguientes tres pasos:

- ✓ Prototipo
- ✓ Evaluación
- ✓ Diseño

Esta fase comienza con un inicio inteligente, los diseñadores instruccionales y su equipo giran a través de los diseños, prototipos y revisión, tomando decisiones y refinando su prototipo antes de cometer errores críticos.

3. Fase de desarrollo iterativo: El cual se subdivide en los siguientes tres pasos:

- ✓ Desarrollo
- ✓ Implementación
- ✓ Evaluación

La fase de desarrollo iterativo comienza con la prueba de diseño y produce tres entregas conocidas como Alfa, Beta y finalmente lanzar el Gold. A medida que se desarrolla el producto didáctico, analizas y evalúas continuamente. Todo el proceso se puede apreciar en la Figura 2.8.

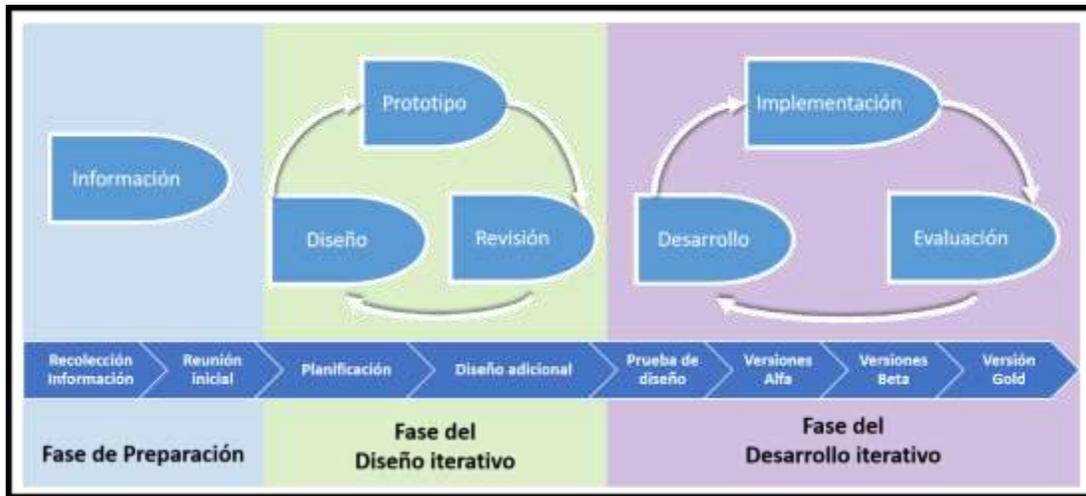


Figura 2.8. El modelo SAM 2.
Fuente: (Oyarzo, 2018).

2.6.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Villagrán (2016) describe las características básicas del modelo SAM:

Iterativo: Al igual que los otros modelos que hemos revisado, es posible volver sobre fases anteriores para corregir errores. La diferencia con SAM es que esto se lo hace desde las primeras fases y de forma ágil. Lo cual, hace que los cambios sean sencillos de aplicar, y por tanto menos costosos.

Colaborativo: La colaboración activa entre los involucrados en un proyecto de formación, permite aprovechar las ideas, experiencias, opiniones y conocimientos de todos los miembros, de esa manera, se evita la burocracia e indecisión, ambas costosas para cualquier proyecto.

Eficiente y efectivo: Empezar por tener claro que ningún proyecto es perfecto, es necesario, para poder enfocar los recursos y la energía en identificar y corregir los problemas que puedan surgir.

Gestionable: Un proyecto es gestionable cuando permite mantenerse en el tiempo y presupuesto establecidos, sin perder de vista la calidad.

2.6.2. CICLO DE TRABAJO

Gutiérrez (2015), explica que este proceso se repite al menos tres veces, comenzando y terminando con la evaluación:

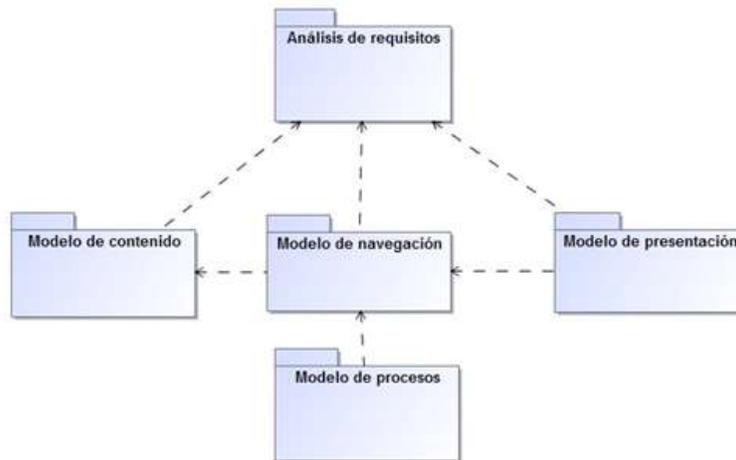
- ✓ En la primera iteración evalúo la situación, necesidades, objetivos y opciones, que luego organizo en la fase de diseño para trasladarlas a distintas posibilidades de formato y medios de distribución. En la fase de desarrollo transformo estas decisiones en prototipos básicos, sin trabajar aún la presentación del contenido sino únicamente la estructura. Finalmente, lo presento a las partes implicadas para que lo fusilen a críticas.
- ✓ La segunda iteración es, con diferencia, la más laboriosa: evalúo hasta qué punto la primera cumplió sus objetivos y recojo los puntos a cambiar o mejorar. A continuación, traslado esos cambios a un nuevo diseño (o una variación del primero si he tenido buen ojo), y lo aplico a un nuevo prototipo en la fase de desarrollo. A menos que haya tenido que empezar de cero, que a veces ocurre, en este punto el prototipo da una idea clara de cómo va a ser el contenido final, ya con textos, interacciones y demás. También es el momento de hacer pruebas de distribución, usabilidad y seguimiento, y de validar el contenido y los conceptos tratados.
- ✓ La tercera y posteriores iteraciones son básicamente repeticiones de la segunda hasta conseguir un producto final adecuado. En general se trata de diseñar cambios en función de los resultados de las pruebas de uso y de los comentarios de los expertos en la materia. El peso de las iteraciones lo lleva la producción más que el diseño, y en mi caso tienden a ser ciclos cada vez más cortos.

2.7. MÉTODO DE INGENIERÍA DE SOFTWARE UWE

UWE (Koch & Kraus, 2002) es una metodología con un modelado de proceso espiral/interactivo-incremental tomando como lenguaje de notación UML, esta metodología está enfocada en el diseño sistemático, la personalización y la generación semiautomática de escenarios. UWE utiliza vistas especiales soportadas por los diagramas gráficos de UML,

como el modelo de navegación y el modelo de presentación. UWE no limita el número de vistas de una aplicación, ya que los diseñadores también pueden hacer uso de otra técnica de modelado UML para agregar otras vistas a la aplicación.

(Busch, 2012) UWE provee diferentes modelos que permite describir una aplicación Web desde varios puntos de vista abstractos, dichos modelos están relacionados tal como se ilustra en la Figura 2.9.



*Figura 2.9. Modelos de UWE.
Fuente: (Busch, 2012)*

MagicDraw y MagicUWE

Las principales actividades de modelado son el análisis de requerimientos de la aplicación, modelado de su contenido, modelado de la navegación y presentación de las páginas, y el modelado de los procesos de negocio. Como UWE es una extensión del lenguaje UML, el uso de las herramientas CASE que crean los diagramas UML también puede ser extendidos para crear modelos UWE. Con el objetivo de ofrecer las herramientas necesarias para el modelado en UWE, se creó un plugin específico para la herramienta CASE MagicDraw, llamado MagicUWE que se basa en el metamodelo UML 2.0.

MagicDraw es una herramienta CASE desarrollada por la empresa No Magic Inc., que soporta UML 2.3, ingeniería para múltiples lenguajes de programación, como Java y C++, así como modelado de datos. Como fue dicho, MagicUWE, es el plugin para esta herramienta y ofrece los artefactos necesarios para la implementación de los modelos de UWE; soporta el diseño sistemático de aplicaciones web utilizando la notación descrita por UWE así como su proceso de desarrollo proveyendo barra de herramientas específicas con los estereotipos y diagramas necesarios para crear las diferentes vistas de la aplicación web, a saber: contenido, navegación, presentación y proceso. Con este plugin también es posible realizar transformaciones automáticas desde un modelo a otro, como crear un modelo básico de navegación basado en el modelo de contenido creado. (Busch, 2009)

2.7.1. MODELO DE REQUERIMIENTOS

Nieves (2014), una de las primeras actividades en la construcción de aplicaciones Web es la identificación de los requisitos, y en UWE se especifican mediante el modelo de requerimientos, que involucra el modelado de casos de uso con UML.

El diagrama de casos de uso está conformado por los elementos actor y caso de uso. Los actores se utilizan para modelar los usuarios de la aplicación Web que para este caso de estudio son los diferentes tipos de usuarios (anónimo, consultor, tutor, alumno) que pueden interactuar con el mismo. Los casos de uso se utilizan para visualizar las diferentes funcionalidades que la aplicación tiene que proporcionar, como son: crear a un nuevo usuario, identificar al usuario, realizar una búsqueda, realizar la composición de un nuevo objeto y guardar el objeto compuesto

En la Figura 2.10 se ilustra el diagrama de casos de usos para la aplicación web. Es de mencionar que, para cada etapa del modelado, UWE provee diferentes estereotipos. La lista de todos los estereotipos que pueden utilizarse en esta etapa se encuentra el Perfil UWE (Profile UWE) del sitio oficial de UWE.

Continuando con la descripción de Nieves (2014), el caso de uso "RealizarBusqueda" es del estereotipo explorar («*browsing*»). Modela la búsqueda de los objetos de aprendizaje por medio de las características de los objetos y de los usuarios para que el sistema pueda proporcionar una recomendación personalizada.

El caso de uso "RealizarComposicion" es del estereotipo procesar («*processing*»). Según la lista final seleccionada por el usuario, ejecuta el proceso de composición para conformar un nuevo objeto de mayor nivel de instrucción añadiendo cambios a los metadatos si el usuario así lo decide.

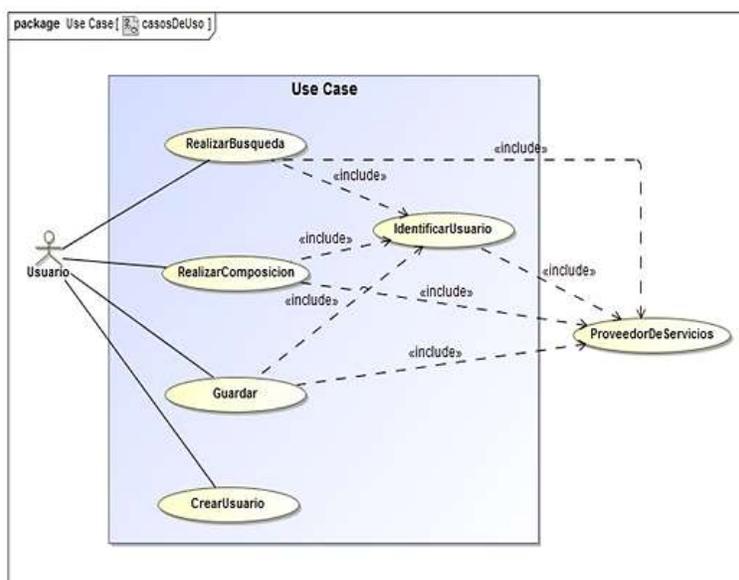


Figura 2.10. Ejemplo de Casos de Uso.
Fuente: (Nieves, 2014).

El caso de uso "IdentificarUsuario" es del estereotipo explorar («*browsing*»). Ejecuta el proceso de inicio de sesión el cual verifica si el usuario proporcionado existe en el sistema.

El caso de uso "Guardar" es del estereotipo procesar («*processing*»). Ejecuta la conversión del objeto compuesto al estándar IEEE-LOM (2002) y almacena el objeto compuesto en la computadora o en el repositorio para su posterior uso.

El caso de uso "CrearUsuario" es el estereotipo procesar («*processing*»). Registra los datos de un nuevo usuario que se agrega al sistema, lo que facilita información de su perfil y mejora la personalización de los resultados.

El nivel de detalle y la formalidad de la especificación de requerimientos dependen de los riesgos del proyecto y de la complejidad de la aplicación Web a construir. A menudo una especificación basada solamente en casos de uso no es suficiente (Vilain, 2000).

Siguiendo el principio de usar UML para la especificación hasta donde sea posible, es factible emplear diagramas de actividades en esta fase. Para cada caso de uso descrito para actividades no triviales se puede construir al menos un diagrama de actividad por cada flujo principal de tareas realizadas en orden. Esto con el fin de describir la funcionalidad indicada por el caso de uso correspondiente.

2.7.2. MODELO DE CONTENIDO

Nieves (2014) propone que el objetivo del modelo de contenido es proporcionar una especificación visual de la información en el dominio relevante para la aplicación Web.

Este es un diagrama UML normal de clases, por ello se debe pensar en las clases que son necesarias para el caso de estudio presentado.

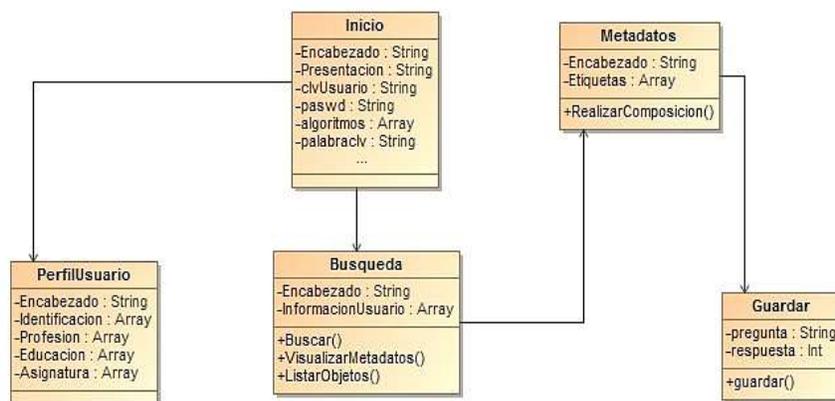


Figura 2.11. Ejemplo del Modelo de Contenido.
Fuente: (Nieves, 2014).

En la Figura 2.11 se presenta el diagrama de clases para el modelo de contenido. En particular, la información de los usuarios es modelada por la clase "PerfilUsuario" donde se almacenan las propiedades que describen a los diferentes tipos de usuarios.

En la clase "Inicio" se modela el inicio de la aplicación web, se almacenan las credenciales y propiedades que sirven para identificar al usuario que quiere iniciar sesión. La clase "Búsqueda" modela la información que el usuario proporciona para realizar una consulta y los métodos que se ejecutan para generar la lista de recomendación, la selección de los objetos y la recuperación de los mismos con sus metadatos. La clase "metadatos" modela las características devueltas por los objetos de aprendizaje que el usuario ha seleccionado y el método de realizar la composición con la selección y los metadatos proporcionados. La clase "guardar" modela las características de almacenamiento del nuevo objeto compuesto.

2.7.3. MODELO DE NAVEGACIÓN

Nieves (2014), en una aplicación para la Web es útil saber cómo están enlazadas las páginas. Ello significa que se requiere un diagrama de navegación con nodos y enlaces. Este diagrama se modela con base en el análisis de los requisitos y el modelo de contenido.

UWE provee diferentes estereotipos para el modelado de navegación, en la Figura 2.12 se presentan los usados en este caso de estudio y seguidamente se da una descripción de cada uno de ellos.

	navigationClass		guidedTour
	navigationLink		query
	menu		processClass
	index		processLink

Figura 2.12. Estereotipos de estructura de navegación.
Fuente: (Nieves, 2014).

Las clases de navegación («*navigationClass*») representan nodos navegables de la estructura de hipertexto; los enlaces de navegación («*navigationLink*») muestran vínculos directos entre las clases de navegación; las rutas alternativas de navegación son manejadas por menú («*menu*»). Los accesos se utilizan para llegar a múltiples instancias de una clase de navegación («*index*» o «*guidedTour*») o para seleccionar los elementos («*query*»). Las clases de procesos («*processClass*») forman los puntos de entrada y salida de los procesos de negocio en este modelado y la vinculación entre sí y a las clases de navegación se modela por enlaces de procesos («*processLink*»).

En la Figura 2.13, las clases de navegación "Inicio y PerfilUsuario" representan nodos navegables de la estructura de hipertexto y se consideran relevantes para la navegación. Los enlaces de navegación "navigationLink" y "processLink" muestran vínculos directos entre las clases de navegación y representan posibles pasos a seguir por el usuario y, por lo tanto, estos vínculos tienen que ser dirigidos.

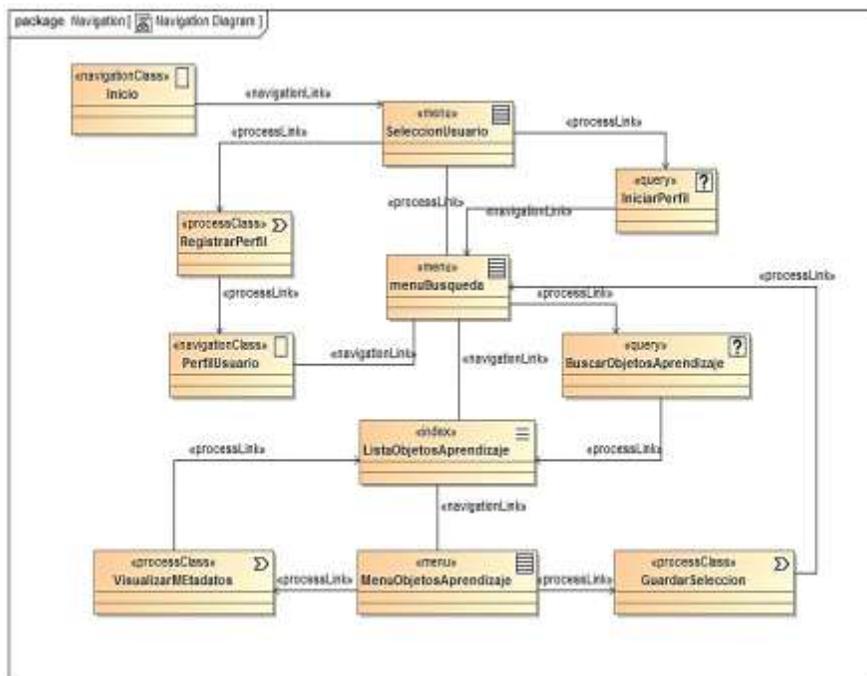


Figura 2.13. Ejemplo del Modelo de Navegación.
Fuente: (Nieves, 2014).

La navegación por diferentes alternativas es representada por las clases «*menu*» ("SeleccionUsuario, MenuBusqueda y MenuObjetosAprendizaje") que se añaden a cada clase de navegación que tiene más de una asociación saliente.

Las primitivas de acceso «*index*» como es "ListaObjetosAprendizaje" se utilizan para llegar a múltiples instancias de una clase de navegación o para seleccionar los elementos con los tipos «*query*» como "IniciarPerfil y BuscarObjetosAprendizaje", este tipo de clase se debe agregar entre dos clases de navegación cada vez que la multiplicidad de la meta final de su asociación de enlace sea mayor que 1. Las entradas y salidas de las clases "RegistrarPerfil, VisualizarMetadatos y GuardarSeleccion" son modeladas por las clases «*process*».

Es así que desde la página de Inicio un usuario puede, por medio de "SeleccionUsuario", tener una representación personalizada según sea su tipo de usuario con el que accede al sistema. Puede optar por usar "IniciarPerfil" para consultar si existe su clave de usuario proporcionada, o por "RegistrarPerfil" que inicia el proceso de registro del nuevo usuario. El usuario que ingresa a la aplicación proporciona palabras clave para "BuscarObjetosAprendizaje" que arroja una "ListaObjetosAprendizaje" para la selección por parte del usuario. De los objetos que son seleccionados en un "MenuObjetosAprendizaje", el usuario puede "VisualizarMetadatos" de los objetos que son candidatos a conformar un nuevo Objeto de Aprendizaje de nivel superior de complejidad para "GuardarSeleccion".

2.7.4. MODELO DE PRESENTACIÓN

Nieves (2014) termina definiendo el modelo de presentación que ofrece una visión abstracta de la interfaz de usuario de una aplicación Web. Se basa en el modelo de navegación y en los aspectos concretos de la interfaz de usuario (IU). Describe la estructura básica de la IU, es decir, ¿Qué elementos de interfaz de usuario (por ejemplo: texto, imágenes, enlaces, formularios) se utilizan para presentar los nodos de navegación? Su ventaja es que es independiente de las técnicas actuales que se utilizan para implementar un sitio Web, lo que

permite a las partes interesadas discutir la conveniencia de la presentación antes de que realmente se aplique.

Una clase de presentación está compuesta de elementos de IU como texto («*text*»), enlaces («*anchor*»), botones («*button*»), imágenes («*image*»), formularios («*form*») y colecciones de enlaces («*anchored collection*»).

En la Figura 2.14 se modela la página de presentación "PaginaInicio". Existe una representación de texto para el encabezado y un mensaje de presentación. Modela también un formulario de entrada para que el usuario introduzca clave y contraseña, así como los botones de "IniciarPerfil" y "RegistrarPerfil".

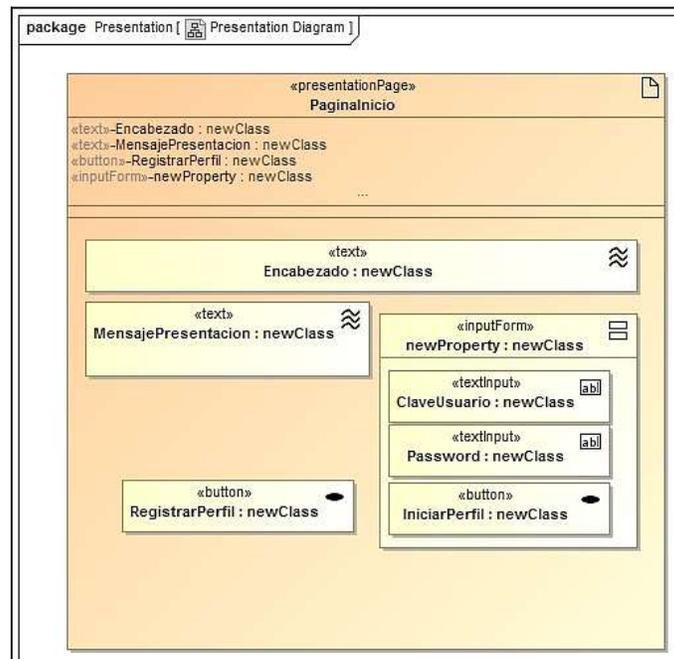


Figura 2.14. Ejemplo de Página de presentación: Inicio.
Fuente: (Nieves, 2014).

Usualmente la información de varios nodos de aplicación es presentada en una página Web, la cual es modelada por páginas en UWE. Las páginas de presentación también pueden contener grupos de presentación («*presentationGroup*»), grupos de presentación iterativos

(«*iteratedPresentationGroup*»), y presentaciones alternativas («*presentationAlternative*»), por ejemplo, ajustar la interfaz al dispositivo utilizado para ejecutar la aplicación. Un grupo de presentación puede contener a si mismo grupos de presentación y clases de presentación.

En la Figura 2.15 se modela la página de presentación "PaginaBusqueda" donde se representa como texto un encabezado y el nombre del usuario. Existe un formulario donde se puede introducir las palabras clave de búsqueda, así como seleccionar los algoritmos que se pueden aplicar. Esta página de presentación contiene un grupo de presentación para modelar las listas de objetos candidatos a la composición y los botones de buscar y ver metadatos.

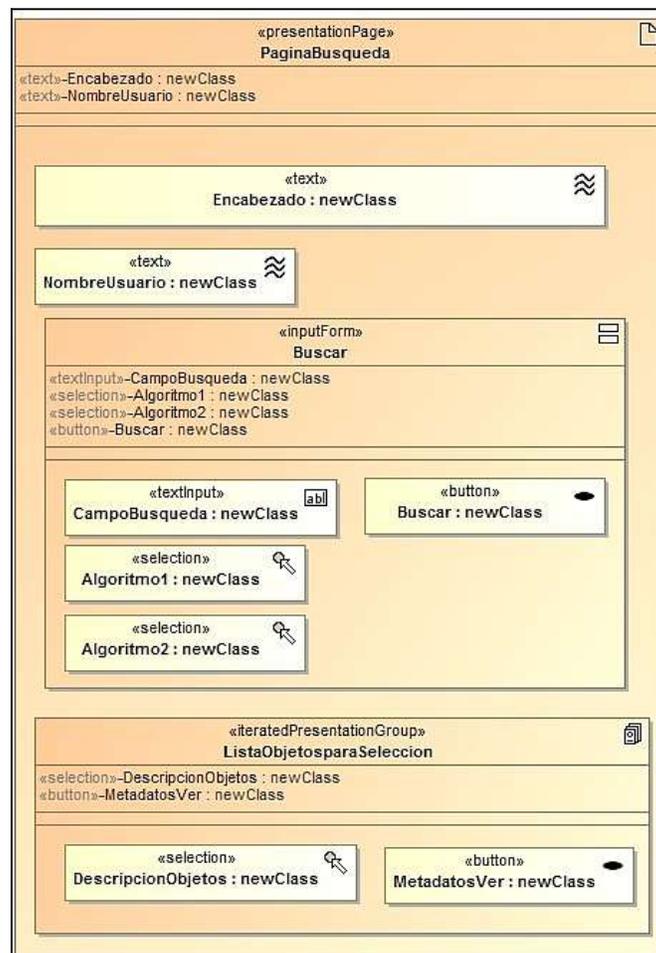


Figura 2.15. Ejemplo de Página de presentación: Búsqueda.
Fuente: (Nieves, 2014).

2.8. MODELO KANO

Hacia fines de la década de 1970, Noriaki Kano, académico japonés de la universidad de Tokio, amplió el concepto de calidad utilizado hasta entonces, que juzgaba a la calidad de los productos sobre una sola escala, de bueno a malo (Kano, 1984).

Siguiendo en parte la tradición de las teorías de Herzberg (1966) sobre motivación e higiene, Kano utilizó dos dimensiones para evaluar la calidad: el grado de rendimiento de un producto y el grado de satisfacción del cliente que lo utiliza.

Trabajando sobre un plano bidimensional de funcionalidad-satisfacción, Kano definió tres tipos de calidad: calidad obligatoria, calidad unidimensional y calidad atractiva, partiendo de los siguientes supuestos:

- ✓ Las ideas invisibles de la calidad pueden hacerse visibles.
- ✓ Para algunos requerimientos del cliente, la satisfacción es proporcional a la funcionalidad del producto.
- ✓ Algunos requerimientos del cliente no son unidimensionales, existen también elementos obligatorios y atractivos.

Durante mucho tiempo existió la creencia de que la satisfacción de los clientes era proporcional a la funcionalidad de las diversas características del producto, lo que se ha llamado unidimensionalidad, esta proporcionalidad no siempre se manifiesta, y en algunos casos el cliente está menos satisfecho cuando el producto es poco funcional, pero no está más satisfecho si la funcionalidad supera cierto nivel (requerimientos obligatorios). En otros casos, el cliente no está insatisfecho por la falta de funcionalidad, pero si esta se incrementa su satisfacción aumenta (requerimientos deleitosos o atractivos).

Kano ideó un cuestionario que clasifica a las características de un producto para facilitar su diseño y orientar la estrategia de mercadotecnia. Para hacer un mejor uso de los datos obtenidos en los cuestionarios de satisfacción, ampliamos el análisis básico de Kano siguiendo al *Center for Quality of Management* (1993).

2.8.1. TIPO DE REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES

Toro (2009), señala que el modelo conceptual de satisfacción del cliente que se presenta para su validación en esta investigación se basó en el modelo de satisfacción del cliente del profesor Kano (1984), distingue cinco tipos de atributos de producto o dimensiones de calidad que influyen la satisfacción del cliente de diversas maneras cuando éste los encuentra, que se ven en la Figura 2.16.

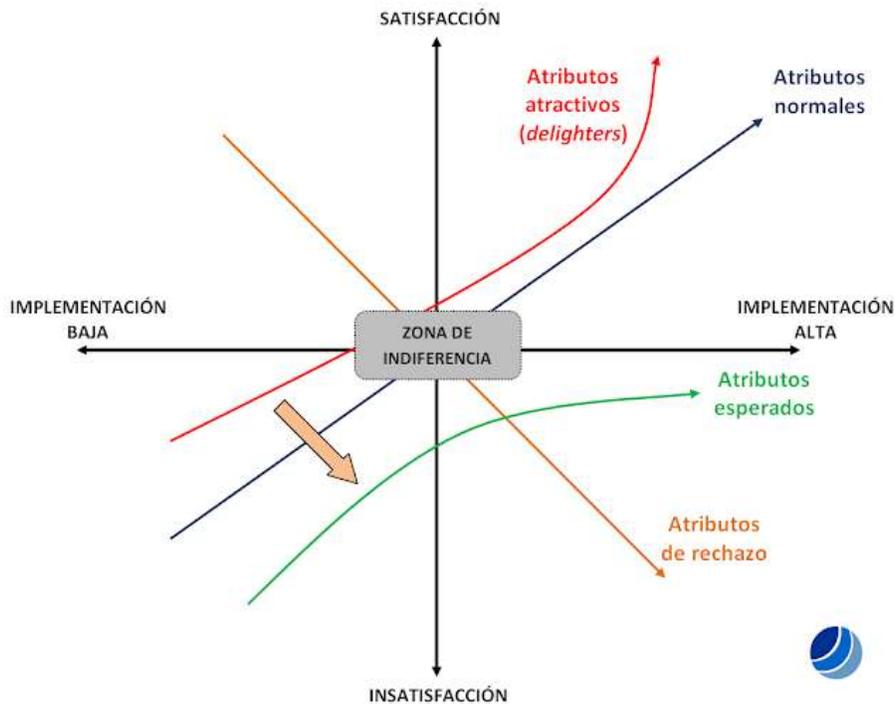


Figura 2.16. Tipos de requisitos del cliente.
Fuente: (Sejzer, 2016).

A continuación, se detalla cada uno de ellos:

- ✓ **Atributos obligatorios (*must-be*):** si estos atributos no se satisfacen o no se cumplen, producirán insatisfacción al cliente en extremo. Por otra parte, como el cliente toma estos atributos como entregados, el cumplimiento de ellos no aumentará su satisfacción. Los atributos obligatorios son los criterios básicos de un producto.

Satisfacer los atributos obligatorios conducirá al cliente solamente a un estado de tener insatisfacción. El cliente percibe los atributos obligatorios como requisitos previos, él los asigna como concedidos y por lo tanto explícitamente no los exige. Los atributos obligatorios son en todo caso un factor competitivo decisivo, y si no se satisfacen el cliente no estará interesado en el producto.

- ✓ **Atributos unidimensionales (*one – dimensional*):** con respecto a estos atributos, la satisfacción del cliente es proporcional al nivel de cumplimiento ellos. Cuanto más alto el nivel de cumplimiento, más alta es la satisfacción del cliente y viceversa. Los atributos unidimensionales generalmente son exigidos explícitamente por el cliente.
- ✓ **Atributos atractivos (*attractive*):** Estos atributos son los criterios del producto que tienen la influencia más grande en cuán satisfecho estará un cliente con un producto determinado. Los atributos atractivos ni son expresados explícitamente ni son esperados por el cliente. Satisfacer estos atributos conduce a la satisfacción más que proporcional. Si no se encuentran, sin embargo, no hay sensación de insatisfacción.
- ✓ **Atributos indiferentes (*indifferent*):** donde su presencia o ausencia no contribuyen ni a aumentar ni a disminuir la satisfacción del cliente.
- ✓ **Atributos opuestos (*reverse*):** son características del producto que no solamente no son deseadas por el cliente, sino que él incluso espera lo opuesto.

2.8.2. CUESTIONARIOS

Arroyave (2007) describe que Noriaki Kano ideó un conjunto de preguntas que deben ser realizadas a los participantes para cumplir con la clasificación propuesta por él. Estos cuestionarios asociados con una tabla de evaluación, permiten realizar la especificación de los requisitos de forma adecuada.

Cada uno de los cuestionarios siempre cuenta con un número par de cuestionamientos relacionados con los requisitos del cliente. La razón por la cual las preguntas vienen en pares es porque, para cada requisito, se realiza una pregunta funcional y otra disfuncional. La forma de realizar la consulta sería así:

- ✓ ¿Cuál sería su sentimiento si la característica X está presente en el producto?
(requisitos funcionales)
- ✓ ¿Cuál sería su sentimiento si la característica X NO está presente en el producto?
(requisitos disfuncionales)

Para cada sección, el cliente responde entre 5 únicas opciones, como se muestra en la Tabla 2.1, por tanto, cada una de las preguntas debe contar con este grupo de posibles respuestas.

*Tabla 2.1. Ejemplo de cuestionario Kano.
Fuente: (León, 2005).*

¿Si el rendimiento de combustible es bueno, como te sientes?	1. Me agrada
	2. Es de esperarse
	3. Neutral
	4. Lo acepto
	5. Me desagrada
¿Si el rendimiento de combustible NO es bueno, como te sientes?	1. Me agrada
	2. Es de esperarse
	3. Neutral
	4. Lo acepto
	5. Me desagrada

2.8.2.1. CUESTIONARIO DE ATRIBUCIÓN DE IMPORTANCIA

Ligado al cuestionario principal de Kano, se deben realizar también una serie de preguntas de atribución de importancia, con el fin de conocer si cada una de las características del sistema es en verdad importante para los participantes. Para ello se utiliza la segunda parte de la encuesta, el cuestionario de atribución de importancia se describe en la Tabla 2.2, que también se utiliza para las representaciones alternas de requisitos (Arroyave, Maya, & Orozco, 2007).

2.8.3. ANÁLISIS DETALLADO DE LOS DATOS

2.8.3.1. EL MAPA DE LAS RESPUESTAS

El análisis detallado comienza con una observación minuciosa del mapa de las respuestas, es decir, se crea una tabla de concentración de respuestas correspondiente a cada una de las preguntas del cuestionario, como se muestra un ejemplo en la Tabla 2.4, en donde el objetivo es observar la dispersión de las respuestas.

A continuación, se confeccionan índices que sintetizan la información del análisis básico tablas que ordenan los atributos según su tipo: primero los obligatorios, seguidos de los unidimensionales, los atractivos, los indiferentes y, finalmente, los inversos. (Arroyave, Maya & Orozco, 2007)

*Tabla 2.4. Concentración de respuestas.
Fuente: (León, 2005).*

Pregunta X		Requerimientos Disfuncionales				
		1	2	3	4	5
Requerimientos Funcionales	1			
	2				...	
	3			...		
	4		
	5				

2.8.3.2. UNA PRUEBA ESTADÍSTICA

El cuestionario de Kano se utiliza generalmente en contextos de desarrollo de productos donde tienen primacía los enfoques cualitativos. Sin embargo, existe una prueba estadística que permite evaluar la significatividad de la clasificación de Kano. Esta prueba consiste en calcular el valor de la diferencia absoluta de las dos frecuencias más votadas de las alternativas (Atractivo, Obligatorio, Unidimensional, Indiferencia, Inversa, y Dudosa) y compararlo con el estadístico:

$$Q = \sqrt{\frac{(a + b)(2 - a - b)}{2n}}$$

Donde:

a, b : las frecuencias de las dos observaciones más frecuentes

n : número total de respuestas

Ecuación 2.1. Estadístico de Fong.

Este valor Q se compara con el de la diferencia absoluta Abs (a-b), y si la diferencia absoluta es menor, esto indica que no hay una diferencia significativa entre las dos clasificaciones más frecuentes de cada pregunta, por lo que debe investigarse más a fondo, para descubrir la presencia de segmentos de mercado identificables o problemas en la formulación de la pregunta. (Arroyave, Maya, & Orozco, 2007).

2.8.3.3. UNA REPRESENTACIÓN ALTERNA

Se ha propuesto una interpretación alterna de la clasificación de los requisitos, basada en el incremento de la satisfacción (indicado en la fórmula 2 como Mejor) o bien el decremento de la misma (indicado en la fórmula 3 como Peor) debida a la inclusión o ausencia de una necesidad como característica del producto. Estas fórmulas se obtienen de la percepción de ser Mejores que la competencia al satisfacer requisitos tipo A (Atractivos) y U (Unidimensionales), o bien de la de ser Peores que la competencia al no satisfacer requisitos tipo U (Unidimensionales) y O (Obligatorios). En el denominador de ambas fórmulas aparece una sumatoria de las percepciones de atributo A (Atractivos), O (Obligatorios), U (Unidimensionales) e I (Indiferencia). Nótese que se han suprimido de esta sumatoria las percepciones de Inv. (Respuesta inversa) y D (Respuesta dudosa), por su propio carácter confuso. (Arroyave, Maya, & Orozco, 2007).

$$\mathbf{Mejor} = \frac{A + U}{A + U + O + I}$$

Ecuación 2.2. Grado de Satisfacción.

$$Peor = \frac{U + O (-1)}{A + U + O + I}$$

Ecuación 2.3. Grado de Insatisfacción.

Para simplificar los cálculos, es conveniente elaborar una tabla de concentración de resultados como se visualiza en la Tabla 2.5, en la cual se agrupan los resultados obtenidos para cada uno de los requisitos en torno a la clasificación obtenida. Con base en las ecuaciones 2 y 3, se obtienen las columnas C1 y C2, al multiplicar los valores obtenidos de Mejor y Peor por la Importancia promedio, la cual es a su vez obtenida a partir del promedio de la evaluación de importancia del requisito. Estos valores C1 y C2 se grafican en una escala bidimensional de Mejor y Peor, en donde se puede identificar la clasificación del tipo de requisito como en la Figura 2.17. (Arroyave, Maya, & Orozco, 2007)

Tabla 2.5. Ejemplo de una tabla de concentración de respuestas.
Fuente: (León, 2005).

Requerimiento	A	O	U	I	Inv.	D	Imp.	Mejor	Peor	C1	C2
1	53	20	35	6	0	0	0.55	0.77	0.48	0.42	0.26
2	40	17	33	24	0	0	0.91	0.68	0.44	0.62	0.40

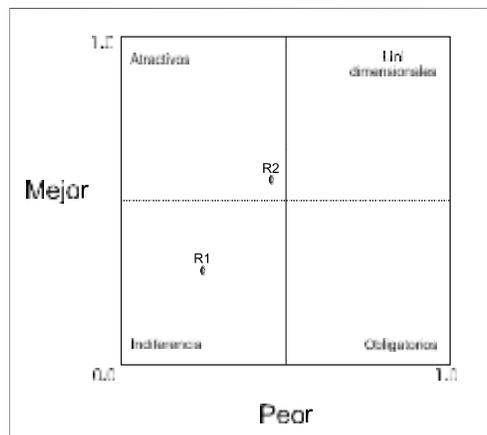


Figura 2.17. Tipos de requerimientos del cliente.
Fuente: (León, 2005).

2.8.4. SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

La definición y medida de la calidad han resultado ser particularmente complejas en el ámbito de los servicios, puesto que, al hecho de que la calidad sea un concepto aún sin definir, hay que añadirle la dificultad derivada de la naturaleza intangible de los servicios. Es la respuesta de saciedad del cliente. Es un juicio acerca de que un rasgo del producto o servicio, o de que producto o servicio en sí mismo, proporciona un nivel placentero de recompensa que se relaciona con el consumo. Esta definición se refiere a que, satisfacción es la evaluación que realiza el cliente respecto de un producto o servicio, en términos de si ese producto o servicio respondió a sus necesidades y expectativas. Se presume que, al fracasar en el cumplimiento de las necesidades y las expectativas, el resultado que se obtiene es la insatisfacción con dicho producto o servicio. (Ustariz, 2015).

2.8.5. MODELOS DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

Todo modelo de medición del nivel de satisfacción del cliente supone la existencia de un concepto hipotético llamado “Satisfacción del Usuario”, el cual debe ser inferido a partir de la indagación sobre diferentes elementos de la experiencia de servicio que habitualmente vive el usuario (Atributos de Calidad) los cuales se enuncian como preguntas de un cuestionario ante las que el entrevistado expresa su calificación. (Ustariz, 2015).

III
DISEÑO
METODOLÓGICO

III. DISEÑO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se aplicarán las 3 fases (evaluación, diseño y desarrollo) e iteraciones necesarias del modelo SAM con relación al modelo e-Learning y en la fase del diseño el método UWE para simplificar la captura de las necesidades de la plataforma web, este proceso estará dividido en cuatro pasos o actividades (Requerimientos, contenido, navegacional y presentación).

3.1. RELACIÓN ENTRE SAM, E-LEARNING, UWE Y REALIDAD AUMENTADA

En la Tabla 3.1, describimos la metodología SAM con relación al E-Learning, presentando el modelo UWE para implementar Realidad Aumentada, con lo que se genera una metodología híbrida para desarrollar la plataforma web.

Tabla 3.1. Relación entre SAM, E-Learning y UWE.

MODELO SAM	E-LEARNING	UWE
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis del público destinatario - Análisis del tipo de aprendizaje autodirigido y dirigido 	<ul style="list-style-type: none"> - Requisitos funcionales y no funcionales - Diagrama de flujo
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Secuencia pedagógica del recurso 	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo de requerimientos - Modelo de contenido - Modelo de navegación - Modelo de presentación
Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo del prototipo web - Implementación de la librería AR.js 	<ul style="list-style-type: none"> - No aplica

3.2. ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA

La plataforma web para generar recursos de realidad aumentada en entornos de enseñanza y aprendizaje ha sido diseñada de acuerdo con los siguientes criterios:

- ✓ Ejecución en todos los navegadores posibles.
- ✓ Disponible todo el tiempo y facilidad de uso.
- ✓ Diseño modular para permitir el crecimiento.
- ✓ Facilidad en su actualización.

La arquitectura de la plataforma propuesta está compuesta de 3 capas: aplicación, modelo de negocio y almacenamiento. Definimos la capa de negocio como el conjunto de componentes software que implementan completamente el comportamiento de las clases del dominio. Es en este nivel, por tanto, donde se implementa la funcionalidad de la aplicación web. Esta capa sirve de enlace entre los niveles de aplicación y almacenamiento, ya que la capa de aplicación no accede a la base de datos directamente, sino que se comunica con la capa del modelo de negocio para demandarle el servicio deseado y es la capa del modelo de negocio la que se comunica con la capa de almacenamiento para recuperar los datos necesarios. Todo esto lo podemos apreciar en la Figura 3.1.

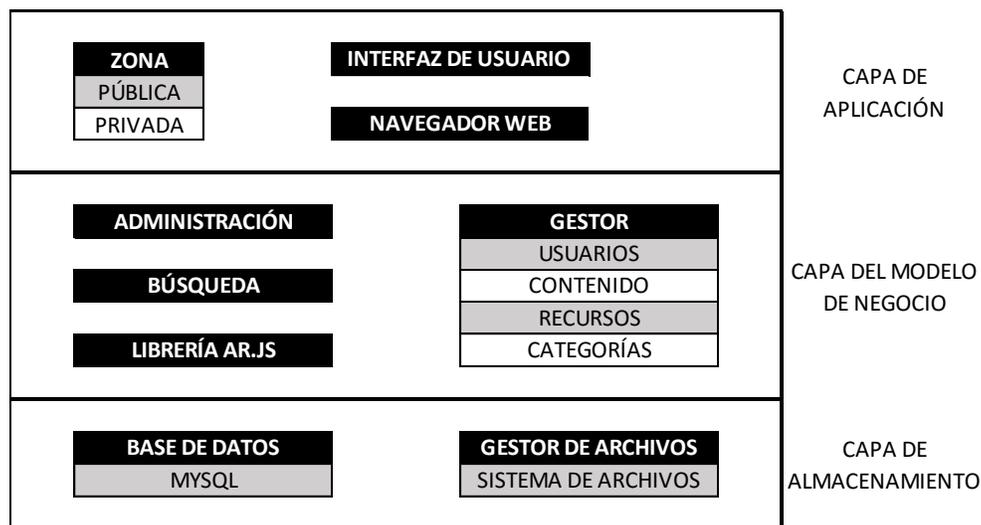


Figura 3.1. Arquitectura de la plataforma web en sus 3 capas.

3.3. DESARROLLO DEL MODELO SAM

3.2.1. ITERACIÓN 1

3.2.1.1. EVALUACIÓN

Actualmente las organizaciones educativas no aprovechan el potencial que ofrece la realidad aumentada en entornos interactivos desde la web, ya que no existe una plataforma interactiva, accesible y dinámica de uso libre.

La plataforma web va dirigida a cualquier usuario (docente o estudiante) con conocimientos mínimos de la tecnología RA, que necesite utilizar la realidad aumentada desde la web, sin instalar ningún otro software adicional para poder crear un marcador con su modelo 3D y poder visualizarlo directamente desde cualquier navegador web ya sea desde un dispositivo de escritorio o móvil.

En este caso se aplicará los tipos de aprendizaje autodirigido (estudiante) y dirigido (docente), ya que se tiene dos tipos de usuario para la plataforma.

En la Tabla 3.2 se muestran los requisitos funcionales y no funcionales.

Tabla 3.2. Cuadro de requerimientos funcionales y no funcionales.

REQUISITOS FUNCIONALES
- Formulario de Inicio de Sesión / Registro
- Creación, modificación y eliminación de un recurso (Marcador y Modelo 3D)
- Reporte de recursos creados
- Aplicación de la librería de RA
REQUISITOS NO FUNCIONALES
- Interfaz sencilla, intuitiva y amigable
- Seguridad de acceso mediante contraseña
- Tipo de usuario (Estudiante y Docente)
- Visualización del recurso RA
- Ejecución en cualquier navegador web

En la Figura 3.2 se visualiza el diagrama de flujo de la plataforma web.

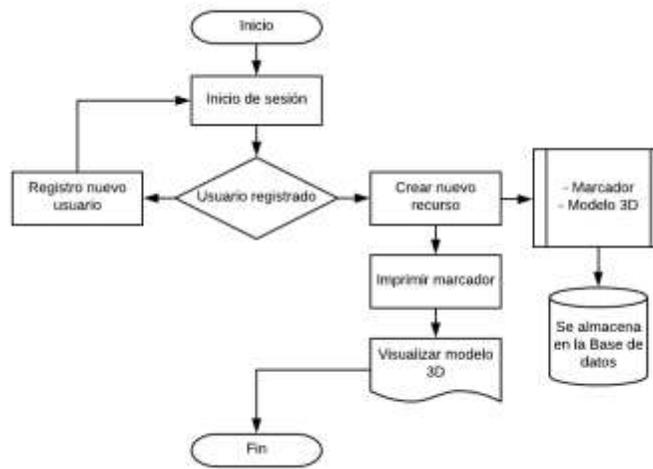


Figura 3.2. Diagrama de flujo: Plataforma web.

3.2.1.2. DISEÑO

A. MODELO DE REQUERIMIENTOS

De acuerdo a los requisitos funcionales se procede a elaborar los diagramas de casos de uso que especifican el comportamiento de interacción de la plataforma con los usuarios, mostrando la relación entre los actores y los casos de uso, ambos caracterizados con estereotipos definidos por UWE, que se ve en la Figura 3.3.

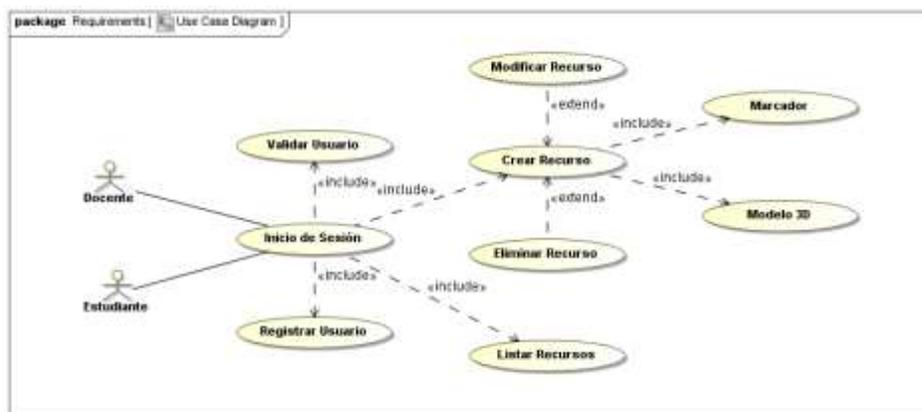


Figura 3.3. Modelo de casos de uso: Plataforma web.

B. MODELO DE CONTENIDO

Continuando con el diseño se elaboró el modelo de contenido, representando la información del dominio, mediante un diagrama de clases UML, donde se muestran las distintas clases que forman la plataforma con sus respectivos atributos y estereotipos definidos por UWE, que se indica en la Figura 3.4, cuya función se detalla en el diccionario de datos de la Tabla 3.3 que permite manipular la información de forma eficiente y oportuna.

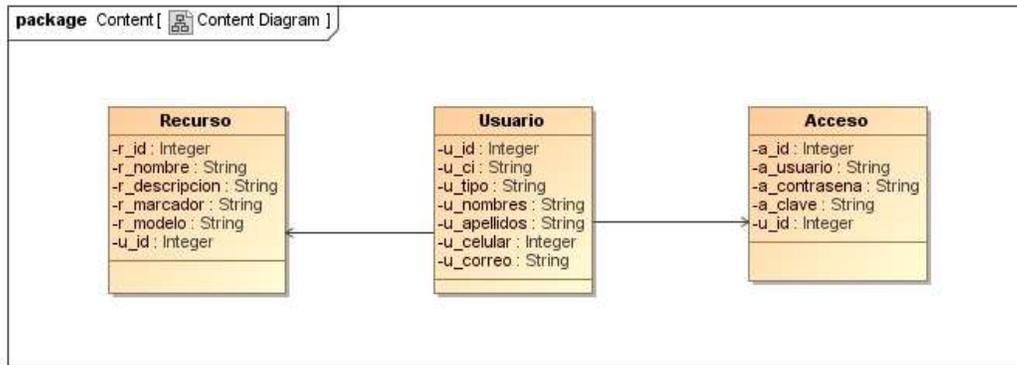


Figura 3.4. Modelo de contenido.

Tabla 3.3. Diccionario de Datos.

TABLA	NOMBRE DE CAMPO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
USUARIO	u_id	integer(11)	Clave primaria
	u_ci	varchar(11)	Cedula de identidad
	u_tipo	varchar(2)	Tipo de usuario
	u_nombres	varchar(50)	Nombres
	u_apellidos	varchar(50)	Apellidos
	u_celular	integer(8)	Numero de celular
	u_correo	varchar(100)	Correo electrónico
ACCESO	a_id	integer(11)	Clave primaria
	a_usuario	varchar(25)	Nombre de usuario
	a_contrasena	varchar(50)	Contraseña
	a_clave	varchar(32)	Clave de seguridad
	u_id	integer(11)	Clave foránea que relaciona con la tabla usuario

RECURSO	r_id	integer(11)	Clave primaria
	r_nombre	varchar(50)	Nombre del recurso
	r_descripcion	varchar(255)	Descripción del recurso
	r_marcador	varchar(100)	Enlace al marcador
	r_modelo	varchar(100)	Enlace al modelo 3D
	u_id	integer(11)	Clave foránea que relaciona con la tabla usuario

C. MODELO DE NAVEGACIÓN

En la Figura 3.5 se presenta el modelo de navegación de la plataforma, donde los distintos nodos, enlaces de la estructura de hipertexto, el diseño de las rutas de navegación y la relación que existe entre los distintos nodos del sistema, se encuentran caracterizados por estereotipos definidos por UWE. Dichos nodos se encuentran agrupados en paquetes para poder clasificarlos según al tipo de gestión del sistema al que pertenece, el cual puede ser de docente o de estudiante.

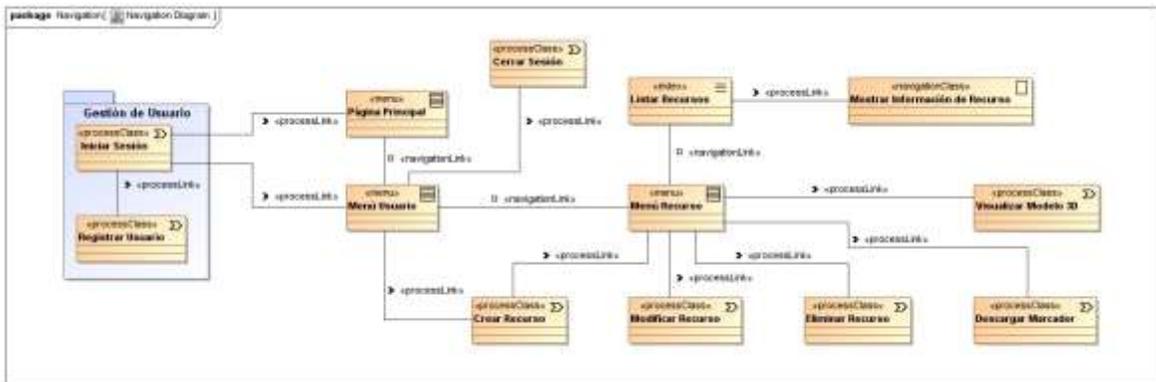


Figura 3.5. Modelo de Navegación.

D. MODELO DE PRESENTACIÓN

Al contar con los modelos de requerimientos, de contenido y de navegación se procedió a maquetar la interfaz del sistema, tomando en cuenta la interacción de las clases de presentación que se muestran en las siguientes Figuras 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11 y su descripción en las Tablas 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9.

P.1. Formulario de Inicio de sesión

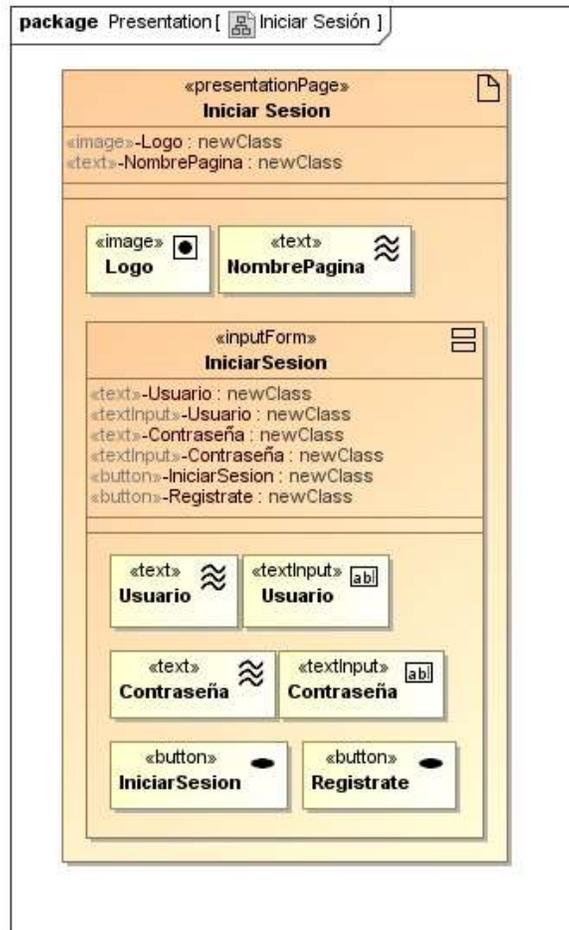


Figura 3.6. Maqueta del formulario de Inicio de Sesión

Tabla 3.4. Descripción del formulario de Inicio de Sesión

DESCRIPCIÓN	TEXTO
Esta pantalla permite iniciar sesión mediante un usuario y contraseña que está ubicado en el centro de la pantalla.	T1: Usuario
	T2: Contraseña
Con el botón “Iniciar Sesión” el usuario accede a la plataforma y con el botón “Regístrate” el usuario accede al formulario de registro.	INTERACTIVIDAD
	AD
	B1: Iniciar Sesión
	B2: Regístrate

P.2. Formulario de Registro

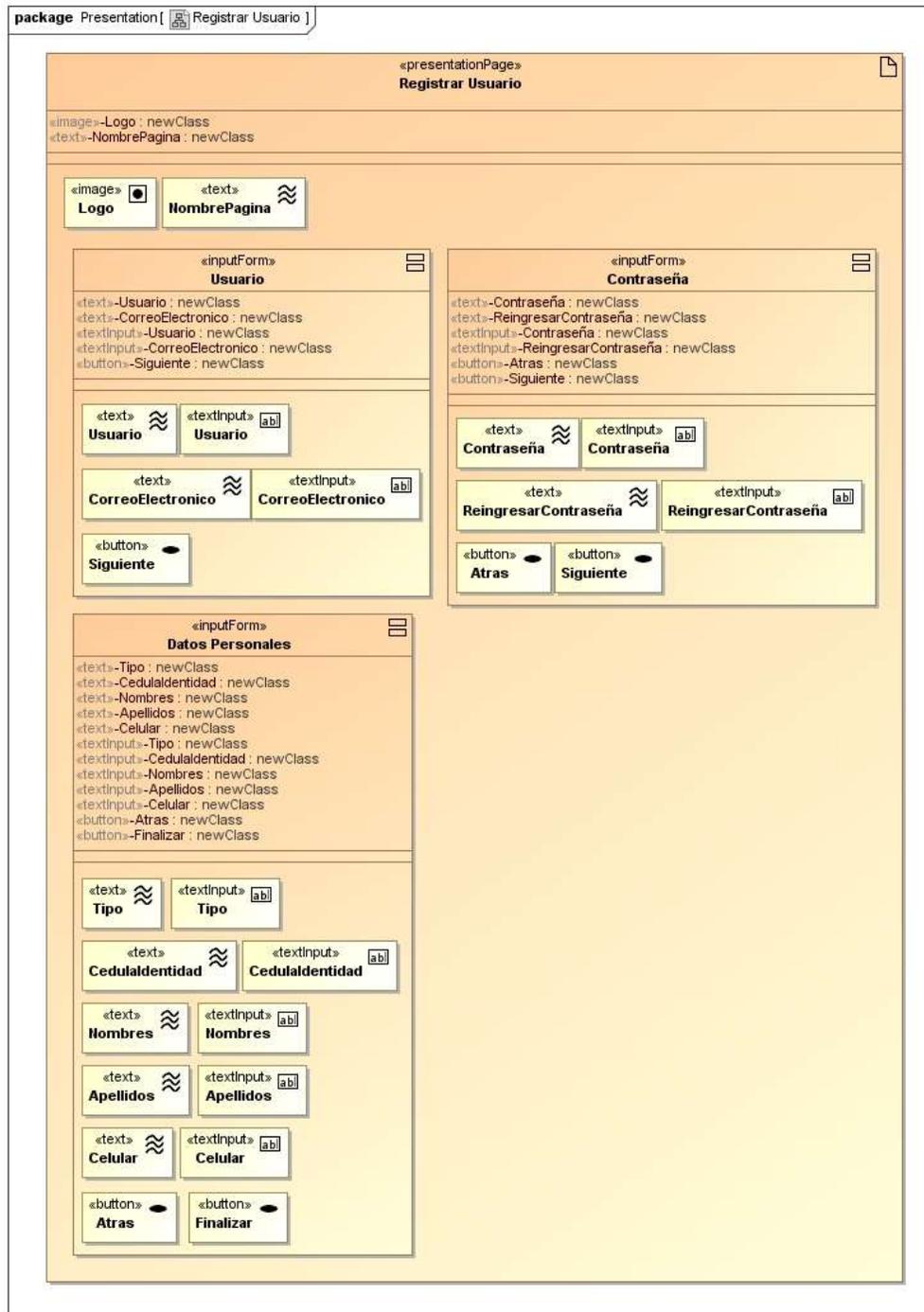


Figura 3.7. Maqueta del formulario de Registro (A: Usuario, B: Contraseña y C: Datos personales)

Tabla 3.5. Descripción del formulario de Registro

DESCRIPCIÓN	TEXTO
<p>Estas pantallas permiten a un usuario registrarse, ubicados en el centro de la pantalla, dividido en 3 contenedores:</p> <p>Usuario: Se registra el nombre de usuario y el correo electrónico.</p> <p>Contraseña: Se registra la contraseña y se re-ingresa la misma para verificar.</p> <p>Datos personales: Se registra el tipo de usuario, cédula de identidad, nombres, apellidos y celular.</p> <p>Los botones disponibles son “Siguiente” que llevan al próximo contenedor, “Atrás” que llevan al anterior contenedor y “Finalizar” con el que queda registrado el usuario en la plataforma.</p>	<p>T1: Usuario T6: Cedula de identidad</p> <p>T2: Correo electrónico T7: Nombres</p> <p>T3: Ingrese contraseña T8: Apellidos</p> <p>T4: Re-ingrese contraseña T9: Celular</p> <p>T5: Tipo de usuario</p>
	INTERACTIVIDAD
	<p>B1: Siguiente</p> <p>B2: Atrás</p> <p>B3: Finalizar</p> <p>C1: Usuario</p> <p>C2: Contraseña</p> <p>C3: Datos personales</p>

P.3. Pantalla Principal

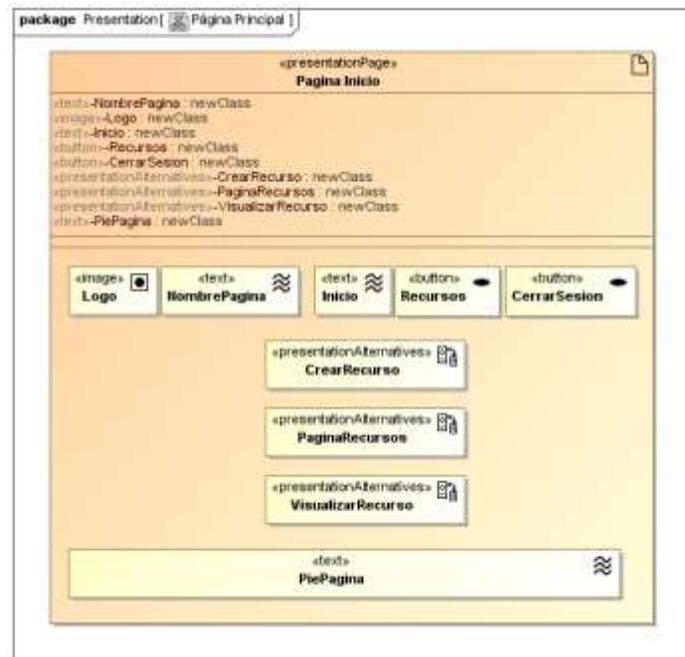


Figura 3.8. Maqueta de la Pantalla Principal

Tabla 3.6. Descripción de la Pantalla Principal

DESCRIPCIÓN	TEXTO
Una vez se inicia sesión, se accede a la pantalla principal donde se tiene en la parte superior el logo y nombre de la plataforma, a su lado el menú con contenedores y enlaces, al centro de la página los botones de navegación y en la parte inferior el pie de página.	T1: Nombre de Pagina T2: Pie de Pagina
	INTERACTIVIDAD
	C1: Enlaza a la página Inicio C2: Enlaza a la página Recursos E1: Cierra la sesión B1: Enlaza a la página Crear Recurso B2: Enlaza a la página Recursos B3: Enlaza a la visualización del recurso
	GRÁFICOS
	G1: Logo de la plataforma

P.4. Página Recursos

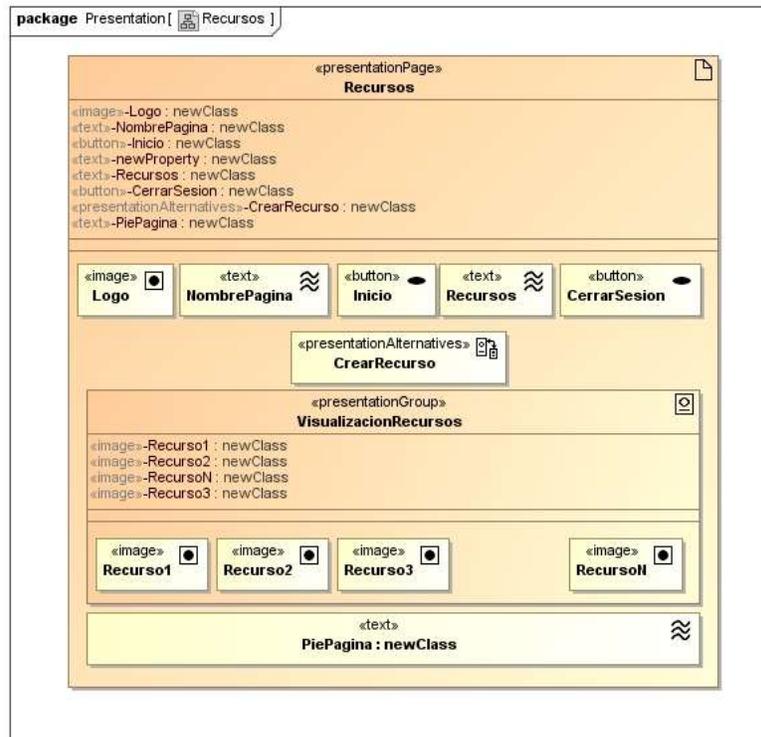


Figura 3.9. Maqueta de la página de Recursos

Tabla 3.7. Descripción de la página de Recursos

DESCRIPCIÓN	TEXTO
Cuando se accede al contenedor Recursos, se mantiene el logo y nombre de la plataforma, a su lado el menú con contenedores y enlaces, al centro de la página el botón de navegación con el contenedor de recursos creados y en la parte inferior el pie de página.	T1: Nombre de la plataforma T2: Pie de página
	INTERACTIVIDAD
	C1: Enlaza a la página Inicio C2: Enlaza a la página Recursos C3: Visualiza todos los recursos creados E1: Cierra la sesión B1: Enlaza a la página Crear Recurso
	GRÁFICOS
	G1: Logo de la plataforma

P.5. Crear/Modificar Recurso

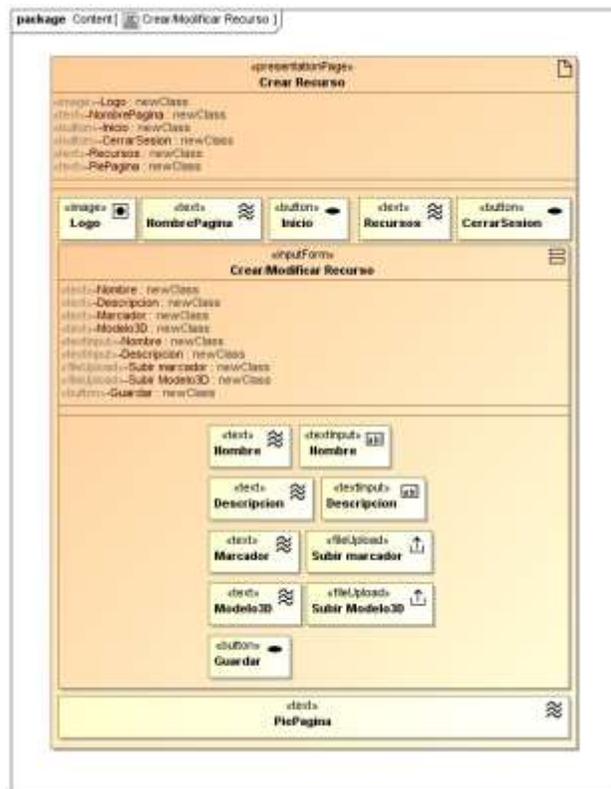


Figura 3.10. Maqueta para el formulario Crear/Modificar Recurso

Tabla 3.8. Descripción para el formulario Crear/Modificar Recurso

DESCRIPCIÓN	TEXTO
Cuando se accede a Crear/Modificar Recurso, se mantiene el logo y nombre de la plataforma, a su lado el menú con contenedores y enlaces, al centro de la página el formulario de recurso y en la parte inferior el pie de página.	T1: Nombre de la plataforma
	T2: Nombre de recurso
	T3: Descripción del recurso
	T4: Pie de página
	INTERACTIVIDAD
	C1: Enlaza a la página Inicio
	C2: Enlaza a la página Recursos
	E1: Cierra la sesión
	B1: Subir marcador
	B2: Subir modelo 3D
	B3: Guardar
	GRÁFICOS
	G1: Logo de la plataforma

P.6. Opciones de un Recurso

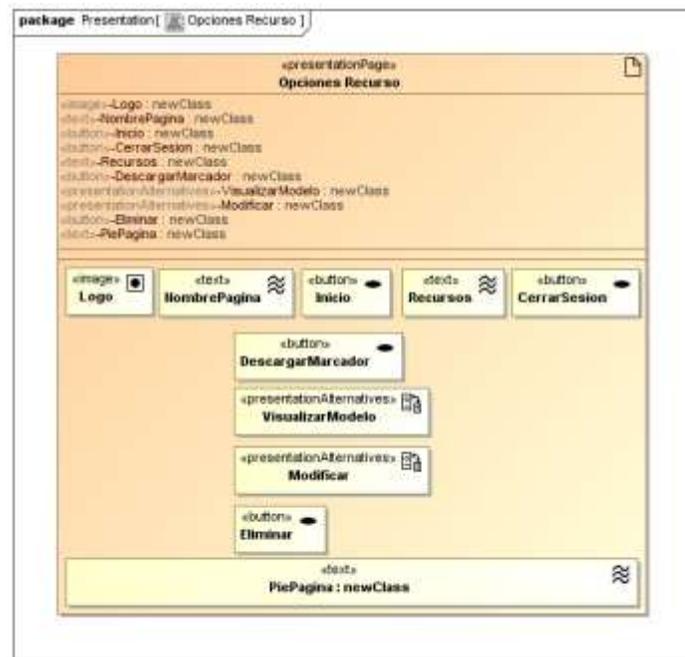


Figura 3.11. Maqueta para Opciones de un Recurso

Tabla 3.9. Descripción para Opciones de un Recurso

DESCRIPCIÓN	TEXTO	
Cuando se ingresa a un recurso ya creado, se mantiene en la parte superior el logo y nombre de la plataforma, a su lado el menú con contenedores y enlaces, al centro de la página los botones de navegación y en la parte inferior el pie de página.	T1: Nombre de la plataforma	
	T2: Pie de página	
	INTERACTIVIDAD	
	C1: Enlaza a la página Inicio	
	C2: Enlaza a la página Recursos	
	E1: Cierra la sesión	
	B1: Descargar marcador	
	B2: Visualizar modelo 3D	
	B3: Enlaza a la página Modificar Recurso	
	B4: Elimina recurso	
GRÁFICOS		
G1: Logo de la plataforma		

3.2.1.2. DESARROLLO

En el desarrollo de la iteración 1 se realizó la primera interfaz gráfica, el cual refleja una interfaz sencilla e intuitiva, con base elaborada en la fase de diseño, a continuación, se muestra como quedó la aplicación en las Figuras 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 y 3.16.

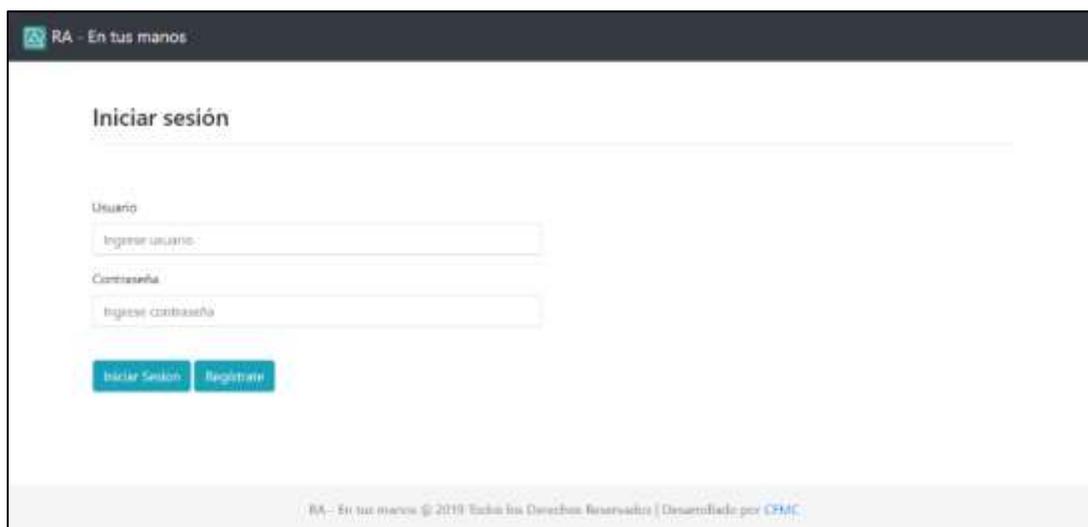


Figura 3.12. Formulario - Iniciar sesión

RA - En tus manos

Registro de usuarios

Usuario | Contraseña | **Datos Personales**

Tipo de usuario:
 << Seleccione >>

Cédula de identidad

Nombre(s)

Apellido(s)

Celular

Atras Finalizar

Centro de Estudios Multidisciplinarios Bolivia © 2018 Todos los Derechos Reservados | Desarrollado por CFMC

Figura 3.13. Formulario – Registro de usuarios

RA - En tus manos Inicio Recursos Cerrar sesión

RA - Crear Recurso

Nombre
 Ingresa nombre

Descripción
 Ingresa descripción

Selecciona un marcador
 Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado

Selecciona un modelo 3D
 Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado

Guardar

RA - En tus manos © 2018 Todos los Derechos Reservados | Desarrollado por CFMC

Figura 3.14. Creación de un nuevo recurso



Figura 3.15. Opciones de un recurso



Figura 3.16. Visualización de un recurso

3.2.2. ITERACIÓN 2

3.2.2.1. EVALUACIÓN

Durante la primera iteración se consiguió el propósito básico de la plataforma, pero se encontraron muchos detalles a mejorar durante el desarrollo, por lo que se propone los siguientes cambios:

- ✓ Agregar la opción de Modificar Usuario
- ✓ Agregar la opción Recuperar Contraseña
- ✓ Agregar a Opciones de Recurso:
 - Video
 - Presentación
 - Enlaces
- ✓ Crear las siguientes clases, para mejorar la organización de Recursos:
 - Tema
 - Categoría

En la Tabla 3.10 se describe los cambios sugeridos para esta iteración, se adicionó los requisitos funcionales y se realizó un nuevo diagrama de flujo con las modificaciones que se muestran en la Figura 3.17.

Tabla 3.10. Cuadro de requerimientos funcionales (Iteración 2).

REQUISITOS FUNCIONALES	
-	Formulario de Recuperar Contraseña
-	Modificar un usuario
-	Creación de Tema y Categoría
-	Se agrega las opciones de recurso
○	Video
○	Presentación
○	Enlaces

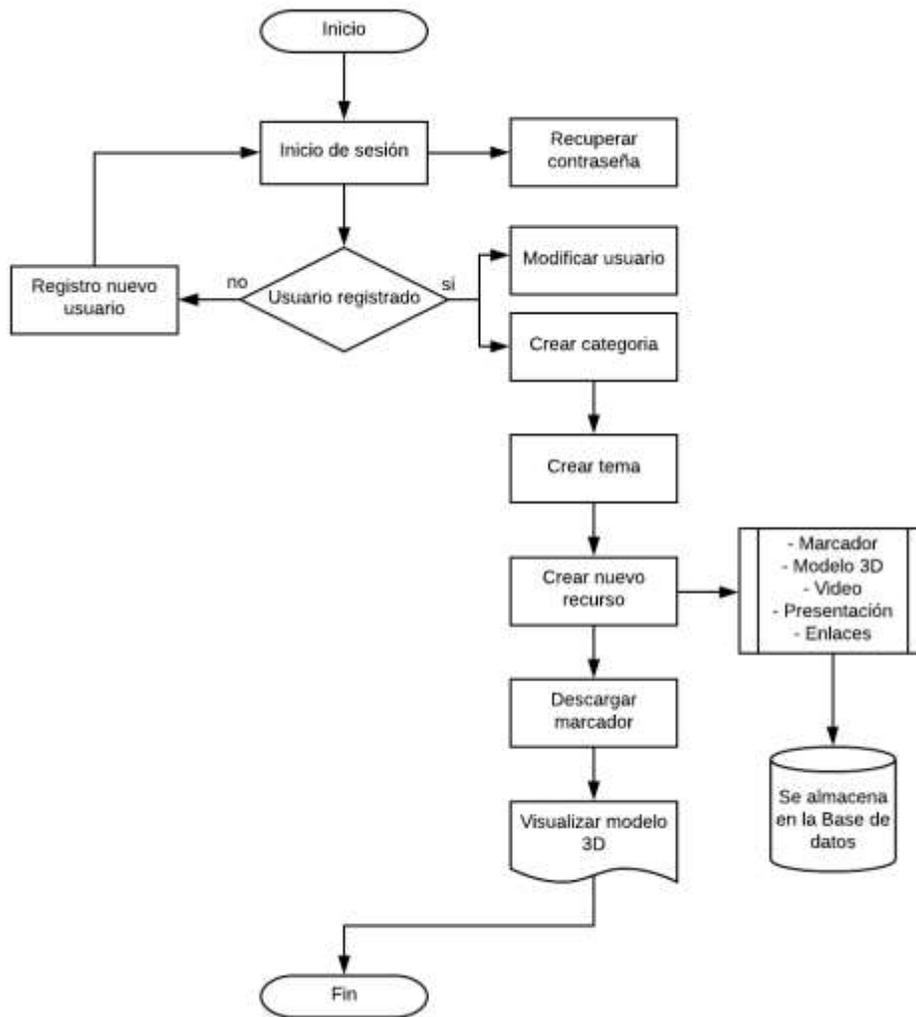


Figura 3.17. Diagrama de flujo: Plataforma web (Iteración 2).

3.2.2.2. DISEÑO

A. MODELO DE REQUERIMIENTOS

Bajo los nuevos requisitos funcionales se elaboró el diagrama de casos de uso modificando el comportamiento de interacción, que se puede apreciar en la Figura 3.18.

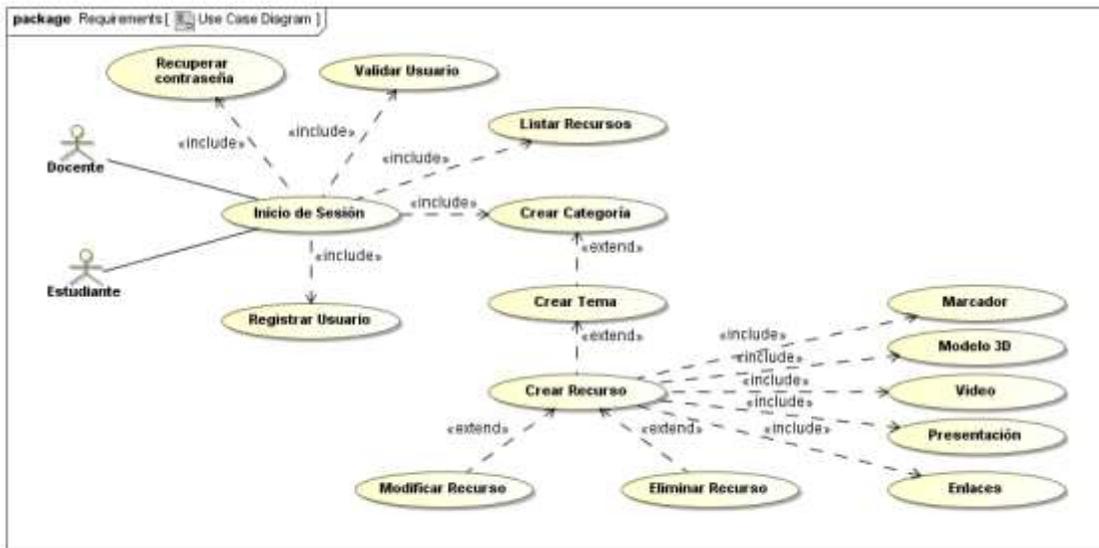


Figura 3.18. Diagrama de Casos de Uso: Plataforma Web (Iteración 2)

B. MODELO DE CONTENIDO

Con el nuevo diseño se modificó el modelo de contenido, se adicionó las clases sugeridas en los cambios que ahora forman parte de la plataforma, se puede visualizar en la Figura 3.19, cuya función se detalla en el diccionario de datos de la Tabla 3.11.

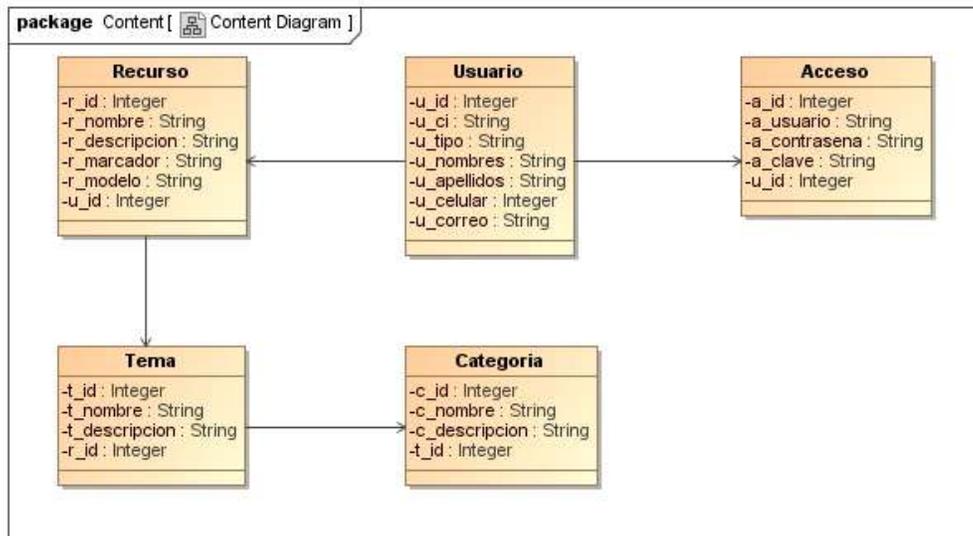


Figura 3.19. Modelo de Contenido (Iteración 2).

Tabla 3.11. Diccionario de Datos (Iteración 2).

TABLA	NOMBRE DE CAMPO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
USUARIO	u_id	integer(11)	Clave primaria de usuario
	u_ci	varchar(11)	Cedula de identidad
	u_tipo	varchar(2)	Tipo de usuario
	u_nombres	varchar(50)	Nombres
	u_apellidos	varchar(50)	Apellidos
	u_celular	integer(8)	Numero de celular
	u_correo	varchar(100)	Correo electrónico
ACCESO	a_id	integer(11)	Clave primaria de acceso
	a_usuario	varchar(25)	Nombre de usuario
	a_contrasena	varchar(50)	Contraseña
	a_clave	varchar(32)	Clave de seguridad
	u_id	integer(11)	Clave foránea que relaciona con la tabla usuario
RECURSO	r_id	integer(11)	Clave primaria de recurso
	r_nombre	varchar(50)	Nombre del recurso
	r_descripcion	varchar(255)	Descripción del recurso
	r_marcador	varchar(100)	Enlace al marcador
	r_modelo	varchar(100)	Enlace al modelo 3D
	u_id	integer(11)	Clave foránea que relaciona con la tabla usuario
TEMA	t_id	integer(11)	Clave primaria de tema
	t_nombre	varchar(50)	Nombre del tema
	t_descripcion	varchar(255)	Descripción del tema
	r_id	integer(11)	Clave foránea que relaciona con la tabla recurso
CATEGORÍA	c_id	integer(11)	Clave primaria de categoría
	c_nombre	varchar(50)	Nombre de la categoría
	c_descripcion	varchar(255)	Descripción de la categoría
	t_id	integer(11)	Clave foránea que relaciona con la tabla tema

C. MODELO DE NAVEGACIÓN

Se elabora el nuevo modelo de navegación, adicionando los cambios sugeridos para la plataforma y con esto se tiene la Figura 3.20.

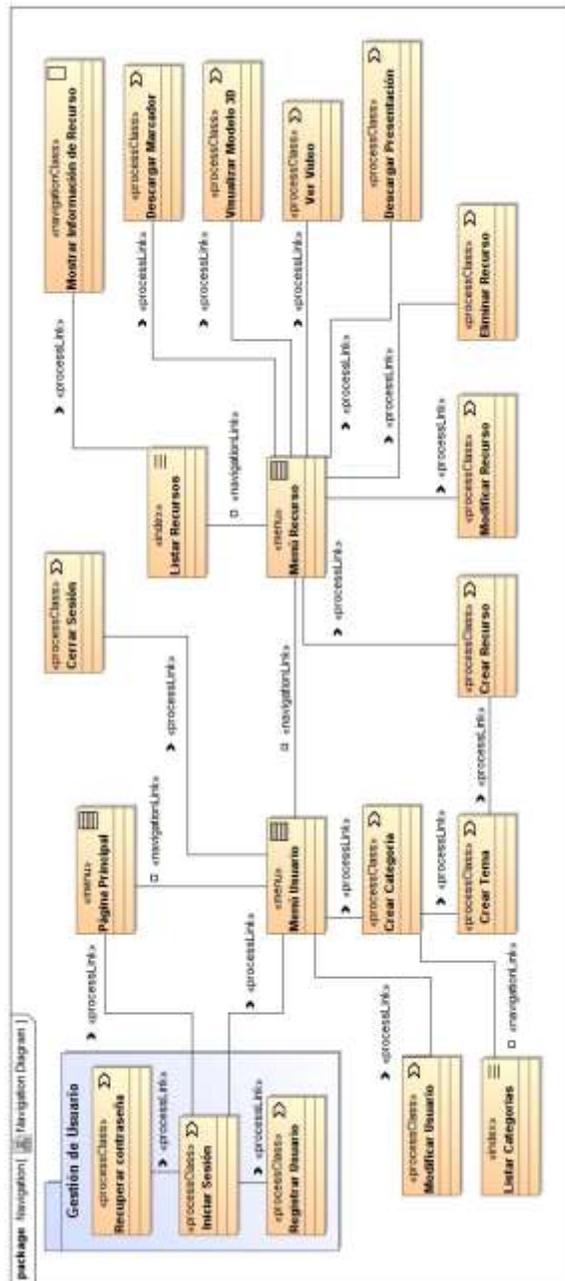


Figura 3.20. Modelo de Navegación (Iteración 2).

D. MODELO DE PRESENTACIÓN

De acuerdo al modelo de requerimientos, contenido y navegación se obtuvieron los diagramas del modelo de presentación actualizados con los cambios propuestos para esta iteración, que se aprecian en las Figuras 3.21, 3.22, 3.23 y 3.24.

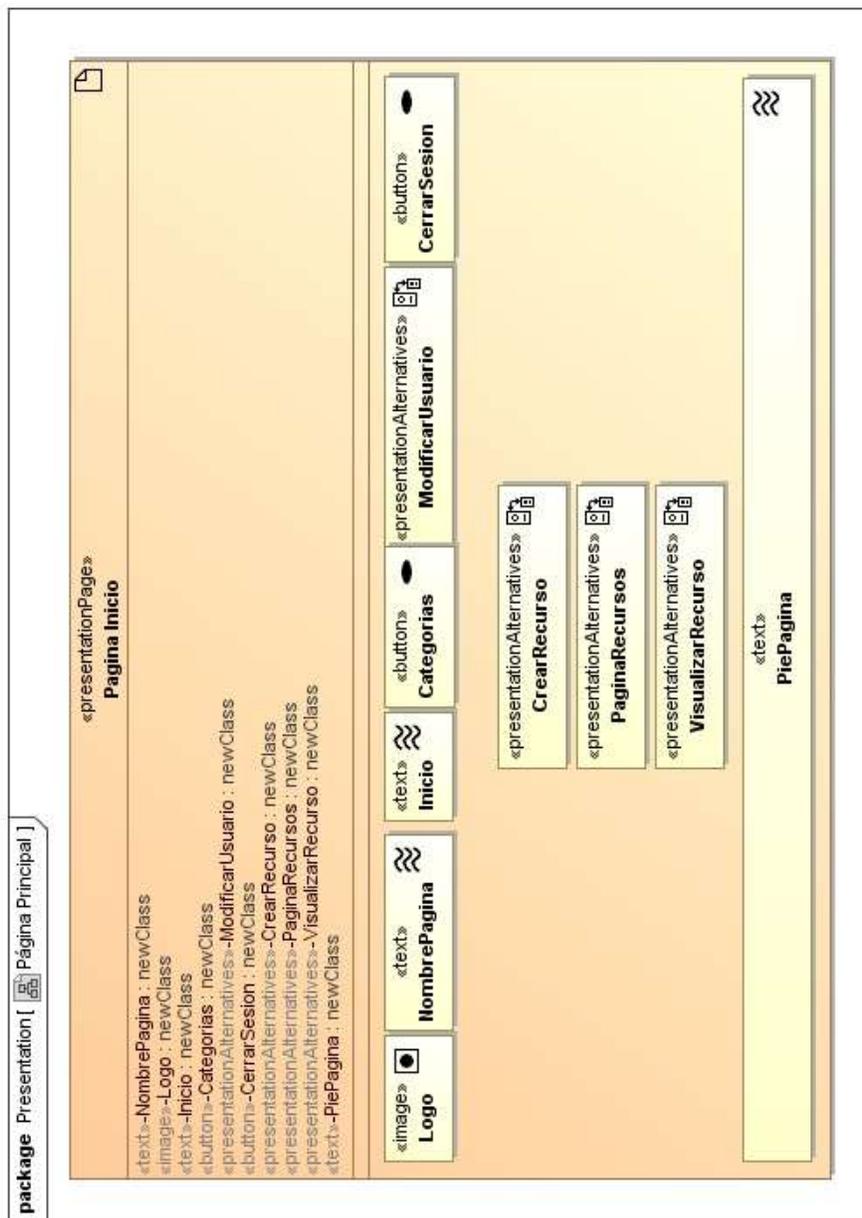


Figura 3.21. Maqueta de la Pantalla Principal (Iteración 2)

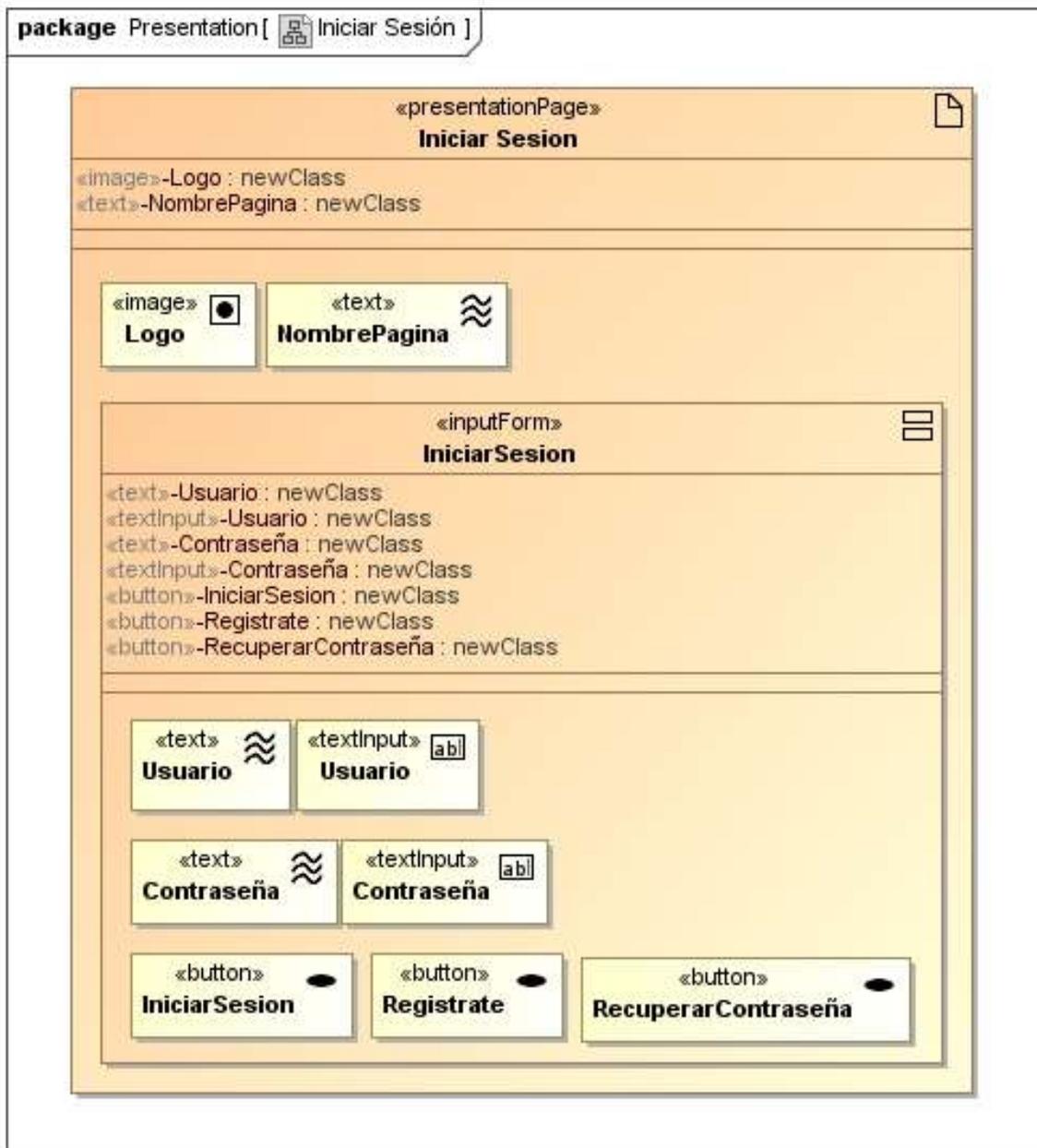


Figura 3.22. Maqueta del formulario de Inicio de Sesión (Iteración 2)

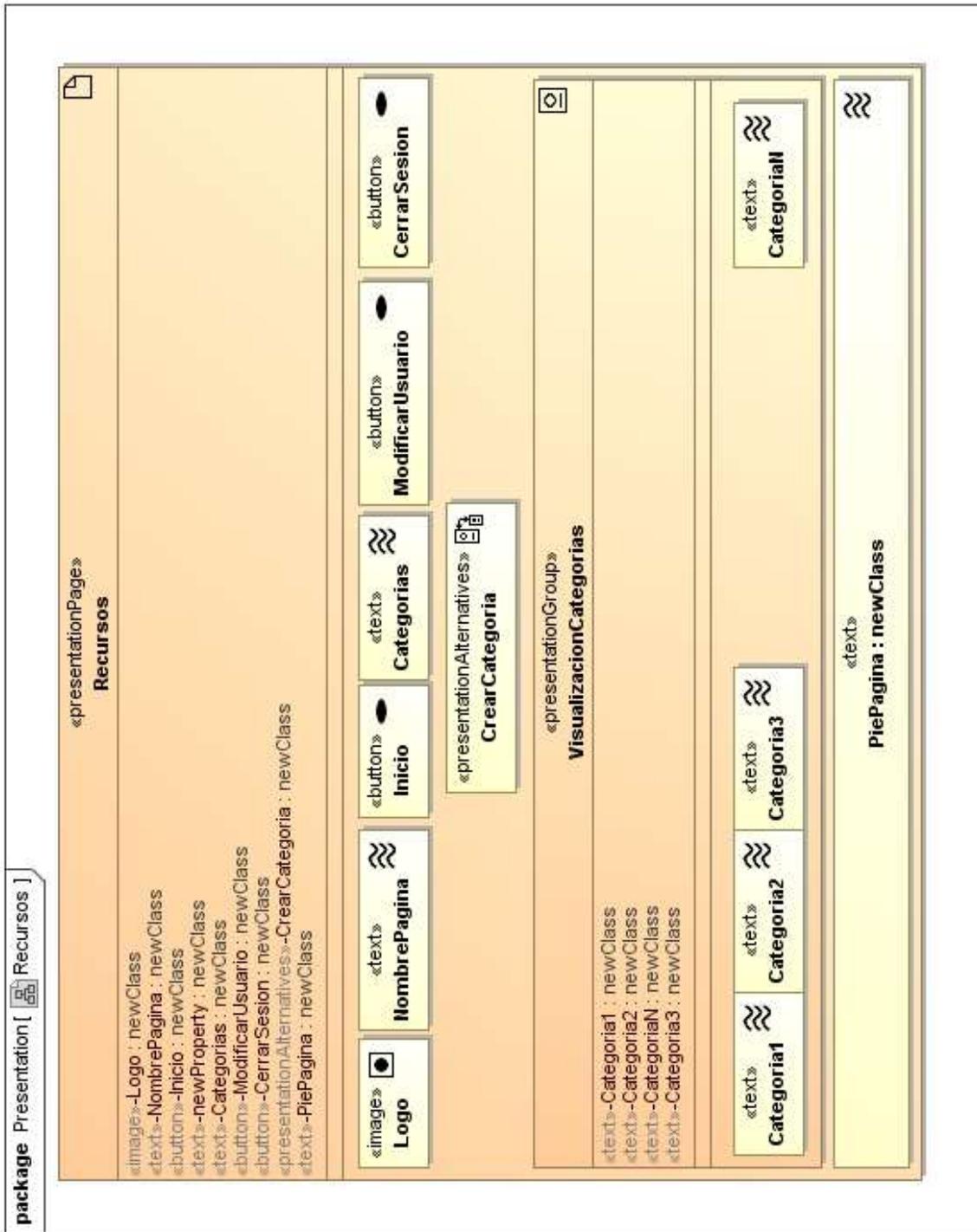


Figura 3.23. Maqueta de la página Categoría

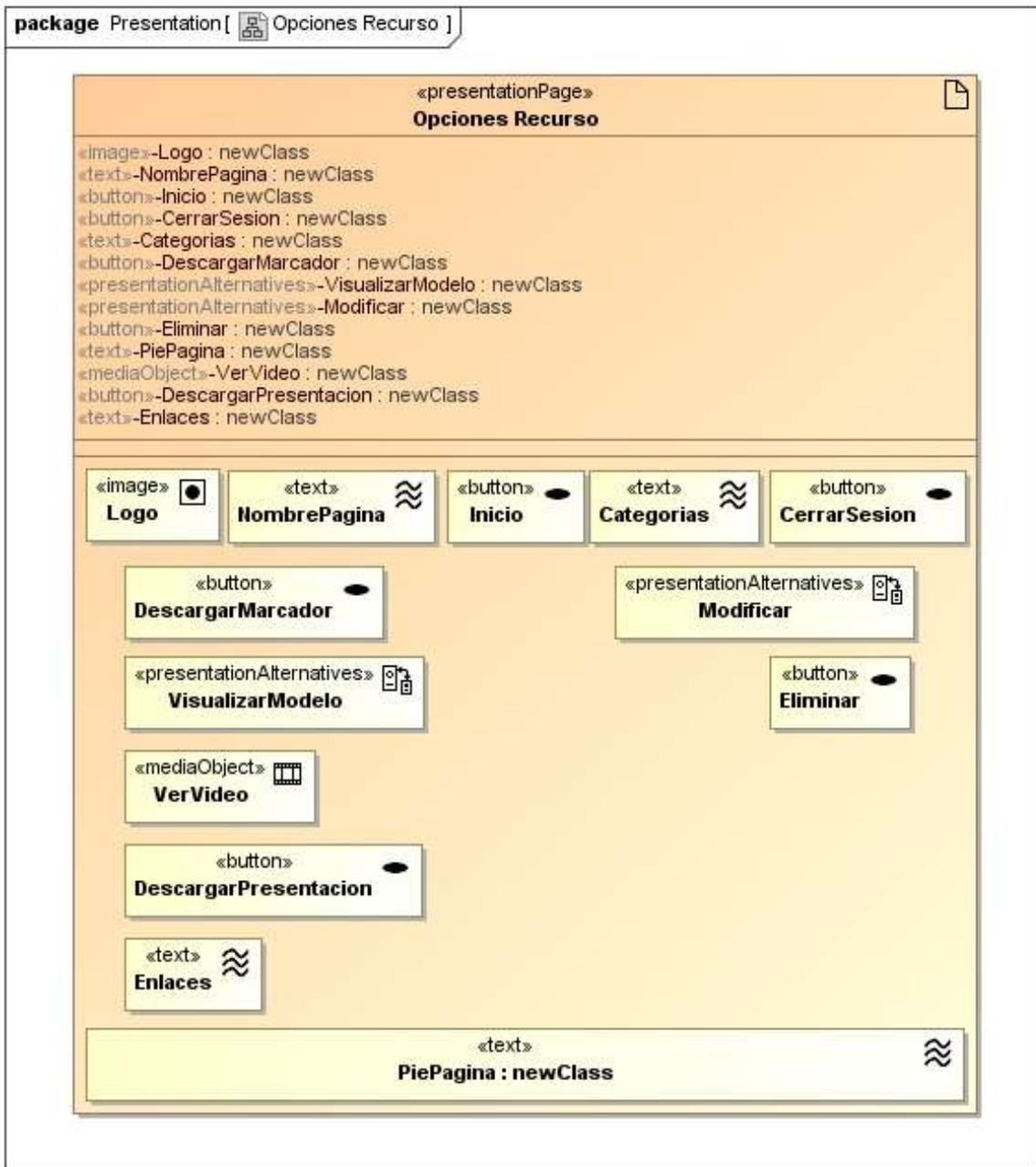


Figura 3.24. Maqueta de las opciones de Recurso (Iteración 2)

3.2.2.2. DESARROLLO

En esta nueva iteración se realizó los cambios a la interfaz gráfica, con base al nuevo modelo de presentación elaborado en la fase de diseño, del cual se obtiene las Figuras 3.25, 3.26 y 3.27, que son las más significativas en esta iteración.



Figura 3.25. Pantalla Principal (Iteración 2)

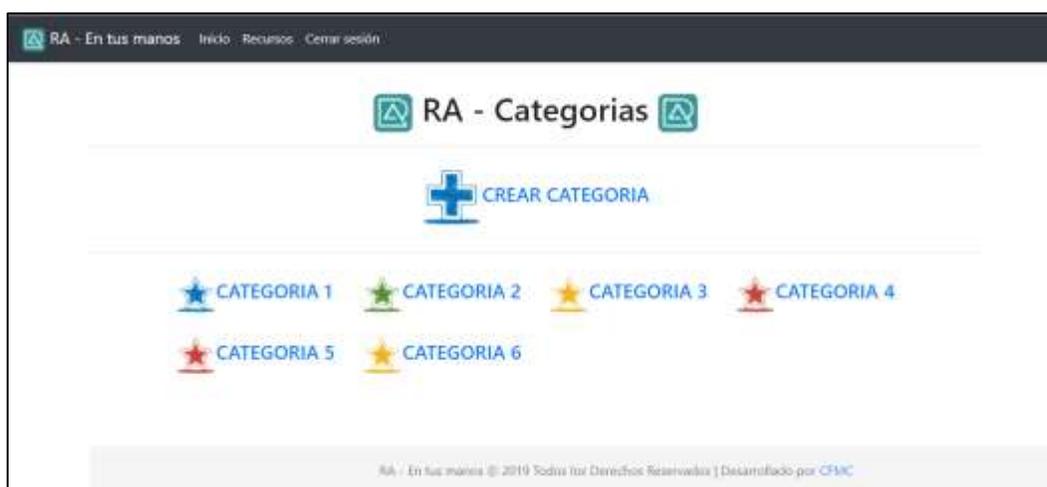


Figura 3.26. Pagina Categorías (Iteración 2)



Figura 3.27. Página Opciones de Recurso (Iteración 2)

IV

EVALUACIÓN DE

RESULTADOS

IV. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En el capítulo siguiente se establece la validez de la hipótesis, en principio se procederá a la recolección de datos para aplicar el método Kano de satisfacción del cliente para determinar el grado de satisfacción de la plataforma.

4.1. APLICACIÓN DEL MÉTODO KANO

4.1.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE SATISFACCIÓN

Para lograr identificar las variables a estudiar durante la investigación, se tomará en cuenta como base el modelado de requerimientos de cada iteración que ofrecen los atributos que deben ser evaluados y validados.

Las variables extraídas de la información son las siguientes:

Tabla 4.1. Variables de estudio.

Nº	VARIABLES
1	Inicio de sesión
2	Registro de usuario
3	Creación de un recurso
4	Opciones de un recurso
5	Creación de una categoría
6	El texto es fácil de leer
7	Diseño de la pantalla principal
8	Diseño visualmente atractivo
9	Tiempo de carga del modelo 3D
10	Carga rápida de la plataforma
11	Facilidad al operar la plataforma

4.1.2. DESARROLLO DEL CUESTIONARIO

A partir de la lista de atributos extraída de la información proporcionada, se procedió con la elaboración del instrumento de medición de satisfacción, que se observa en el Anexo 4.

El cuestionario de Kano se compone de dos preguntas por cada uno de los atributos que se pretende medir. La primera de estas preguntas es llamada funcional, porque mide la respuesta de los encuestados si tuvieran el atributo en cuestión. La segunda pregunta es llamada disfuncional porque mide la respuesta de los encuestados si NO tuvieran el atributo que se está midiendo.

En este caso el instrumento de medición (cuestionario), consta de 22 preguntas, 11 funcionales o positivas y 11 disfuncionales o negativas, con única respuesta. El cual se puede observar en el Anexo 4.

4.1.3. RECOLECCIÓN DE DATOS

Se aplicaron encuestas online a través de sitios y redes sociales relacionadas con interés en la RA. Aplicamos un enfoque cuantitativo por ser un proceso secuencial y deductivo. Los autores (Hernández, 2006) indican que este enfoque usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico.

A. TAMAÑO DE LA MUESTRA

La técnica que se utilizó fue no probabilística. El muestreo se llevó a cabo mediante subgrupos homogéneos ya que escoge una muestra pequeña lo más homogénea posible.

Morales (2012) que cita a Nunnally (1978) indica que debe de haber al menos unos cinco sujetos por ítem inicial, por lo tanto, si se parte de 11 ítems, se aplicaron como mínimo 55 encuestas a usuarios de RA.

Se repartió el cuestionario en 4 grupos de usuarios divididos por edades, que se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Grupos de usuario para los cuestionarios.

GRUPO	CANTIDAD	EDADES
1	10	Niños de entre 10 y 13 años
2	15	Adolescentes de entre 14 y 17 años
3	15	Jóvenes de entre 18 y 24 años
4	15	Adultos de 25 años en adelante
TOTAL	55	Cuestionarios evaluados para la investigación

4.1.4. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES

Luego del desarrollo de la encuesta a los usuarios de la plataforma, se procedió aplicar el modelo de evaluación de satisfacción de Kano.

4.1.4.1. DATOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS

Se obtuvo el archivo de cada una de las respuestas, las cuales están numeradas del 1 al 5, correspondiente a cada pregunta funcional y disfuncional del cuestionario, aplicado a los usuarios que utilizaron la plataforma, que se pueden observar en la Anexo 5.

4.1.4.2. PROCESAMIENTO DEL MODELO

Luego de dar el significado de cada combinación de respuestas, se muestra el resultado de las encuestas efectuadas a los usuarios, aplicando el modelo anteriormente mencionado en el Anexo 6.

4.1.4.3. RESULTADOS DE EVALUACIÓN

Después de tener todas las respuestas de las encuestas evaluadas, según la tabla de evaluación del Modelo Kano, como se muestra en el Anexo 6, se procedió a clasificar los atributos según la clasificación del modelo de satisfacción mencionado anteriormente. En este paso los resultados individuales de los criterios de la investigación se enumeraron en una tabla de resultados que demuestra la distribución total de las categorías del requisito.

La clasificación es de acuerdo a la frecuencia de usuarios, en donde se realiza un resumen de los atributos individuales de la plataforma con sus respectivas clasificaciones en las categorías de atributos que se obtiene de la Tabla 4.3 de resultados.

Tabla 4.3. Tabla de Resultados del Modelo Kano según la Frecuencia.

VARIABLES	A	O	M	R	Q	I	TOTAL	CALIFICACIÓN
Inicio de sesión	40	15	0	0	0	0	55	A
Registro de usuario	26	7	4	6	0	12	55	A
Creación de un recurso	28	11	1	3	0	12	55	A
Opciones de un recurso	20	4	0	20	0	11	55	A
Creación de una categoría	25	14	0	12	0	4	55	A
El texto es fácil de leer	11	6	0	37	0	1	55	R
Diseño de la pantalla principal	39	10	0	4	0	2	55	A
Diseño visualmente atractivo	5	2	0	46	0	2	55	R
Tiempo de carga del modelo 3D	31	23	0	0	0	1	55	A
Carga rápida de la plataforma	2	2	0	48	0	3	55	R
Facilidad al operar la plataforma	16	2	0	37	0	0	55	R

4.1.4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Mediante el diagrama de Pareto pudimos detectar cuales son las variables más relevantes de nuestra investigación, y de esta manera, según los resultados obtenidos con la evaluación del modelo Kano, se pudo clasificarlas entre las categorías atractivas y opuestas.

A. DIAGRAMA DE PARETO PARA ATRIBUTOS ATRACTIVOS

Para efectuar el diagrama de la Tabla 4.4, se tomó como base la información de la Tabla 4.2, de donde se extrajo la lista de variables junto con la frecuencia en los atributos atractivos, se ordenaron por frecuencia de mayor a menor, se creó una columna en donde se hizo la

frecuencia acumulada de los datos y posteriormente se calculó el porcentaje acumulado de respuestas.

Tabla 4.4. Diagrama de Pareto Atributos Atractivos.

VARIABLES	FRECUENCIA	%ACUMULADO	FRECUENCIA ACUMULADA
Inicio de sesión	40	16,46%	40
Diseño de la pantalla principal	39	32,51%	79
Tiempo de carga del modelo 3D	31	45,27%	110
Creación de un recurso	28	56,79%	138
Registro de usuario	26	67,49%	164
Creación de una categoría	25	77,78%	189
Opciones de un recurso	20	86,01%	209
Facilidad al operar la plataforma	16	92,59%	225
El texto es fácil de leer	11	97,12%	236
Diseño visualmente atractivo	5	99,18%	241
Carga rápida de la plataforma	2	100,00%	243

En la Figura 4.1 se generó el diagrama de Pareto para los atributos atractivos.

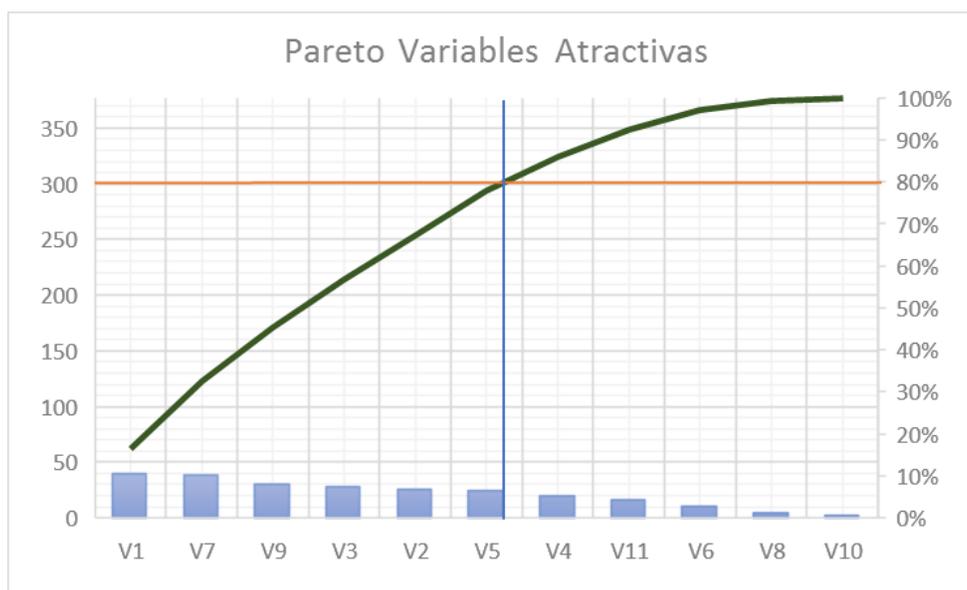


Figura 4.1. Diagrama de Pareto Atributos Atractivos

Al marcar sobre el gráfico una línea roja sobre el valor correspondiente al 80% del porcentaje acumulado, se obtiene que las variables más relevantes y atractivas para los usuarios de la plataforma, las cuales son:

- ✓ Inicio de sesión
- ✓ Diseño de la pantalla principal
- ✓ Tiempo de carga del modelo 3D
- ✓ Creación de un recurso
- ✓ Registro de usuario
- ✓ Creación de una categoría

Estas son las causas que están ocasionando el 80% de los atractivos en la plataforma, por lo que los esfuerzos destinados a mejorarlo deberían concentrarse en estos aspectos.

B. DIAGRAMA DE PARETO PARA ATRIBUTOS OPUESTOS

Para efectuar el diagrama, se tomó como base la información de la Tabla 4.2, de donde se extrajo la lista de variables junto con la frecuencia en los atributos opuestos, se ordenaron por frecuencia de mayor a menor, se creó una columna en donde se hizo la frecuencia acumulada de los datos y posteriormente se calculó el porcentaje acumulado de respuestas, de la Tabla 4.4.

Tabla 4.5. Diagrama de Pareto Atributos Opuestos.

VARIABLES	FRECUENCIA	%ACUMULADO	FRECUENCIA ACUMULADA
Carga rápida de la plataforma	48	20,96%	48
Diseño visualmente atractivo	46	41,05%	94
El texto es fácil de leer	37	57,21%	131
Facilidad al operar la plataforma	37	73,36%	168
Opciones de un recurso	20	82,10%	188
Registro de usuario	12	87,34%	200
Creación de un recurso	12	92,58%	212
Creación de una categoría	12	97,82%	224
Diseño de la pantalla principal	4	99,56%	228
Tiempo de carga del modelo 3D	1	100,00%	229
Inicio de sesión	0	100,00%	229

Luego de realizar esta tabla, se genera el diagrama de Pareto para los atributos opuestos que se ven en la Figura 4.2.

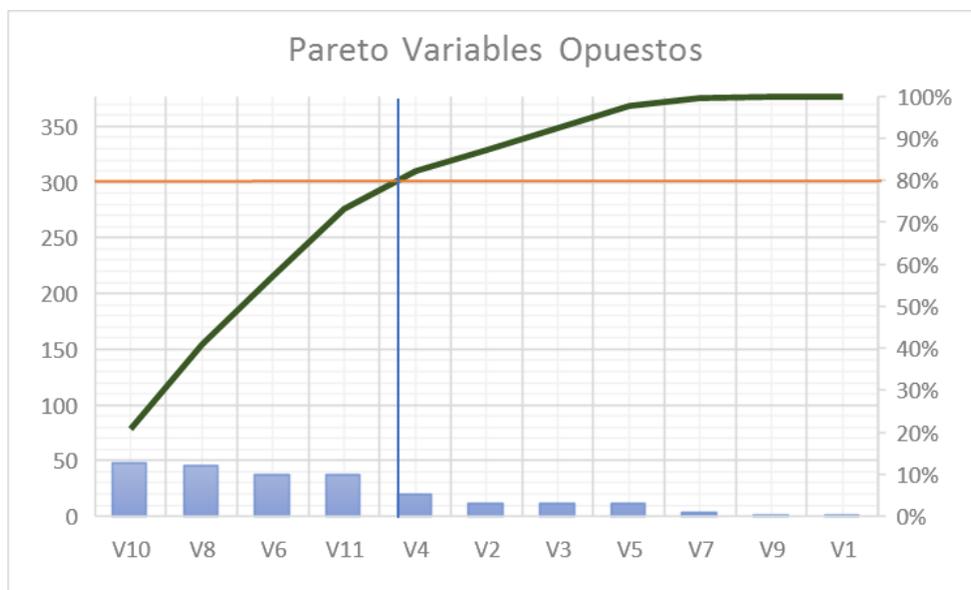


Figura 4.2. Diagrama de Pareto Atributos Opuestos.

Al marcar sobre el gráfico una línea verde sobre el valor correspondiente al 80% del porcentaje acumulado, se obtiene que las variables más relevantes y opuestas para los usuarios de la plataforma, las cuales son:

- ✓ Carga rápida de la plataforma
- ✓ Diseño visualmente atractivo
- ✓ El texto es fácil de leer
- ✓ Facilidad al operar la plataforma

Estas son las causas que están ocasionando el 80% de las insatisfacciones en este proceso, por lo que los esfuerzos destinados a mejorarlo deberían concentrarse en estos aspectos.

C. ANÁLISIS DE LOS COEFICIENTES DE SATISFACCIÓN E INSATISFACCIÓN DE ACUERDO A BERGER

Berger propone que el cálculo del coeficiente de satisfacción del usuario (coeficiente CS), indica si la satisfacción puede ser aumentada, cuando la plataforma cuente con un atributo en particular, o si satisfacer este atributo evita simplemente que le produzca insatisfacción al usuario.

Grado de satisfacción (CS):

$$\frac{\textit{Atractivos} + \textit{Unidimensionales}}{\textit{Atractivos} + \textit{Unidimensionales} + \textit{Obligatorios} + \textit{Indiferentes}}$$

Ecuación 4.1. Coeficiente de Satisfacción.

Aplicando la Ecuación 4.1. se obtiene el coeficiente de satisfacción de la plataforma:

$$\frac{243 + 96}{243 + 96 + 5 + 48} = 0.86$$

Este análisis se realizó para medir el grado de satisfacción en los beneficiados con respecto a los atributos que para ellos son atractivos.

Grado de insatisfacción (DS):

$$\frac{\textit{Obligatorios} + \textit{Unidimensionales} (-1)}{\textit{Atractivos} + \textit{Unidimensionales} + \textit{Obligatorios} + \textit{Indiferentes}}$$

Ecuación 4.2. Coeficiente de Insatisfacción.

Utilizando la Ecuación 4.2. se obtiene el coeficiente de insatisfacción de la plataforma:

$$\frac{5 + 96 (-1)}{243 + 96 + 5 + 48} = -0.26$$

Este análisis se realizó para medir el grado de insatisfacción en los beneficiados con respecto a los atributos que para ellos son opuestos.

Analizando los resultados arrojados por las operaciones realizadas anteriormente, el grado de satisfacción en los usuarios es alto en los atributos atractivos; esto quiere decir que si contaran con estos los usuarios estarían totalmente satisfechos, caso contrario ocurre con los atributos opuestos, con los cuales se encuentran totalmente insatisfechos por el hecho de no contar con estos atributos.

D. TEST DE SIGNIFICANCIA DE FONG

Cuando se interpretan los resultados del cuestionario Kano, los requerimientos son generalmente clasificados eligiendo la observación que tiene más frecuencias. Esta apreciación es buena cuando una de las respuestas domina la muestra, es decir, en el momento que la frecuencia es mucho mayor que las otras categorías. Cuando la diferencia entre dos categorías es más estrecha la clasificación de los requerimientos pierde claridad, una de las razones por las que ocurre esto es porque las categorías no son estadísticamente significativas. La fórmula general del estadístico de Fong es utilizada para determinar si existe una diferencia significativa entre las categorías con las frecuencias más votadas de cada atributo (Fong, 1996).

Se realizó igualmente una prueba estadística que consistió en calcular el total de las frecuencias absolutas, de las dos frecuencias más señaladas de las opciones: A (atractivo), O (obligatorio), U (unidimensional), I (Indiferente), R (Rechazo) y comparar estadística Q, la fórmula empleada es:

$$Q = \sqrt{\frac{(a + b)(2n - a - b)}{2n}}$$

Donde:

a, b = las frecuencias de los dos datos más frecuente

n = número total de respuestas

Ecuación 4.3. Prueba Estadística de Fong.

De la aplicación de esta fórmula se obtiene la Tabla 4.5 con los coeficientes de satisfacción e insatisfacción, valor Abs(a-b) y el test Q de significancia de Fong.

Tabla 4.6. Coeficientes de satisfacción e insatisfacción y test de significancia de Fong.

VARIABLE	CALIFICACIÓN	CS	DS	ABS(a-b)	Q
1	A	1,00	-0,27	25	1,44
2	A	0,67	-0,22	14	2,51
3	A	0,75	-0,23	16	2,37
4	A	0,69	-0,11	0	0,00
5	A	0,91	-0,33	11	1,96
6	R	0,94	-0,33	26	4,32
7	A	0,96	-0,20	29	2,31
8	R	0,78	-0,22	41	6,02
9	A	0,98	-0,42	8	0,89
10	R	0,57	-0,29	45	6,48
11	R	1,00	-0,11	21	3,83

La Figura 4.3 muestra un análisis global de requerimientos analizados en un grado de satisfacción e insatisfacción, además representa la existencia de 7 requerimientos como atractivos y 4 opuestos.



Figura 4.3. Diagrama global del coeficiente de satisfacción e insatisfacción de las variables.

V

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo finalizamos con las conclusiones y recomendaciones pertinentes para la tesis propuesta y desarrollada.

5.1. CONCLUSIONES

En el presente proyecto podemos concluir que la plataforma Web para generar recursos de Realidad Aumentada para entornos interactivos de enseñanza y aprendizaje tiene las siguientes conclusiones:

- ✓ Se generó un modelo de desarrollo para la utilización de realidad aumentada en la web, gracias a SAM, e-Learning y UWE.
- ✓ Se implementó con éxito la librería AR.js para poder utilizar la Realidad Aumentada en la plataforma.
- ✓ Se consiguió generar marcadores personalizados para la creación de cada recurso.
- ✓ Se visualizaron rápida y correctamente los modelos 3D propuestos en las iteraciones y desarrollo de la plataforma.
- ✓ Se desarrollo con éxito una plataforma web para generar recursos de realidad aumentada, que es amigable e intuitiva y puede accederse a través de los navegadores web Firefox, Chrome, Opera y Edge y otros.
- ✓ La plataforma web genera recursos de realidad aumentada, mejorando el proceso de enseñanza y aprendizaje para docentes y estudiantes de diferentes niveles educativos y conocimientos básicos de esta tecnología.
- ✓ Se probó la hipótesis con el modelo Kano, teniendo un porcentaje de 86% de satisfacción en los atributos atractivos propuestos.

5.2. RECOMENDACIONES

Después de todo el análisis, desarrollo y pruebas de la plataforma web, estamos satisfechos con su implementación, pero se puede mejorar y complementar módulos a la plataforma web e investigar con más profundidad la tecnología, por lo que sugerimos lo siguiente:

- ✓ Investigar sobre la librería A-Frame para poder mejorar la personalización de los marcadores e inclusive utilizar el entorno en vez de los marcadores.
- ✓ Utilizar la librería ARCore de Google para implementar funcionalidades y manipulación a los modelos 3D.
- ✓ La plataforma puede evolucionar si implementamos la tecnología de Realidad Virtual a la ya existente Realidad Aumentada, volviéndola una realidad Mixta, para mejorar la visualización de los modelos 3D.
- ✓ Incrementando las funcionalidades y módulos a la plataforma se puede llegar a construir un Aula Virtual como propone la metodología E-Learning.
- ✓ Aplicar el desarrollo de aplicaciones móviles para construir la app en diferentes sistemas operativos, que pueden ser IOS, Android, Windows Mobile y otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achour, M., Betz, F., Dovgal, A & Lopes, N. (2019). *Manual de PHP*. Recuperado de: <https://www.php.net/manual/es/>, acceso en 30/04/2019
- Alcolea, A. (2018). *Google muestra el futuro de ARCore, su apuesta por la realidad aumentada*. Recuperado de: <https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/google-muestra-futuro-arccore-su-apuesta-realidad-aumentada-247066>, acceso en 29/04/2018
- Arroyave, C., Maya, A. & Orozco, C. (2007). *Aplicación de la metodología QFD en el proceso de Ingeniería de requisitos*. Universidad EAFIT. Recuperado de: <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1354/525066.pdf>, acceso en 01/05/2019
- Arshavskiy, M. (2014). *Diseño Instruccional para Aprendizaje en Línea: Guía esencial para la creación de cursos exitosos de educación en línea*. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/Manchas44/libro-diseo-instruccional-en-lnea>, acceso en 26/04/2019
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Roueche, C. & Olabe, J.C. *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Bilbao, España: Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao. Recuperado de: <http://files.trendsandissues.webnode.com/200000010-3884839004/educamadrid-2007.pdf>, acceso en 29/04/2019
- Blázquez, A. (2017). *Realidad Aumentada en Educación*. Universidad Politécnica de Madrid. España. Recuperado de: http://oa.upm.es/45985/1/Realidad_Aumentada_Educacion.pdf, acceso en 01/05/2019

- Bernardo, A. (2013). *Google revela características técnicas de Google Glass*. Recuperado de: <https://hipertextual.com/2013/04/caracteristicas-de-google-glass>, acceso en 30/06/2019
- Busch, M. & Koch, N. (2009). *MagicUWE – A CASE Tool Plugin for Modeling Web Applications*. Recuperado de: http://www.pst.ifi.lmu.de/~kochn/icwe2009_busch_magicuwe.pdf, acceso en 01/05/2019
- Busch, M. & García de Dios, M. (2012). *ActionUWE: Transformation of UWE to ActionGUI Models*. Recuperado de: <http://uwe.pst.ifi.lmu.de/publications/ActionUWE.pdf>, acceso en 04/05/2019
- Cano, F. & Franco, B. (2013). *Realidad Aumentada Aplicada a Objetos de Aprendizaje para Asignaturas de Ingeniería Informática*. Colombia: Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Recuperado de: <http://eduteka.icesi.edu.co/gp/upload/5fb29c87337686de2bc60fc7e4037338.pdf>, acceso en 28/04/2019
- Chagyd, B. (2014). *Objeto de Aprendizaje basado en Realidad Aumentada para la enseñanza de la unidad curricular Introducción a la Computación en la Escuela de Computación de la Universidad de Nueva Esparta*. Recuperado de: <http://miunespace.une.edu.ve/jspui/handle/123456789/2492>, acceso en 28/04/2019
- Chimbo, E. & Tierra, D. (2012). *Estudio de la Realidad Aumentada Aplicada al Diseño Arquitectónico de Modelados 3D en el Web Site Epoch*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/2061>, acceso en 15/03/2019
- Chuquimia, H. (2014). *Aplicación de realidad aumentada como herramienta lúdica y pedagógica, orientada al proceso de enseñanza – aprendizaje*. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de:

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8403/T.2872.pdf>, acceso en 16/05/2019

Collado C. (2018). *Todos los móviles compatibles con ARCore, la realidad aumentada de Google para Android*. Recuperado de: <https://andro4all.com/2018/07/moviles-compatibles-arcore-realidad-aumentada-google-android>, acceso en 29/04/2019

Córdova, S., Barrios, I. & Loya, N. (2012). *Aplicaciones de Realidad aumentada para mejorar las capacidades cognitivas en estudiantes en un colegio de Perú*. Perú: Universidad Continental. Recuperado de: <https://repositorial.cuaed.unam.mx:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/3855/VE13.533.pdf>, acceso en 25/04/2019

Duart, J. & Lupiáñez, F. (2005). *Gestión y administración del e-learning en la universidad*. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1176420.pdf>, acceso en 26/04/2019

El mundo (2002). *ArQuake: la revolución del entretenimiento digital*. Recuperado de: <https://www.elmundo.es/navegante/especiales/2002/campusparty/noticia03.html>, acceso en 29/04/2019

Esteban, O. (2014). *Tutor Interactivo para el aprendizaje de la Zoología en niños de 8 a 10 años utilizando Realidad Aumentada*. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

Etienne, A. (2017). *Augmented Reality in 10 Lines of HTML*. Recuperado de: <https://medium.com/arjs/augmented-reality-in-10-lines-of-html-4e193ea9fdbf>, acceso en 01/05/2019

Etienne, J. (2017). *Creating Augmented Reality with AR.js and A-Frame*. Recuperado de: <https://aframe.io/blog/arjs/>, acceso en 01/05/2019

- Fabregat, R. (2012). *Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas*. Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3971545.pdf>, acceso en 22/04/2019
- Feiner, S., MacIntyre, B., Hollerer, T. & Webster A. (1997). *A touring machine: Prototyping 3d mobile augmented reality systems for exploring the urban environment*. Wearable Computers, IEEE International Symposium. Recuperado de: <http://graphics.cs.columbia.edu/publications.newer/iswc97.pdf>, acceso en 29/04/2019
- Flanagan, D. (2011). *JavaScript: The Definitive Guide*. 6th Edition. O'Reilly. Recuperado de: <http://www.stilson.net/documentation/javascript.pdf>, acceso en 01/05/2019
- Ghirardini, B. (2014). *Metodologías de E-learning. Una guía para el diseño y desarrollo de cursos de aprendizaje empleando tecnologías de la información y las comunicaciones E-learning*. FAO. Organización de las Naciones Unidas. Recuperado de: www.fao.org/elearning/Sites/ELC/Docs/FAO_elearning_guide_es.pdf, acceso en 23/04/2019
- Gilfillan, I. (2003). *La Biblia de MySQL*. Anaya Multimedia. Madrid, España. Recuperado de: <http://didepa.uaemex.mx/clases/Manuales/MySQL/MySQL-La%20biblia%20de%20mysql.pdf>, acceso en 01/05/2019
- Gimeno, V. (2011). *Realidad Aumentada Fundamentos y Aplicaciones*. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia.
- Gómez, M. (2017). *¿Cómo funciona el proceso de enseñanza-aprendizaje?*. Recuperado de: <http://elearningmasters.galileo.edu/2017/09/28/proceso-de-ensenanza-aprendizaje/>, acceso en 26/04/2019
- Gonzales, C., Vallejo, D., Albuasc, J. & Castro, J. (2012). *Realidad Aumentada: Un enfoque práctico con ARtollKit y Blender*. Ciudad Real, España. Escuela superior de

- Informática. Recuperado de: http://www.librorealidadaumentada.com/descargas/Realidad_Aumentada_1a_Edicion.pdf, acceso en 01/05/2019
- Gutierrez, D. (2015). *Cómo gestionar un proyecto de formación: dejando atrás ADDIE (II) – SAMI*. Recuperado de: <https://disenodidactico.com/2015/01/12/como-gestionar-un-proyecto-de-formacion-dejando-atras-addie-ii-sami/>, acceso en 28/04/2019
- Gutierrez, M. (2014). *Entorno de Realidad Aumentada como Apoyo al Proceso de Enseñanza Aprendizaje*. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.
- Hendler, J., Berners-Lee, T. & Miller, E. (2002). *Integrating Applications on the Semantic Web*. Recuperado de: <https://www.w3.org/2002/07/swint>, acceso en 25/04/2019
- Hernández, V. (2018). *Beneficios de utilizar realidad aumentada en e-Learning*. e-Learning Masters. Recuperado de: <http://elearningmasters.galileo.edu/2018/02/23/realidad-aumentada-en-e-learning/>, acceso en 26/04/2019
- Iborra, N. (2016). *Aplicaciones web. Características, funcionamiento y estructura*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/321077333/Aplicaciones-web-Characteristics-functioning-and-structure>, acceso en 30/04/2019
- IEEE-LTSC. (2002). *1484.12.1-2002 IEEE Standard for Learning Object Metadata*. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1032843>, acceso en 04/05/2019
- Kato, H. & Billinghurst, M. (2009). *Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system*. Augmented Reality, International Workshop On.
- Koch, N., & Kraus, A. (2002). *The expressive Power of UML-based Web Engineering*. Second International Workshop on Web-oriented Software Technology, Malaga. Recuperado de:

<https://pdfs.semanticscholar.org/8d2c/e9b7c2c82957715b6c7bb01f5b2924881122.pdf>, acceso en 01/05/2019

La República (2014). *Qué es la realidad aumentada*. Recuperado de

Lamp, P. (2019). *Introduction to ARToolKit*. Recuperado de: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, acceso en 01/05/2019

León, J. (2005). *Metodología para la detección de requerimientos subjetivos en el diseño de producto*. Recuperado de: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/6840>, acceso en 01/05/2019

LMU. Web Engineering Group. (2014). *UWE*. Recuperado de: <http://uwe.pst.ifi.lmu.de/>, acceso en 03/05/2019

López, J. (2010). *Desarrollo de un sistema de Realidad Aumentada que incluya reconocimiento de gestos*. Valencia, España. Universidad Técnica de Valencia.

López, P. (2010). *Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada*. Madrid, España. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de: https://eprints.ucm.es/11425/1/memoria_final_03_09_10.pdf, acceso en 19/05/2019

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*. Telem manipulator and Telepresence Technologies. Recuperado de: http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf, acceso en 01/05/2019

Mocholi, A. (2014). *Claves y herramientas para desarrollar aplicaciones móviles de Realidad Aumentada*.

Morcillo, C. *Realidad Aumentada: Un enfoque práctico con ARTollKit y blender*. Escuela Superior de Informática. Ed. Bubok Publishing S.L. Recuperado de:

http://www.librorealidadaugmentada.com/descargas/Realidad_Aumentada_1a_Edicion.pdf, acceso en 15/05/2019

Mozilla. (2019). *Guía del desarrollador HTML*. Recuperado de: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/Guide/HTML>, acceso en 30/04/2019

Mozilla. (2019). *HTML*. Recuperado de: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>, acceso en 30/04/2019

Nieves, C., Ucán, J. & Menéndez, V. (2014). *UWE en Sistema de Recomendación de Objetos de Aprendizaje. Aplicando Ingeniería Web: Un Método en Caso de Estudio*. Universidad Autónoma de Yucatán. Recuperado de: <http://revistas.unla.edu.ar/software/article/view/160/139>, acceso en 04/05/2019

Ordinola, A. (2014). *Libro interactivo de realidad aumentada para el proceso de aprendizaje del organizador mundo físico en la unidad de exploración del universo en los alumnos de la sección "B" del 1er año de secundaria del colegio San José Obrero de la ciudad de Sullana*. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de sistemas.

O'Reilly, T. (2005). *What Is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*. Recuperado de: <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>, acceso en 25/04/2019.

Oyarzo, J. (2018). *Modelos de Diseño de Experiencias de Aprendizaje II*. Recuperado de: <http://jaimeoyarzo.blogspot.com/2018/05/modelos-de-diseno-de-experiencias-de.html>, acceso en 26/04/2019

Peñafiel, M. (2013). *Aplicaciones Web*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/136052164/APLICACIONES-WEB-pdf>, acceso en 29/04/2019

- Prendes, C. (2015). *Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas*. Revista de Medios y Educación. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/368/36832959008/6>, acceso en 30/03/2019
- Puig, J. (2013). *CSS3 y JavaScript avanzado*. Universidad Abierta de Cataluña. Recuperado de: [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologias_y_herramientas_para_el_desarrollo_web/Tecnologias_y_herramientas_para_el_desarrollo_web_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologias_y_herramientas_para_el_desarrollo_web/Tecnologias_y_herramientas_para_el_desarrollo_web_(Modulo_1).pdf), acceso en 01/05/2019
- Ramirez, M. (2018). *AR.js para traer la realidad aumentada a la web*. Recuperado de: <https://www.creativosonline.org/blog/ar-js-para-traer-la-realidad-aumentada-a-la-web.html>, acceso en 01/05/2019
- Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/47241825.pdf>, acceso en 01/05/2019
- Reina, C. (2017). *AR.js – Realidad Aumentada para la web y móviles*. Recuperado de: <http://blog.realidad-aumentada.com.co/ar-js-realidad-aumentada-para-la-web-y-moviles/>, acceso en 01/05/2019
- Rekimoto, J. (1998). *Matrix: A realtime object identification and registration method for augmented reality*. Asia-Pacific Computer and Human Interaction.
- Ruiz, D. (2014). *Electrónica de patrimonio histórico*.
- Saavedra, J. (2007). *Lenguajes de programación*. Recuperado de: <https://jorgesaaavedra.wordpress.com/2007/05/05/lenguajes-de-programacion/>, acceso en 29/04/2019
- Salazar, I. (2013). *Diseño e implementación de un sistema para información turística basado en Realidad Aumentada*. Universidad Católica del Perú. Recuperado de:

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4647/SALAZAR_IVAN_REALIDAD_AUMENTADA.pdf, acceso en 01/05/2019

Salazar, I. (2013). *Diseño e implementación de un sistema para información turística basada en Realidad Aumentada*. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Sammet, J. (1969). *Programming Languages: History and Fundamentals*. IBM Corporation. Recuperado de: http://thecorememory.com/Programming_Languages_-_Sammet.pdf, acceso en 30/04/2019

Sejzer, R. (2016). *El Modelo de Kano*. Recuperado de: <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/11/el-modelo-de-kano.html>, acceso 01/05/2019

Stoker, S. (2013). *Realidad Virtual & Realidad Aumentada*.

Sutherland, I. (1968). *A head-mounted three-dimensional display*. Utah, Estados Unidos. The University of Utah Slat Lake City.

Ustariz, L. & Díaz, E. (2015). *Aplicación del Modelo Kano al Análisis de la Satisfacción de los Beneficiarios en la Construcción de Vivienda de Interés Social en el Municipio de Ocaña Norte de Santander*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Recuperado de: <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1998/1/31018.pdf>, acceso en 04/05/2019

Vegas, E. (2018). *Filosofía de la Realidad Virtual y Aumentada*. Recuperado de: <https://emiliusvgs.com/filosofia-realidad-virtual-aumentada/>, acceso en 01/05/2019

Vilain, P., Schwabe, D. & Sieckenius de Souza, C. (2000). *A diagrammatic tool for representing user interaction in UML*. UFSC. Recuperado de: <http://www-di.inf.puc-rio.br/schwabe/papers/UML2000.pdf>, acceso en 04/05/2019

- Villagrán, M. (2016). *Diseño instruccional, la base de cualquier curso exitoso # 9: El Modelo SAM*. Recuperado de: http://www.digimentore.com.ec/di9_modelo_sam/, acceso en 26/04/2019
- Yabiku, O. (2016). *E-Learning con Realidad Aumentada*. Recuperado de: <https://www.vexsoluciones.com/e-learning/e-learning-con-realidad-aumentada/>, acceso en 26/04/2019
- Zarate, N. (2013). *Marcadores para la Realidad Aumentada para fines educativos*. Veracruz, Mexico. Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/5122/512251564004.pdf>, acceso en: 29/04/2019

ANEXOS

ANEXO 1 – ÁRBOL DE PROBLEMAS

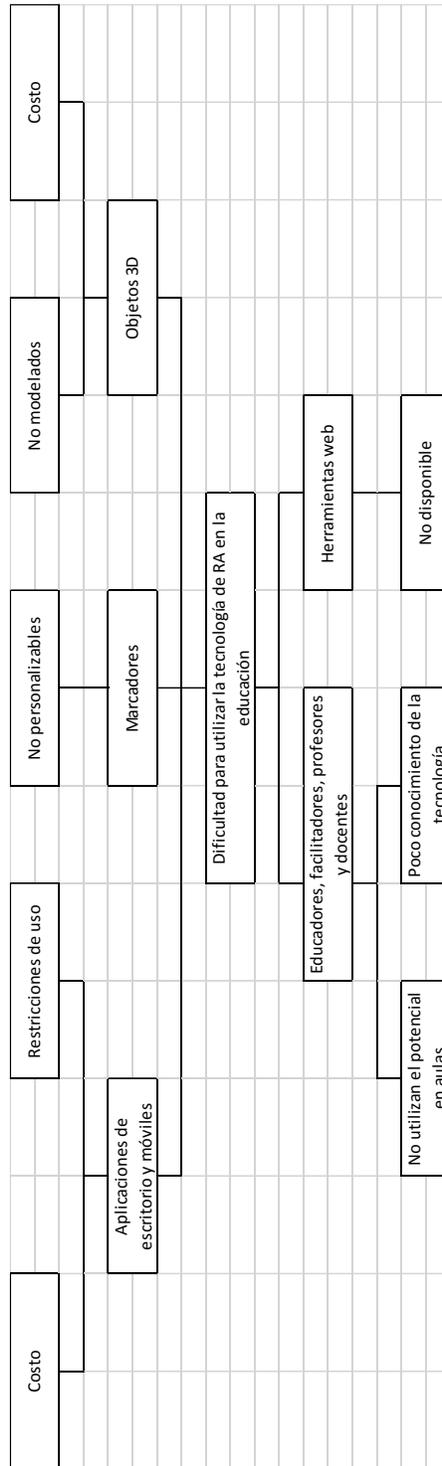


Figura 1. Árbol de problemas.

ANEXO 2 – ÁRBOL DE OBJETIVOS

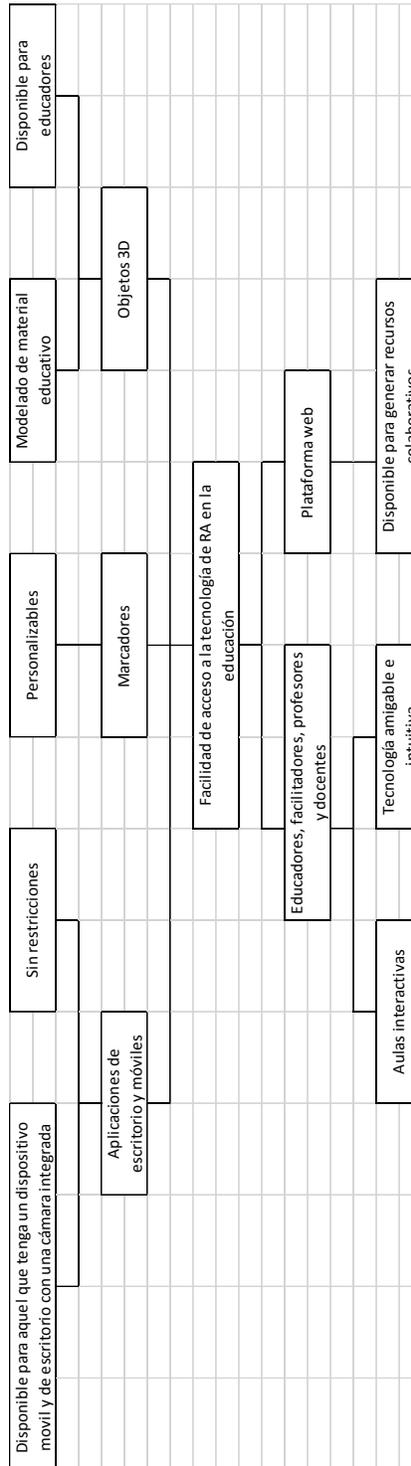


Figura 2. Árbol de objetivos.

ANEXO 3 – MARCO LÓGICO

Tabla 1. Marco Lógico

	RESUMEN NARRATIVO	INDICADORES OBJETIVAMENTE VERIFICABLES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	Generar recursos de Realidad Aumentada	4 grupos de usuarios definidos como: 10 Niños entre de entre 10 y 13 años 10 Adolescentes de entre 14 y 17 años 10 Jóvenes de entre 18 y 24 años 10 adultos de 25 años en adelante	Informes de avance	No existe facilidad para generar recursos de Realidad Aumentada
PROPÓSITO	Plataforma web para generar recursos de Realidad Aumentada para entornos interactivos	1 prototipo de la plataforma web para generar recursos de Realidad Aumentada para entornos interactivos con conocimientos básicos.	Prototipo final	Dificultad en el uso de la plataforma web por parte de los usuarios
PRODUCTOS	1. Diseñar y generar marcadores para asociar recursos de Realidad Aumentada 2. Implementar aplicación de escritorio y móvil	1. Prueba del módulo para diseñar y generar marcadores personalizados y asociarlos a modelos por los usuarios 2. Prueba de las aplicaciones de escritorio y móvil para la visualización de los modelos por los usuarios	Encuestas	Problemas a la hora de utilizar la plataforma con los módulos al diseñar o generar un marcador y las aplicaciones al visualizar

ANEXO 4 – CUESTIONARIO

Por favor, dedique unos minutos a contestar esta pequeña encuesta, la información proporcionada será muy útil para medir el nivel de satisfacción en los usuarios de la plataforma web.

CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN						
NRO.	PREGUNTA	ME GUSTA	ES ALGO BÁSICO	ME DA IGUAL	NO ME GUSTA	ME DESAGRADA
1	Con el inicio de sesión ¿cómo se siente?					
2	Con el registro de usuario ¿cómo se siente?					
3	Con la creación de un recurso ¿cómo se siente?					
4	Con las opciones de un recurso ¿cómo se siente?					
5	Con la creación de una categoría ¿cómo se siente?					
6	Con el texto es fácil de leer ¿cómo se siente?					
7	Con el diseño de la pantalla principal ¿cómo se siente?					
8	Con el diseño visualmente atractivo ¿cómo se siente?					
9	Con el tiempo de carga del modelo 3D ¿cómo se siente?					
10	Con la carga rápida de la plataforma ¿cómo se siente?					
11	Con la facilidad al operar la plataforma ¿cómo se siente?					
INDIRECTAS						
1	Sin el inicio de sesión ¿cómo se siente?					
2	Sin el registro de usuario ¿cómo se siente?					
3	Sin la creación de un recurso ¿cómo se siente?					
4	Sin las opciones de un recurso ¿cómo se siente?					
5	Sin la creación de una categoría ¿cómo se siente?					
6	Sin el texto es fácil de leer ¿cómo se siente?					
7	Sin el diseño de la pantalla principal ¿cómo se siente?					
8	Sin el diseño visualmente atractivo ¿cómo se siente?					
9	Sin el tiempo de carga del modelo 3D ¿cómo se siente?					
10	Sin la carga rápida de la plataforma ¿cómo se siente?					
11	Sin la facilidad al operar la plataforma ¿cómo se siente?					

Muchas gracias por su colaboración.

ANEXO 5 – DATOS OBTENIDOS DEL CUESTIONARIO

Tabla 2. Tabulación de datos.

		ENCUESTADOS																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PREGUNTAS FUNCIONALES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	4	1	1	1	1	4	5	1	1	1	5	1	1	1	4	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1
	3	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	2	4	2	2	1	1	4	4	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	2	1	4	1	1	2	1	1	3	1	3	2	4	1	5	5	1	1	4	4	1	1	3	1	3	1	2	1	1	1
	5	1	3	5	1	5	1	1	5	4	1	2	1	5	1	4	1	1	1	1	4	1	1	4	1	1	5	4	1	3	1
	6	5	5	1	2	5	4	2	1	5	2	5	4	5	1	5	5	5	5	5	5	5	1	5	1	5	5	5	5	5	5
	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	8	5	1	5	4	5	5	5	5	4	4	2	4	5	4	4	5	4	4	2	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	10	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	4	5	1	5	5	5	3	2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5
	PREGUNTAS NO FUNCIONALES	1	4	4	5	4	4	4	5	1	5	1	1	5	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	1
2		4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	5	1	1	3	4	5	4	4	4	5	4	5	4	4	4
3		4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	5	1	1	4	1	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4
4		3	4	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	1	5	1	1	5	5	1	1	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4
5		5	3	1	3	1	3	3	1	1	4	3	3	1	5	1	5	5	5	4	1	5	5	1	5	4	1	1	4	3	4
6		1	1	4	1	1	1	1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	5	1	4	1	1	1	1	1	1
7		4	4	2	3	2	3	3	4	3	5	2	4	5	5	1	5	4	4	4	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
8		1	4	1	3	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9		4	5	3	5	3	5	5	5	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
10		1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	5	1	1	1	3	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
11		1	1	1	1	1	1	1	5	1	4	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1

Tabla 3. Tabulación de datos.

		ENCUESTADOS																								
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
PREGUNTAS FUNCIONALES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	4	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	4	3	4	2	1	2	1	2	4	2	1	1	1
	3	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	3	1	1	4	1	4	1	1	1	2	1	1	1
	4	4	5	5	3	1	5	1	5	5	4	3	4	1	5	4	4	5	1	1	1	4	5	5	3	1
	5	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	6	1	5	1	5	1	5	1	4	4	4	4	1	1	1	1	5	1	1	5	1	1	5	1	5	1
	7	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1
	8	4	4	5	4	4	4	5	1	5	1	1	5	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4
	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1
	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	PREGUNTAS NO FUNCIONALES	1	5	5	1	1	5	1	5	4	5	5	5	1	5	5	5	4	5	1	4	4	4	1	4	4
1		4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4	
2		4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4	4	5	3	4	5	4	5	4	4	5	4	4	
3		4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4	4	5	3	4	5	1	5	4	4	5	4	4	
4		1	1	1	3	4	1	4	1	1	1	3	1	4	1	1	1	1	4	4	4	1	1	1	3	4
5		4	4	5	4	5	3	4	5	5	4	4	4	4	3	4	3	5	5	4	4	4	4	5	4	5
6		4	1	5	1	4	1	4	1	1	1	1	5	2	5	4	1	5	5	1	4	4	1	5	1	4
7		4	4	4	1	4	4	4	5	4	5	5	4	3	3	4	1	2	4	4	4	4	4	4	1	4
8		1	1	1	1	1	1	1	5	1	4	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9		4	5	4	4	4	4	4	5	4	5	5	4	3	4	5	5	4	4	4	3	4	5	4	4	4
10		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	4	4	1	5	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	

ANEXO 6 – TABLA DE PROCESAMIENTO KANO

Tabla 4. Procesamiento de datos al modelo Kano.

		ENCUESTADOS																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ATRIBUTOS EVALUADOS	1	O	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	O	O	O	A	A	O	A	A	A	A	O	A	A	A	A
	2	A	A	I	A	A	A	I	I	R	A	A	A	R	A	A	O	A	A	I	A	O	A	A	O	A	O	A	I	A	A
	3	A	A	I	A	A	A	A	I	A	A	I	I	I	I	A	O	R	R	I	A	O	A	A	O	A	O	A	A	A	A
	4	I	A	I	A	A	I	A	A	I	A	I	I	R	O	R	R	O	O	R	R	O	A	I	A	I	A	I	A	A	A
	5	O	I	R	A	R	A	A	R	R	A	I	A	R	O	R	O	O	O	A	R	O	O	R	O	A	R	R	A	I	A
	6	R	R	A	R	R	R	R	A	R	I	R	R	R	A	R	R	R	R	R	R	O	R	A	R	R	R	R	R	R	R
	7	A	A	A	A	A	A	A	A	O	A	A	O	O	R	O	A	A	A	I	O	O	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	8	R	A	R	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	9	A	O	A	O	A	O	O	O	A	O	A	A	O	O	A	O	O	A	A	O	O	O	O	O	O	O	A	A	A	A
	10	R	R	R	R	R	R	R	R	O	R	R	R	R	O	R	R	R	I	I	R	R	R	I	R	R	R	R	R	R	R
	11	R	R	R	R	R	R	R	O	R	A	A	R	R	A	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	O	R

Tabla 5. Procesamiento de datos al modelo Kano.

		ENCUESTADOS																							
		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	
ATRIBUTOS EVALUADOS	1	A	A	A	A	A	O	O	A	O	O	A	O	O	A	O	A	A	A	O	A	A	A	A	
	2	I	A	A	I	I	O	O	A	O	A	A	M	I	I	M	A	M	A	R	R	R	I	R	
	3	A	A	A	I	I	O	O	A	O	I	I	O	A	I	O	R	O	A	O	A	A	A	A	
	4	R	I	A	R	A	R	R	R	I	R	A	R	R	R	R	A	A	A	R	R	A	R	A	
	5	O	A	O	I	A	O	O	A	A	A	A	A	A	A	O	O	A	A	A	R	R	A	A	
	6	O	R	A	R	A	R	R	R	R	O	A	O	A	R	O	O	R	A	R	A	R	R	R	
	7	A	R	A	A	A	O	A	O	O	A	A	A	A	R	I	A	A	A	R	A	O	A	A	
	8	R	R	R	R	R	O	R	A	A	R	R	A	R	R	R	R	R	R	A	O	R	R	R	
	9	A	A	A	A	A	O	A	O	O	A	A	A	O	O	A	A	A	I	A	O	A	A	A	
	10	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	A	R	R	R	R	R	R	R	R	A	R	R	
	11	A	A	R	R	R	A	R	R	R	A	R	R	R	A	A	R	A	A	A	R	A	A	A	

DOCUMENTOS

La Paz, 20 de mayo de 2019

Señor

M.Sc. Grover Alex Rodríguez Ramírez

Tutor Metodológico

Presente

Ref. Conformidad y Aval de Tesis de Grado

De mi consideración.

Tengo a bien dirigirme a su persona, para darle a conocer que luego de efectuar, el seguimiento a la estructura y contenido de la Tesis de Grado, titulada “PLATAFORMA WEB PARA GENERAR RECURSOS DE REALIDAD AUMENTADA EN ENTORNOS INTERACTIVOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE”, elaborada por el postulante Carlos Fernando Marca Choque con cédula de identidad N° 6753917 L.P., y habiendo el mismo realizado las respectivas correcciones a mis observaciones, y no existiendo impedimento alguno en la propuesta, me corresponde **dar mi AVAL**, para la respectiva defensa pública, de acuerdo a normas y reglamentos universitarios vigentes.

Sin otro particular, me despido de usted con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente.

Ph.D. Yohoni Cuenca Sarzuri

Asesor

YCS/Solrac
c.c. Personal/Archivo

La Paz, 17 de junio de 2019

Señor

Ph.D. José María Tapia Baltazar

Director

Carrera de Informática

Presente

Ref. Aval para Defensa de Tesis de Grado

De mi mayor consideración.

Por intermedio de la presente, y en mi calidad de Tutor Metodológico, tengo a bien dirigirme a su autoridad, para darle a conocer que luego de efectuar el seguimiento a la estructura y contenido de la Tesis de Grado, titulada “PLATAFORMA WEB PARA GENERAR RECURSOS DE REALIDAD AUMENTADA EN ENTORNOS INTERACTIVOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE”, elaborada por el postulante Carlos Fernando Marca Choque con cédula de identidad N° 6753917 L.P., y habiendo presentado también el Aval de su Asesor, me corresponde **dar mi CONFORMIDAD Y AVAL**, para que el mismo proceda a la **DEFENSA PÚBLICA**, de acuerdo a normas y reglamentos universitarios vigentes.

Sin otro particular, me despido de usted con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente.

M.Sc. Grover Alex Rodríguez Ramírez

Tutor Metodológico

GARR/Solrac
c.c. Personal/Archivo