

Universidad Nacional de Misiones

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales

Trabajo Final de Maestría en Tecnologías de la Información

**“Marco de trabajo para la evaluación de usabilidad en
objetos de aprendizajes basados en realidad
aumentada”**

Autor: PUI. Lucas Gabriel Kucuk

Director y Co-director:

Dr. Jorge Ierache & Mgter. Gladys Dapozo

Año 2018

Dedicatorias

Quiero dedicar este trabajo a mi familia

A los que están y los que no...

Resumen

El presente trabajo final de maestría en tecnologías de la información expone una línea de trabajo orientada a evaluar la usabilidad en objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada. Se presenta un marco de trabajo basado en procesos para el diseño, desarrollo, implementación, evaluación de usabilidad y análisis de resultados, validándose este a través de un caso de estudio.

En este caso de estudio se implementan todas las etapas del marco de trabajo realizando pruebas de control sobre un grupo de docentes y alumnos de una escuela del nivel educativo secundario de la provincia de Misiones. Se identifican tres roles que participan en distintas actividades, el asesor técnico y el usuario docente, los cuales desarrollaron un framework y los usuarios alumnos que participaron del proceso de evaluación de usabilidad del objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada contenido en dicho framework.

El marco de trabajo indaga sobre relaciones existentes entre las actividades propuestas y estándares, métodos y herramientas reconocidas en el ámbito de la calidad y usabilidad del software.

“Palabras Claves” *Objetos de aprendizajes, Realidad Aumentada, Marco de trabajo para evaluar usabilidad.*

Abstract

The present final work of masters in information technologies exposes a line of work aimed at evaluating the usability in learning objects based on augmented reality. A working framework based on processes for the design, development, implementation, usability evaluation and results analysis is presented, validating this through a case study.

In this case of study, all the stages of the work framework are implemented, performing control tests on a group of teachers and students of a secondary school in the province of Misiones. Three roles are identified that participate in different activities, the technical advisor and the teaching user, who developed a framework and the student users

who participated in the process of evaluation of usability of the learning object based on augmented reality contained in said framework.

The framework explores relationships between the proposed activities and recognized standards, methods and tools in the field of software quality and usability.

Keywords *Learning objects, Augmented Reality, Framework for evaluating usability.*

Agradecimientos

Especial agradecimiento al Dr. Jorge Ierache y a la Mgter. Gladys Dapozo por su atención y predisposición para dirigir este trabajo, sin dudas son mi ejemplo a seguir...

Índice

Resumen.....	V
Palabras Claves.	V
Agradecimientos	VII
Índice	IX
Capítulo 1.....	19
Introducción	19
1.1. Justificación.....	20
1.2. Estructura del trabajo final de maestría.....	22
Capítulo 2.....	25
Marco Teórico.....	25
2.1. Ingeniería de usabilidad en el Software	25
2.1.1. Concepto de Usabilidad.....	26
2.1.2. Atributos de Usabilidad	27
2.1.3. Modelos de proceso software orientados a la usabilidad	28
2.1.3.1. Modelo de Nielsen.....	28
2.1.3.2. Desarrollo basado en escenarios	33
2.1.3.3. Modelo de proceso de Usabilidad Pervasiva	35
2.1.3.4. Diseño Centrado en el Usuario	36
2.1.4. Herramienta de Evaluación de la Calidad de Objetos de Aprendizaje (COdA)	37
2.2. Estándares vigentes sobre usabilidad en el software	39
2.2.1. Estándar ISO/IEC 12207	39
2.2.2. Estándar ISO/IEC 12207_1, 02	42
2.2.3. Estándar ISO 13407.....	43
2.2.4. Estándar ISO/TR 16982.....	45
2.2.5. Estándar ISO 9241.....	46
2.2.6. Estándar ISO/IEC 9126-1	47
2.2.7. Estándar ISO/IEC 25000	50
2.3. Realidad Aumentada	51
2.3.1. Características de la Realidad Aumentada	54
2.3.2. Elementos de la experiencia de Realidad Aumentada.....	56
2.3.2.1. Aplicación de Realidad Aumentada.....	56
2.3.2.2. Contenido	56
2.3.2.3. Interacción	56
2.3.2.4. Tecnología	57
2.3.2.5. Mundo Físico.....	57
2.3.2.6. Usuario	57
2.3.3. Aplicaciones de la Realidad Aumentada.....	57
2.3.3.1. Realidad Aumentada en Juegos	58
2.3.3.2. Realidad Aumentada en Enseñanza	58
2.3.3.3. Realidad Aumentada en Marketing.....	59
2.3.3.4. Realidad Aumentada en Turismo.....	59
2.3.3.5. Realidad Aumentada en Medicina	60
2.4. Realidad aumentada en ámbitos educativos.....	60
2.5. Objetos de Aprendizaje como herramienta educativa	61
2.6. Síntesis del estado del arte	63
Capítulo 3.....	69
Descripción de la Problemática	69
3.1. Descripción de la Problemática	69
3.2. Objetivos del trabajo.....	71
3.3. Alcances y limitaciones	71
Capítulo 4.....	73
Solución propuesta	73
4.1. Marco de trabajo Propuesto	73

4.1.1. Roles participantes del marco de trabajo propuesto	75
4.1.2. Criterios de relación de las actividades con normas, estándares, métodos y modelos del marco teórico	76
4.1.3. Consideraciones sobre referencias a los términos Marco de trabajo y Objeto de aprendizaje (OA)	77
4.1.4. Proceso Análisis de contexto	78
4.1.4.1. Entrevistas a Usuarios.....	79
4.1.4.2. Encuestas a Usuarios	81
4.1.4.3. Análisis de requisitos	82
4.1.5. Proceso Diseño del Objeto de Aprendizaje	84
4.1.5.1. Selección de herramientas software	86
4.1.5.2. Diseño de la Evaluación de Usabilidad.....	87
4.1.5.3. Prototipado basado en escenario	89
4.1.6. Proceso Construcción del Objeto de Aprendizaje	93
4.1.6.1. Construcción del Objeto de Aprendizaje basado en realidad aumentada	94
4.1.6.2. Prueba Preliminar a nivel de desarrollo	96
4.1.6.3. Elaboración de instructivo de utilización del Framework	97
4.1.7. Proceso Implementación del Framework con el Objeto de Aprendizaje.....	99
4.1.7.1. Programación y ejecución de pruebas con usuarios	99
4.1.7.2. Evaluación de usabilidad de Usuarios.....	100
4.1.8. Proceso Análisis de resultados.....	101
4.1.8.1. Análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados.....	102
4.2. Conclusión sobre el marco de trabajo propuesto	104
Capítulo 5.....	105
Pruebas y Análisis de Resultados	105
5.1. Descripción del caso de estudio.....	105
5.2. Implementación del Marco de Trabajo	106
5.3. Implementación Proceso Análisis del contexto	107
5.3.1. Entrevistas a Usuarios	107
5.3.2. Encuestas a Usuarios	109
5.3.2.1. Informe Estadístico.....	109
5.3.2.2. Interpretación de resultados de la encuesta	112
5.3.3. Análisis de requisitos.....	112
5.4. Implementación Proceso Diseño del Objeto de Aprendizaje	113
5.4.1. Selección de herramientas software.....	113
5.4.2. Diseño de la Evaluación de Usabilidad.....	115
5.4.3. Prototipado basado en escenario	119
5.5. Implementación Proceso Construcción del Objeto de Aprendizaje	122
5.5.1. Construcción del Objeto de Aprendizaje basado en realidad aumentada	122
5.5.2. Prueba Preliminar a nivel de desarrollo	128
5.5.3. Elaboración de instructivo de utilización del Framework	130
5.6. Proceso Implementación del Framework con el Objeto de Aprendizaje.....	131
5.6.1. Programación y ejecución de pruebas con usuarios	131
5.6.2. Evaluación de usabilidad de Usuarios	132
5.7. Implementación Proceso Análisis de resultados	133
5.7.1. Informe de Análisis cuantitativo	133
5.7.2. Interpretación de resultados – Informe Cualitativo	137
Capítulo 6.....	139
Conclusiones y futuras líneas de investigación	139
6.1. Conclusiones	139
6.2. Contribuciones del trabajo	141
6.3. Futuras líneas de trabajo	141
6.4. Futuras líneas de investigación	142
Capítulo 7.....	143
Bibliografía	143

Anexos	151
Anexo I – Criterios de evaluación de la herramienta COdA.....	151
Anexo II – Actividades del Diseño centrado en el Usuario ISO 13407	159
Anexo III - Características analizadas por la ISO 9126-1.....	162
Anexo IV – Descripción reporte Estándar ISO/IEC/TR 9126-2	164
Anexo V – Consideraciones de la ISO/IEC/TR 9126-3.....	166
Anexo VI – Consideraciones de la ISO/IEC/TR 9126-4	168
Anexo VII – Consideraciones sobre Realidad Virtual	170
Anexo VIII – Nota de conformidad.....	177
Anexo IX – Instructivo para la utilización del framework.....	178
Anexo X – Tabla de Dimensiones tabulada – Respuestas Usuario Docente	179

Índice de Tablas

Tabla 1 - Síntesis tema Usabilidad y Desarrollo de Software	64
Tabla 2 - Síntesis tema Realidad Aumentada	65
Tabla 3 - Síntesis tema Objetos de aprendizaje	65
Tabla 4 - Tabla de relaciones de temas.....	66
Tabla 5 - Tabla de contextualización.....	80
Tabla 6 - Tabla de comportamiento esperado del OA	80
Tabla 7 - Encuesta a la Usuarios Alumnos	81
Tabla 8 - Listado de requisitos técnicos-cognitivos.....	83
Tabla 9- Relaciones de Análisis de Contexto en modelos y estándares	83
Tabla 10 - Tabla de inspección de herramientas de software vinculadas a la RA.....	86
Tabla 11 - Tabla de dimensiones evaluadas	89
Tabla 12 - Tabla verificación de requisitos	90
Tabla 13- Relaciones de Diseño de Objeto de Aprendizaje con modelos y estándares.....	91
Tabla 14 - Relaciones de Construcción del Objeto de Aprendizaje con modelos y estándares...98	
Tabla 15 - Puntaje por cada respuesta	102
Tabla 16 - Codificación de Dimensiones y Características	102
Tabla 17 - Valores obtenidos por Pregunta-Característica.....	103
Tabla 18 - Planificación de actividades	106
Tabla 19 - Tabla obtenida Entrevista Usuario Docente Momento 1	107
Tabla 20 - Tabla obtenida Entrevista Usuario Docente Momento 2	108
Tabla 21- Requisitos identificados en caso de estudio.	113
Tabla 22 - Tabla de inspección de herramientas de software vinculadas a la RA completa	114
Tabla 23 - Tabla de dimensiones evaluadas	116
Tabla 24 - Tabla de verificación de requisitos.....	121
Tabla 25 - Tabla de Valores obtenidos en “Objetivos y coherencia didáctica”	134
Tabla 26 - Tabla de Valores obtenidos en “Calidad de los contenidos”	134
Tabla 27 - Tabla de Valores obtenidos en “Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación”	134
Tabla 28 - Tabla de Valores obtenidos en “Interactividad y adaptabilidad del OA”	135
Tabla 29 - Tabla de Valores obtenidos en “Motivación”	135
Tabla 30 - Tabla de Valores obtenidos en “Formato y Diseño”	135
Tabla 31 - Tabla de Valores obtenidos en “Usabilidad”	135
Tabla 32 - Tabla de Valores obtenidos en “Reusabilidad”	136
Tabla 33 - Tabla de Valores obtenidos en “Interoperabilidad”	136
Tabla 34- Puntos a verificar de accesibilidad web y multimedia.....	156
Tabla 35- Características ISO 9126-1 atributos de calidad.....	162
Tabla 36- Tabla de Dimensiones evaluadas tabulada	179

Índice de Figuras

Figura 1 - Etapas del modelo de ingeniería de la Usabilidad de Nielsen	28
Figura 2- Método desarrollo basado en escenario	33
Figura 3- Modelo de proceso de usabilidad pervasiva.....	35
Figura 4 - Estructura de procesos del Estándar ISO/IEC 12207	41
Figura 5 - ISO/IEC 25000 Divisiones para la gestión de la calidad.....	50
Figura 6- Realidad Aumentada.....	51
Figura 7- GhostWire Nintendo.....	58
Figura 8- SkyMap	59
Figura 9 – iTacitus	60
Figura 10 - Interacción entre Usabilidad, OA y RA en el marco del trabajo propuesto.....	67
Figura 11 - Marco de trabajo propuesto	74
Figura 12 - Esquema proceso Análisis del contexto.....	78
Figura 13 - Esquema proceso Diseño del Objeto de Aprendizaje.....	91
Figura 14 - Esquema proceso Construcción del Objeto de Aprendizaje.....	93
Figura 15 - Esquema proceso Implementación del Framework con el Objeto de Aprendizaje...99	
Figura 16 - Esquema de proceso Análisis de Resultados.....	101
Figura 17- Institución Educativa	106
Figura 18- Respuestas pregunta 1.....	110
Figura 19 - Respuestas pregunta 2.....	110
Figura 20 - Respuestas pregunta 3.....	111
Figura 21 - Respuestas pregunta 4.....	111
Figura 22 - Respuestas pregunta 5.....	111
Figura 23 - Primera aproximación prototipo del framework	122
Figura 24 - Representación gráfica del funcionamiento del framework	123
Figura 25 - Página de inicio de la Aumentaty	124
Figura 26 - Formulario para la creación de usuario	124
Figura 27 - Pestaña de descargas del asistente.....	125
Figura 28 - Pantalla de inicio del asistente.	125
Figura 29 - Ingreso de elementos de contextualización – caracterización	126
Figura 30 - Imágenes de los targets cargados.....	126
Figura 31 - Targets con elemento de RA asociado	127
Figura 32 - Sección delantera de una de las cartas	128
Figura 33 - Capturas - Acceso como invitado y búsqueda del proyecto	129
Figura 34 - Usuarios utilizando el framework con el OA.....	132
Figura 35 - Porcentajes de valoraciones por Dimensión-Criterio	136
Figura 36- Nota de conformidad sobre la utilización de la herramienta Aumentaty-Creator....	177
Figura 37 - Captura del instructivo generado en el tablero	178

Índice Fórmulas

Formula 1 - Total de puntos por Pregunta-Característica	103
Formula 2 - Valoración máxima por característica.....	103
Formula 3 - Porcentaje de valoración por Dimensión-Criterio	103

Capítulo 1

Introducción

El presente trabajo surge al ver la necesidad de plantear e implementar un marco de trabajo en el cual los usuarios docentes, sin tener mucha experiencia en evaluación de usabilidad, puedan utilizar para la incorporación de nuevas tecnologías como la realidad aumentada a las clases que normalmente desarrollan.

Los procesos que se plantean en el marco de trabajo se fundamentan mediante el análisis de distintos estándares y modelos de calidad y usabilidad de software; se establecen relaciones para fundamentar los procesos de dicho marco. Se valida esta propuesta en un caso de estudio en el que participan docentes y alumnos de una escuela técnica de la provincia de Misiones Argentina, que utilizan un framework con un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada.

Finalmente se desarrolla un proceso de evaluación de usabilidad sobre el objeto de aprendizaje obtenido, donde los usuarios califican la usabilidad basándose en aspectos evaluativos planteados por el marco de trabajo.

1.1. Justificación

La usabilidad en los productos de software permite obtener un indicador de la calidad del mismo y de la satisfacción con los usuarios que los consumen [1][2]. Los objetos de aprendizajes han tomado un rol fundamental en la educación tecnológica, al punto tal que será indispensable actualizar las aptitudes de los docentes y alumnos para la interacción con las nuevas tecnologías [3].

La presente investigación tiene como eje principal contribuir a que ese cambio de paradigma en el sector educativo no pretenda ser tan abrupto. Son necesarias más investigaciones académicas que indaguen sobre la usabilidad en los objetos de aprendizajes y sobre la calidad del producto software en el ámbito educativo. Sin ello, los docentes y alumnos, y toda la formación tecnológica educativa de la región, estaría inmersa en la incertidumbre del cumplimiento de objetivos pedagógicos [3], no se estaría brindando una formación con fundamento académico, y más aún, si se habla de objetos de aprendizaje basados en realidad aumentada [4].

Es necesario indagar acerca de cómo brindarle al sector educativo herramientas capaces de guiar a aquellos que deseen explorar nuevas formas de enseñar y adquirir conocimientos [4]. El marco de trabajo que se desarrolla en el presente trabajo, provee a la comunidad científica y educativa antecedentes académicos que indaguen sobre el desarrollo de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada teniendo en cuenta aspectos de la calidad del producto software; y, además, evalúa cómo éste repercute en términos de usabilidad en docentes y alumnos de la formación técnica secundaria en la provincia de Misiones.

Los antecedentes más relevantes que abordan la presente línea de investigación [1][3][5], desarrollan sus actividades a partir de marcos metodológicos antagónicos, es decir, no se manifiesta una combinación de recursos metodológicos para la evaluación de la usabilidad en software de este tipo. Por un lado, los KMBM (Knowledge-based and Model-based Methods) que se basan en los conocimientos disponibles y no requieren el acceso directo a los usuarios, por lo que son especialmente útiles cuando no es posible recoger datos directamente de los usuarios. Está subdividido en tres categorías: Evaluación por expertos, evaluación basada en documentos y evaluación basada en modelos (Heuristic

Evaluation)[1][3][6]. Por su parte los DGM (Data Gathering Methods) son métodos que se centran en las formas de recopilar conocimiento sobre las características relevantes de los usuarios, las tareas y el contexto en el que se utilizan los sistemas interactivos. Algunos ejemplos: entrevistas, cuestionarios o “thinking aloud” [5][6].

En lo que respecta a criterios de usabilidad, se identifica que los estudios analizados carecen de fundamento que detallen la utilización de estándares [4]. Al mismo tiempo, se identifica la falta de dichos criterios al momento de evaluar en más detalle la calidad del producto, así como también el proceso de software que interviene [5][6], y a su vez, como esto repercute al proceso de aprendizaje con el objeto basado en realidad aumentada.

Visto los modelos metodológicos por los que los antecedentes recientes abordaron [6][7], surge la oportunidad de investigar y validar la combinación de distintas formas de trabajar generando un marco de trabajo propio y, a su vez, una contribución académica respecto a evaluación de usabilidad en objetos de aprendizaje basados en realidad aumentada.

El propósito del trabajo final de maestría es proporcionar un marco de trabajo enfocado en necesidades de los docentes y alumnos adaptándose a las necesidades didácticas, pedagógicas y técnicas que dispone el entorno. Surge a partir de ello, plantear un modelo basado en procesos, pero a diferencia de otros trabajos [7][8], abordar el análisis de estándares de usabilidad y desarrollo de software, así como también la incorporación de varias actividades y herramientas planteadas en otros métodos y procedimientos de evaluación de usabilidad.

Basándose en la producción de este trabajo, se puede afirmar que el desarrollo efectuado cumple con los objetivos de profundizar el estudio de estándares y marcos de trabajos de evaluación de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada, esto se establece en el Capítulo 2. Luego, diseñar y desarrollar un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada y un marco de evaluación de usabilidad del mismo, esto se puede comprobar en el Capítulo 3; y finalmente, la validación de dicho marco de trabajo y el análisis de resultados para efectuar recomendaciones, que se puede verificar en el Capítulo 4, 5 y 6 respectivamente.

1.2. Estructura del trabajo final de maestría

El presente trabajo final de maestría se estructura en capítulos como se enuncia a continuación:

Capítulo 1. Introducción

En este capítulo se expresa la motivación por la cual se selecciona este tema de trabajo final “Marco de trabajo para la evaluación de usabilidad en objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada”. Así como también da a conocer la justificación del trabajo de investigación y cuál es el propósito del mismo.

Capítulo 2. Marco Teórico

En el Marco Teórico se aborda los conceptos teóricos sobre los temas relacionados con el marco de trabajo propuesto y el caso de estudio. Entre los temas se encuentra Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Objetos de aprendizajes, Ingeniería de Usabilidad, Estándares de evaluación de Software y Usabilidad con el fin de introducir en al lector en conceptos y antecedentes del trabajo.

Capítulo 3. Descripción de la problemática

Este capítulo describe la problemática existente en el desarrollo e implementación de los marcos de trabajo para la creación de objetos de aprendizaje basados en realidad aumentada, también se describe el alcance que tiene el trabajo.

Capítulo 4. Solución propuesta

En este capítulo se presenta la propuesta de solución, articulada en el proceso que se lleva a cabo para la resolución de la problemática, se detalla la definición del marco de trabajo para el desarrollo y evaluación de usabilidad de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada relacionando los conceptos con los vistos en el marco teórico.

Capítulo 5. Pruebas y Análisis de resultados

En este capítulo se describe cómo se desarrolla el marco de trabajo propuesto en un caso de estudio, este se compone del detalle de cada proceso aplicado bajo el contexto de una escuela de formación técnica secundaria de la provincia de Misiones.

Además, se analiza los resultados obtenidos a partir de los criterios desarrollados en uno de los procesos del marco de trabajo.

Capítulo 6. Conclusiones.

Aquí el lector puede conocer la conclusión del trabajo, las futuras líneas de investigación que pueden seguirse y el aporte que el presente trabajo de investigación brinda a la comunidad.

Capítulo 7. Bibliografía

En este capítulo se puede visualizar la bibliografía que se ha utilizado para el desarrollo de este trabajo.

Anexos

En el apartado de anexos se puede observar: Criterios de evaluación de la herramienta COdA (Anexo I), Actividades del diseño centrado en el usuario ISO 13407 (Anexo II), Características analizadas por la ISO 9126-1 (Anexo III), Descripción reporte Estándar ISO/IEC/TR 9126-2 (Anexo IV), Consideraciones de la ISO/IEC/TR 9126-3 (Anexo V), Consideraciones de la ISO/IEC/TR 9126-4 (Anexo VI), Consideraciones sobre realidad virtual (Anexo VII), Nota de conformidad (Anexo VIII), Instructivo para la utilización del framework (Anexo IX), y Tabla de Dimensiones tabulada – Respuestas Usuario Docente (Anexo X).

Capítulo 2

Marco Teórico

En el presente capítulo se describen las bases teóricas del trabajo de investigación. Se describe los principales conceptos relacionados a estándares, métodos y modelos de desarrollo y evaluación de usabilidad de software; Luego se aborda el análisis de herramientas para la evaluación de usabilidad en objetos de aprendizaje; definición de realidad aumentada, sus inicios, elementos y características, finalizando con las definiciones conceptuales y antecedentes relacionados a objetos de aprendizajes.

2.1. Ingeniería de usabilidad en el Software

La ingeniería de la usabilidad (IU) es un campo que tiene que ver generalmente con la interacción Humano-Computadora y específicamente con la creación de interfaces hombre-máquina con un alto grado de usabilidad o facilidad de uso. Una interfaz fácil de usar permite a los usuarios llevar a cabo con eficacia y eficiencia las tareas para el cual el sistema fue diseñado, lo que genera una alta tasa de satisfacción en lo que respecta a la opinión o escalas emocionales de los usuarios finales [9].

El ámbito de la IU es evaluar la usabilidad de una interfaz y recomendar formas de mejorarla. Actualmente, la mayor parte de los Ingenieros de la usabilidad trabajan para mejorar la usabilidad de las interfaces gráficas de usuario (GUI) de los sistemas de software basados en la Web e interfaces de usuarios basadas en voz (VUIS) [9].

Existen varias disciplinas que se encuentran relacionadas con la IU, como la psicología, los factores humanos y las Ciencias Cognitivas [9], pero los fundamentos teóricos provienen de áreas más específicas como la acción humana, la percepción, la cognición humana, metodologías de la investigación del comportamiento humano y, en menor medida, el análisis cuantitativo y estadístico de técnicas de análisis.

El término IU fue introducido por primera vez por la compañía Digital Equipment Corporation, que usaron este término para referirse a los conceptos y técnicas para planificar, conseguir y verificar objetivos de la usabilidad de los sistemas [10]. Se trata de una disciplina que proporciona métodos estructurados para conseguir la usabilidad en el diseño de la interfaz de usuario durante el desarrollo de un producto de software, cuya principal idea es que los objetivos medibles de usabilidad deben ser definidos de manera temprana en el desarrollo del producto y evaluarlos repetidamente durante el desarrollo para poder asegurar que se ha conseguido construir un producto "usable".

2.1.1. Concepto de Usabilidad

En el concepto tradicional de calidad de un sistema de software, la usabilidad se presenta como un atributo del software al que se presta especial atención en determinados proyectos, de forma similar a como se trata la seguridad. Esto provoca que un gran número de sistemas de software tengan un nivel deficiente de usabilidad, lo cual produce que el sistema no tenga la calidad que el usuario espera del mismo. Si se tuviera un mayor cuidado al momento de construir un sistema de software con respecto a la usabilidad, se tendría un sistema con mayor grado de calidad percibida por el usuario sin un aumento excesivo del costo de desarrollo.

Sin embargo, la creciente demanda de software más usable está cambiando este panorama. En las versiones más recientes de las normas ISO que tratan este tema, se puede observar cómo la calidad de un sistema se distingue entre calidad inherente y

calidad de uso. La usabilidad se define como "El grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso" en el estándar ISO 9241 [11], y en la ISO 14598-1 se define calidad de uso de forma análoga. En esta definición se liga la usabilidad de un sistema a usuarios, necesidades y condiciones específicas. Por lo tanto, la usabilidad del sistema no es un atributo inherente al software, no puede especificarse independientemente del entorno de uso y de los usuarios concretos que vayan a utilizar el sistema [11].

La ingeniería de la usabilidad se puede definir como una aproximación al desarrollo de sistemas en las que se especifica a priori niveles cuantitativos de usabilidad, y el sistema se construye para alcanzar dichos niveles, definidos como métricas. La usabilidad no puede definirse como un atributo simple de un sistema, dado que implicará aspectos distintos dependiendo del tipo de sistema que se quiere construir. No todos los sistemas informáticos deben cumplir con los mismos requisitos, por lo que los atributos de un sistema de software interactivo para un museo no van a ser iguales que un sistema de gestión de reclamos [11].

2.1.2. Atributos de Usabilidad

La usabilidad no puede medirse directamente dado que es una cualidad demasiado abstracta. Según Nielsen [12], la usabilidad puede dividirse en los siguientes cinco atributos básicos:

- **Aprendizaje:** El sistema deberá ser fácil de aprender para que el usuario pueda rápidamente comenzar a interactuar con el sistema.
- **Eficiencia:** El sistema deberá ser eficiente de usar, así el usuario una vez que ha aprendido el sistema, pueda tener un alto nivel de productividad si es posible.
- **Memorabilidad:** El sistema deberá ser fácil de recordar, de esta forma, el usuario puede volver a utilizar el sistema después de un tiempo, sin necesidad de volver a aprender su funcionamiento nuevamente.
- **Errores:** El sistema deberá tener una baja tasa de errores, para mitigar los que los usuarios puedan cometer durante el uso del sistema y se pueda recuperar de forma fácil. Además, los errores catastróficos no deben ocurrir.

- Satisfacción: El sistema debe ser agradable de usar, así los usuarios están subjetivamente satisfechos cuando lo utilizan.

Estos cinco atributos pueden descomponerse a su vez para conseguir una mayor precisión en los aspectos de la usabilidad en los que se quiere poner mayor énfasis.

2.1.3. Modelos de proceso software orientados a la usabilidad

Existen en la actualidad varios modelos que se han propuesto para poder implementar aplicaciones y proyectos de software teniendo como objetivo principal la usabilidad. A continuación, se describirán los modelos más relevantes.

2.1.3.1. Modelo de Nielsen

Jakob Nielsen [12] introdujo por primera vez el término de usabilidad al mundo de las aplicaciones interactivas y propuso una metodología para el desarrollo de aplicaciones usables. El ciclo de vida de la IU que propone es el siguiente:

- 1.- Conocer el usuario
 - a.- Características individuales
 - b.- Tareas actuales del usuario (y las que desea)
 - c.- Análisis funcional
 - d.- La evolución del usuario y del trabajo
- 2.- Análisis de la competencia
- 3.- Establecer los objetivos de la usabilidad
 - a.- Análisis de impacto financiero
- 4.- Diseño paralelo
- 5.- Diseño participativo
- 6.- Diseño coordinado de la interfaz global
- 7.- Aplicar guías de estilo y análisis heurístico
- 8.- Prototipado
- 9.- Pruebas empíricas
- 10.- Diseño iterativo
 - a.- Captar el diseño racional
- 11.- Coleccionar "feedback" de trabajos de campo

Figura 1 - Etapas del modelo de ingeniería de la Usabilidad de Nielsen - Fuente: [12]

Este modelo, describe una serie de actividades a realizar para ser capaces de desarrollar sistemas interactivos con la componente "Usabilidad" en el centro del problema.

Lo que Nielsen propone con este modelo es no apresurarse hacia el diseño del sistema. El esfuerzo se centra en el relevamiento de información centrado en el usuario, sus características y conocimientos. Al realizar las actividades de investigación como se describen, se tiene una menor probabilidad de desarrollar características del sistema que serán innecesarias para el usuario.

Estas actividades se pueden describir del siguiente modo:

- **Conocer al usuario:** El primer paso en el proceso de usabilidad es estudiar los usuarios y el uso que tendrá el producto. Como mínimo, los desarrolladores deben visitar al usuario para ver como el producto va a ser utilizado. Las características individuales de cada usuario y la variedad de tareas son dos factores importantes a tener en cuenta, por lo que se debe estudiar con cuidado. Es necesario conocer la clase de personas que utilizarán el sistema, el nivel educacional que poseen, la edad, si tienen experiencia previa usando computadoras, experiencia laboral, etc.; lo cual facilita definir los límites de complejidad para las interfaces de usuario. Conocer al usuario es la actividad más importante para todas directrices de la usabilidad, aunque a veces resulta difícil tener acceso a ellos.
- **Análisis de la Competencia:** El análisis de la competencia consiste en verificar productos similares al que se intenta desarrollar. Si se pueden realizar pruebas sobre los productos de la competencia, se puede realizar un análisis comparativo de estos, verificando sus funcionalidades y como es la interacción con el usuario. Con esto se pueden tomar ideas para el nuevo diseño verificando cuales son las ventajas y desventajas.
- **Establecer los objetivos de la usabilidad:** La usabilidad no es un atributo unidimensional de un sistema, por lo que algunos de estos atributos pueden a veces entrar en conflicto. Normalmente, no todos los aspectos de la usabilidad pueden llegar a tener el mismo peso dentro de un proyecto, por lo que se deberá definir prioridades tanto en el análisis de los usuarios como en sus tareas. Antes de comenzar el diseño de nuevas interfaces, es importante definir cuáles serán las métricas de usabilidad de mayor interés dentro del proyecto que especificarán los objetivos de las interfaces de usuario en términos de métricas de usabilidad.

- **Diseño Paralelo:** Una buena manera de comenzar con el diseño es realizarlo de forma paralela, en el que varios diseñadores construyen los diseños preliminares. El objetivo del diseño en paralelo es diseñar alternativas de las cuales se obtendrá el diseño final. Es importante que los diseñadores trabajen de forma independiente para que se pueda tener una mayor variedad.
- **Diseño Participativo:** En esta actividad entra en juego el usuario. Para esta actividad los diseñadores interactúan con un grupo representativo de usuarios después de comenzar la fase de diseño. Un punto a tener en cuenta es que dichos usuarios deberán ser los usuarios finales. El diseño participativo se centra en realizar reuniones entre los diseñadores y los usuarios. Los usuarios participan activamente en el proceso de diseño del sistema. Ellos definen si el diseño les parece correcto, no les gusta, o no le resulta práctico. Para obtener un mayor beneficio, se deben presentar los diseños del sistema sugeridos de una forma que el usuario pueda comprenderlo, por ejemplo, a través de prototipos. En etapas tempranas de diseño, cuando no se tiene un prototipo funcional disponible, pueden ser útiles maquetas en papel o simples diseños de pantallas.
- **Diseño coordinado de la interfaz global:** La coherencia es una de las características más importantes de la usabilidad. Esta debe aplicarse a través de diferentes medios de comunicación que forman la interfaz de usuario completa, no sólo incluyendo las pantallas de la aplicación, sino también la documentación, ayuda, tutoriales en línea, etc. La coherencia no es medida en un único instante de tiempo, pero deberá corresponder a las sucesivas versiones del producto para que estas sean compatibles con sus predecesoras. Además de las actividades de coordinación formales, es útil tener diversas culturas de grupos de desarrollo para poder tener una mayor comprensión de lo que la interfaz de usuario debe hacer. Muchos aspectos del diseño de la interfaz de usuarios (especialmente los dinámicos) son difíciles de describir mediante documentos escritos, por lo que el prototipado puede ayudar a lograr la coherencia, ya que estos son una declaración de principios de la clase de interfaz hacia la que el proyecto tiene como objetivo.

- **Aplicar guías de estilo y análisis heurístico:** En un proyecto se deben utilizar varios niveles de guías como lineamientos generales para todas las interfaces de usuario, lineamientos específicos para cada categoría y guías específicas para cada producto. Todas estas guías se pueden utilizar como base para la evaluación heurística. Se debe asegurar que los objetos de mayor interés para el usuario deben ser visibles en la pantalla y que sus atributos más importantes se muestren.
- **Prototipado:** Un aspecto a tener en cuenta es no comenzar a diseñar a gran escala las actividades de aplicación sobre la base de los primeros diseños de interfaz de usuario. La evaluación de usabilidad se basa en prototipos finales que pueden desarrollarse de manera rápida y cambia hasta que el usuario logre una mejor comprensión del sistema, de manera que el usuario pueda empezar a interactuar con el sistema en un tiempo temprano del proyecto. El prototipado puede ser vertical, el cual será una parte limitada del sistema, donde se pondrá a prueba las funcionalidades reales con los usuarios. La reducción del nivel de profundidad se denomina prototipado horizontal, ya que el resultado es una capa superficial que incluye la interfaz de usuario del sistema completo, pero sin funcionalidad adyacente.
- **Pruebas empíricas:** Una forma básica de realizar la evaluación de interfaces es llevando a cabo algunas pruebas con los usuarios. Los beneficios del empleo de algunos métodos de uso para evaluar la interfaz de usuario, en vez de liberarlas sin una previa evaluación, es mucho mayor que los beneficios adicionales de usar los métodos correctos para un proyecto determinado. Siempre se esperan los mejores resultados de las pruebas de usuarios reales y sistemas reales, pero al hacerlo no siempre puede ser factible. Los métodos de creación de prototipos proporcionan un medio de realización de evaluaciones a tiempo para influir en un proyecto, mientras que al mismo tiempo se puede ir cambiando la dirección y los métodos de evaluación heurística permitirán evaluar la facilidad de uso sin el costo de una prueba de usuario.
- **Diseño iterativo:** Basado en los problemas de usabilidad y oportunidades reveladas por las pruebas empíricas, se pueden producir una nueva versión de la interfaz. Algunos métodos de pruebas, en muchos casos, como pensar en voz alta

proporciona suficiente comprensión de la naturaleza para sugerir cambios específicos a la interfaz. En otros casos, las posibles alternativas deben ser diseñadas en base al conocimiento de las guías de la usabilidad, y puede ser necesario probar varias soluciones posibles antes de tomar una decisión. Una revisión de diseño puede introducir nuevos problemas de uso en las interfaces. Esta es otra razón para la combinación de diseño de diseño iterativo y evaluación heurística. Es muy común en un rediseño se centre en una mejora de uno de los parámetros de la usabilidad, por ejemplo, la reducción de tasa de error del usuario, sólo para descubrir que algunos cambios impactaron de forma negativa en algunos otros parámetros de usabilidad, como por ejemplo, velocidad en las transacciones. En algunos casos, la solución de un problema puede hacer que la interfaz resultante sea peor para aquellos usuarios que no detectaron los problemas de uso. La interfaz de usuario debe ser modificada y vuelta a probar cuando se detecte algún problema de usabilidad en el diseño. Durante el proceso iterativo puede no ser factible realizar una prueba con usuarios reales cada vez que se genera una nueva versión por lo que el diseño puede ser sometido a un análisis heurístico y validarlo con usuarios expertos el diseño que se ha logrado. En los modelos tradicionales de la Ingeniería de Software parte del tiempo de desarrollo se lo dedica a la refinación de productos intermedios. Un problema de estos modelos es que el usuario no ve una interfaz usable hasta último momento. La idea de la creación de prototipos es reducir el tiempo y costo de usabilidad. Los usuarios que han estado involucrados en el diseño participativo son inadecuados como sujetos de prueba, dado que las mismas estarán sesgadas.

- Coleccionar "feedback" de trabajos de campo: El objetivo principal del trabajo de usabilidad después de presentar un producto es reunir información acerca del uso que se le da al producto para poder realizar análisis para nuevas versiones. Un producto recién lanzado puede ser visto como un prototipo de futuros productos. Se pueden llevar a cabo diversos estudios específicos para reunir información sobre el uso de los productos. Básicamente, los mismos métodos se pueden utilizar para este tipo de estudio de campo como para otros estudios y análisis de tareas, en especial con entrevistas, cuestionarios y estudios de observación. Los estudios de seguimiento se ocupan de la usabilidad de los sistemas existentes, donde el

registro de datos de versiones del producto es especialmente valioso por su capacidad para indicar como el software está siendo utilizado en una variedad de tareas y entornos. La información técnica de los análisis de quejas de los clientes, modificación de peticiones, llamadas a líneas de ayuda, incluso cuando el reclamo de un usuario a primera vista parece indicar un error de programación, como por ejemplo, pérdida de información, puede tener raíces reales de un problema de usabilidad, por lo que los usuarios pueden estar operando el software de manera peligrosa o con una tasa de errores considerable.

2.1.3.2. Desarrollo basado en escenarios

Este método de la ingeniería de la usabilidad se centra en la realidad del desarrollo de un sistema de software para mostrar el uso de los escenarios como base metodológica describiendo como se interrelacionan las personas cuando utilizan sistemas de software interactivos y utilizan esta experiencia para hacer de la usabilidad una práctica integrada en el desarrollo de un software interactivo [10], [12].



Figura 2- Método desarrollo basado en escenario – Fuente: [10]

El método se basa en un modelo en el que no existen reglas inflexibles con el análisis, prototipado y la resolución de problemas en cuanto a la evaluación y la toma de

decisiones razonables para maximizar el valor del producto final. La técnica de desarrollo de escenarios es la clave del método, siendo éstos utilizados para la representación de todas las etapas del análisis y del diseño del uso [10].

Este diagrama no debe entenderse como un modelo en cascada, dado que en cada paso del proceso los escenarios son analizados y transformados para dar apoyo a los diferentes objetivos del desarrollo. Se basa en que todas las actividades se realicen de una manera iterativa e intercalada.

En la etapa de análisis, la sucesiva transformación de los diferentes escenarios que se realizan, facilita la reflexión y la discusión. En esta fase, escribir una determinada situación de forma descriptiva ayuda a aflorar cuestiones acerca de otras situaciones relativas al escenario descrito.

Este modelo prioriza el análisis crítico de escenarios que sucesivamente se van desarrollando y mejorando para inspeccionar las características más importantes de las situaciones representadas y el impacto de éstas en las experiencias personales de quienes utilizan dichos sistemas. En el análisis de requisitos, estas características corresponden a elementos de la situación actual, y en el momento en el que el escenario pasa de la etapa de análisis a la etapa de diseño, éste muestra características de la nueva solución propuesta. Las características de los escenarios se relacionan con la noción general de aspectos en el diseño, en el que se analizan tanto el impacto positivo como el negativo del sistema a mejorar su usabilidad [10],[13].

La fase de diseño se encuentra dividida en las siguientes sub fases:

- Los desarrolladores prevén la nueva situación con escenarios representando la actividad, que permiten entrever o imaginar cómo será la situación en el futuro.
- El equipo realiza los escenarios de información, que no son más que escenarios de la sub fase anterior con detalles acerca de la información que el sistema proporcionará al usuario.
- Se desarrollan los escenarios de interacción, que describen los detalles de las acciones que el sistema ofrece y la realimentación de las personas que las realizan. Cada uno de estos escenarios describe completamente a estas personas, las tareas

soportadas por el sistema, la información necesaria para completar cada una de estas tareas, las acciones que las personas realizan para interactuar con la información de la tarea y la respuesta del sistema proporcionan a cada una de las tareas o acciones [10].

La fase de prototipado y evaluación debe implementarse durante todo el proceso. En el prototipado, se basa únicamente en la producción de escenarios como técnica única y factible para representarlo todo, mientras que la evaluación distingue entre la evaluación formativa, que es desarrollada principalmente para guiar el rediseño, y la evaluación aditiva, que sirve como función de verificación del sistema. Finalmente, la cantidad de iteraciones del diseño de escenarios que determinada por la satisfacción y objetividad del usuario que los evalúa [10].

2.1.3.3. Modelo de proceso de Usabilidad Pervasiva

El modelo de proceso de Usabilidad Pervasiva propuesto por Brinck, Gergle y Wood [14], está totalmente enfocado en el desarrollo de aplicaciones Web, como se muestra en la Figura 3.

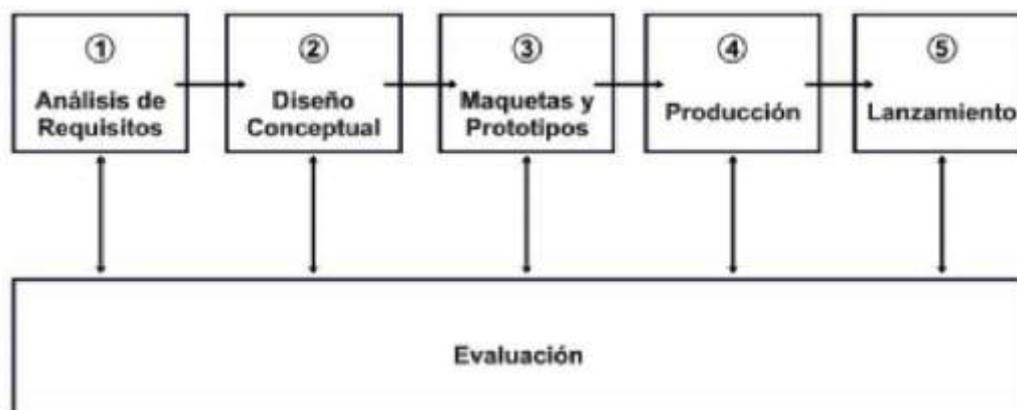


Figura 3- Modelo de proceso de usabilidad pervasiva – Fuente: [14]

La evaluación aparece debajo y separadamente para indicar que pueden aplicarse tipos similares de evaluación durante las diferentes fases de diseño. Esta evaluación incluye evaluar los objetivos de la usabilidad y constituye una garantía para que el diseño

satisfaga los objetivos preestablecidos. Este modelo organiza el trabajo en cinco fases en las que la evaluación está totalmente incorporada de manera recurrente en cada una de ellas: Análisis de requisitos, diseño conceptual, maquetas y prototipos, producción y lanzamiento. Su autor indica que la evaluación es parte de la usabilidad pervasiva, pero ésta, realmente se encuentra completamente integrada en cada una de las etapas del proceso de desarrollo de software.

2.1.3.4. Diseño Centrado en el Usuario

El Diseño Centrado en el Usuario (DCU) es un enfoque que da soporte a todo el ciclo de desarrollo de software con el fin de desarrollar aplicaciones que sean fáciles de usar y dan un valor agregado a los posibles usuarios.

Existe actualmente una norma internacional que es la base de muchas metodologías de DCU. Este estándar ISO 13407 (Human-Centred Design Process) define un proceso general para la inclusión de actividades centradas en el humano a través de un ciclo de vida de desarrollo, pero no especifica los métodos exactos [15].

Una vez que se han identificado las necesidades de utilizar un proceso de diseño centrado en el usuario, el modelo se divide en 4 actividades que constituyen el ciclo principal del trabajo [15]:

- Especificación del Contexto de Uso: Identificar a las personas que vayan a utilizar el producto, identificar para que van a utilizar el producto, y en qué condiciones van a usar el producto.
- Especificación de Requerimientos: Identificar los requisitos de negocio o metas de usuario que deben cumplirse para que el producto tenga éxito.
- Creación de las soluciones de diseño: Esta parte del proceso se puede realizar en etapas, a partir de la construcción de un concepto aproximada a un diseño completo.
- Evaluar los diseños: La parte más importante de este proceso es que la evaluación, idealmente a través de las pruebas de usabilidad con usuarios reales, es tan integral como pruebas de calidad para un buen desarrollo de software.

El proceso finaliza cuando se cumplen todos los requisitos y el producto puede ser liberado.

2.1.4. Herramienta de Evaluación de la Calidad de Objetos de Aprendizaje (COdA)

Entendemos que un OA es de calidad cuando es eficaz, didáctica -produce buenos resultados académicos- y tecnológicamente -es un buen producto informático: robusto, interoperable, usable, escalable. La evaluación de la calidad de los objetos de aprendizaje: (1) ayuda a los autores a crear mejores materiales didácticos en formato digital si se aplica durante la creación de los mismos de forma que vaya guiando la toma de decisiones y acciones a la obtención de las mejores puntuaciones en la evaluación de calidad; y, (2), sirve para valorar la dedicación que requiere la producción de OA de calidad. Además, (3) las evaluaciones obtenidas con COdA (Herramienta de Evaluación de la Calidad Objetos de Aprendizaje) [16], ayudan a los profesores y estudiantes a localizar en los repositorios -o contenedores- de objetos de aprendizaje los más adecuados a sus necesidades didácticas y técnicas.

Esta herramienta está dirigida principalmente a los profesores, investigadores y estudiantes que son creadores y usuarios de los OA, expertos en sus disciplinas, pero no necesariamente expertos en informática y didáctica. Permite mejorar sus OA haciéndolos cumplir el mayor número de criterios posible. Además, puede ser utilizada por los revisores externos cuando los autores deseen o necesiten un reconocimiento de la calidad de sus colecciones de OA. COdA (ver Anexo I) se puede utilizar para guiar la creación de los OA, antes de su utilización real o para valorar su efectividad tecnológica y didáctica potencial del OA posteriormente a su utilización. Consiste en un formulario con diez criterios de calidad puntuables de 1 (mínimo) a 5 (máximo) y una guía de buenas prácticas para orientar la puntuación de los OA [16].

Con este modelo de evaluación, tanto el autor del objeto de aprendizaje como los usuarios y posibles revisores externos pueden valorar los OA con respecto a diez criterios. Los cinco primeros criterios son de carácter didáctico, mientras que los otros cinco son tecnológicos de manera que ambos aspectos tienen el mismo peso [16].

1. Objetivos y coherencia didáctica

2. Calidad de los contenidos
3. Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación
4. Interactividad y adaptabilidad
5. Motivación
6. Formato y Diseño
7. Usabilidad
8. Accesibilidad
9. Reusabilidad
10. Interoperabilidad

Cada criterio, a su vez, se desglosa en una serie de subcriterios de cuyo cumplimiento depende la puntuación total obtenida en el mismo. De esta manera se obtiene una evaluación extremadamente precisa que no deja ningún apartado abierto a la interpretación del evaluador (ver Anexo I). Finalmente, se completa con una guía de orientación y buenas prácticas que explica los subcriterios y ofrece ejemplos e indicaciones basados en casos reales.

Para cada uno de los criterios propuestos se evaluará la calidad con una puntuación de 1 a 5, siendo 1 el mínimo y 5 el máximo. Si se considera que alguno de los criterios no es relevante para el OA evaluado, o si el revisor no se considera cualificado para juzgar ese criterio, siempre se puede evitar seleccionando la opción “No Aplicable” (NA). Este modelo puede ser utilizado en la revisión individual, autoevaluación, o en grupo, evaluación por pares [16].

En primer lugar aporta una herramienta especialmente dirigida al profesor que es autor, usuario y evaluador de OA. Además, la garantía de que es una herramienta consensuada, fácil de usar, eficaz y fiable. Recoge el mínimo conjunto de criterios de los modelos de calidad nacionales e internacionales sobre la calidad didáctica y tecnológica de los OA; es comprensible y sencilla de llevar a la práctica con conocimientos y recursos informáticos y didácticos básicos, y, finalmente, los criterios se definen de forma precisa para garantizar que se interpretarán de forma semejante. Se ha acercado al máximo la terminología y las recomendaciones tecnológicas al profesor sacrificando algunos aspectos poco comprensibles para los no especialistas en informática. Así, por ejemplo, respecto a los criterios para la interoperabilidad de los OA, COdA recomienda los formatos estándares oficiales, pero, además, considera otros formatos de uso generalizado

llamados estándares de facto. Respecto a la accesibilidad de los OA para personas con discapacidad, COdA sintetiza las recomendaciones más fáciles de entender e implementar para contenidos web y contenidos multimedia propuestas por los consorcios W3C y IMS Global Learning Consortium [16],[17].

Para desarrollar COdA, se han tenido en cuenta los modelos de evaluación de la calidad de contenidos educativos desarrollados en Universidades Españolas, entre las que destacan la UNED (UNED), el Campus Virtual de la UCM, la Universidad de Murcia [17]. Asimismo, sintetiza los criterios comúnmente compartidos por la mayoría de los modelos de evaluación de OA publicados como el de Paulsson y Naeve [18]; Becta [19]; Leacock y Nesbit [20] y Kurilovas y Dagiene [21]. La presentación de COdA está inspirada en la herramienta LORI (Learning Object Review Instrument) [22].

2.2. Estándares vigentes sobre usabilidad en el software

Existen normas ISO que ameritan ser observadas en este trabajo final, debido a que presentan vinculación respecto a las características que analizan desde el punto de vista de la usabilidad y ciclo de vida de desarrollo de software.

2.2.1. Estándar ISO/IEC 12207

En 1996, la IEEE decidió adoptar el estándar ISO/IEC 12207 [23] (International Standard: Information Technology. Software Life Cycle Processes) como base para los estándares relacionados con el proceso de ciclo de vida del desarrollo de software dentro de sus estándares sobre ingeniería del software (IS). Esta adopción de la ISO/IEC 12207 por parte de IEEE implicó el inicio de un proceso de revisión del resto de estándares de IS para asegurar la consistencia con el mismo.

El estándar internacional ISO/IEC 12207 define un marco común para procesos de desarrollo de software (procesos de ciclo de vida en la terminología del estándar) de forma precisa, que puede usarse como referencia por la industria del software.

En ese ciclo de vida para el software establece procesos y actividades que se aplican desde la definición de requisitos, pasando por la adquisición y configuración de los servicios del sistema, hasta la finalización de su uso. Tiene como objetivo principal

proporcionar una estructura común para que compradores, proveedores, desarrolladores, personal de mantenimiento, operadores, gestores y técnicos involucrados en el desarrollo de software usen un lenguaje común [23].

El estándar está redactado de manera que el modelo de proceso descrito pueda particularizarse para cada proyecto, lo que implica que el nivel de detalle no es muy grande, para cada actividad descrita se enumeran los principios generales para su realización, no define el nombre, formato ni contenido de la documentación a generar en cada actividad.

La estructura del estándar está dividida en tres tipos de procesos:

- **Procesos Principales:** Comprenden cinco procesos que prestan servicio a las principales partes implicadas en el desarrollo de software como son el comprador, el vendedor/proveedor, el desarrollador, el operador y quien realice el mantenimiento producto de software.
- **Procesos de Soporte:** Comprenden ocho procesos, los cuales dan soporte a otros procesos como una parte integral de los mismos, pero con distinto propósito y contribuyen al éxito y a la calidad del proyecto de software.
- **Procesos Organizacionales:** Comprenden cuatro procesos, los cuales son usados por una organización para establecer e implementar una estructura base formada a partir de procesos de ciclo de vida y personal, y de una mejora continua de dicha estructura y procesos.

La numeración indicada de los tipos de procesos refleja el número de la cláusula del estándar en donde está descrito cada uno de ellos (ver Figura 4).

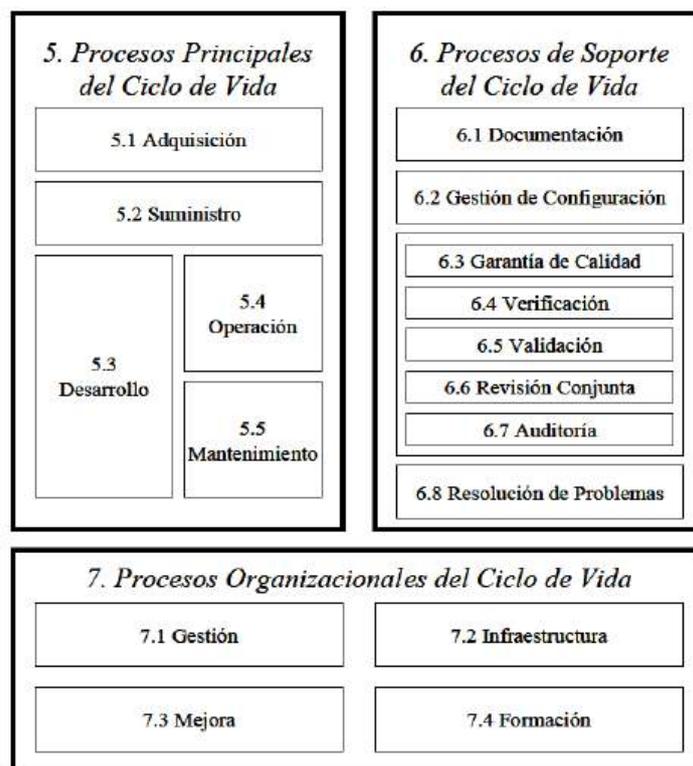


Figura 4 - Estructura de procesos del Estándar ISO/IEC 12207 – Fuente: [23]

En los procesos descritos en el estándar ISO/IEC 12207 no se especifica el papel de las prácticas de usabilidad más que de forma tangencial. Únicamente se tiene en cuenta a los usuarios en el proceso de operación porque contiene las actividades y tareas del operador del sistema (es decir, la persona que operará con el software), solo describe que se establezcan mecanismos para la gestión de las peticiones de cambios por parte de los usuarios, que se realicen pruebas del sistema en el entorno de operación y que se establezcan los procedimientos y mecanismos de soporte a los usuarios del sistema. Los usuarios se consideran como agentes que pueden pedir cambios a tener en cuenta en la etapa de mantenimiento del sistema, permaneciendo pasivos hasta entonces [23].

En el proceso de suministro, en la actividad de planificación, se establece que un tema a considerar en la planificación del proyecto es la participación de usuarios. El estándar aclara que tal participación se refiere a ejercicios de establecimiento de requisitos, demostraciones de prototipos y evaluaciones, denotando un enfoque de la posible participación del usuario en el que éste cumple un papel pasivo en las actividades en las que participa [23].

En el proceso de validación, en la actividad de validación, se especifica cómo desarrollar las pruebas de validación del producto software. En dicha tarea se aclara que se debe: “Probar que usuarios representativos pueden llevar a cabo las tareas deseadas satisfactoriamente usando el producto software”. Esto se detalla en forma ambigua en donde permite la implementación de todas las técnicas y actividades de evaluación de la usabilidad [23].

Aunque el estándar no aborda el tratamiento de la usabilidad del producto software más que de forma indirecta, su carácter flexible permite la inclusión de técnicas y actividades de usabilidad. No obstante, no se encuentra en el estándar ningún tipo de ayuda para aquellas organizaciones de desarrollo de software que quieran implementar las actividades de usabilidad.

2.2.2. Estándar ISO/IEC 12207_1, 02

La enmienda primera al estándar ISO/IEC 12207 [24] aprobado por la organización de estandarización en el año 2002, en concreto, incluye cuatro nuevos procesos (proceso de usabilidad, de gestión de assets, de gestión del programa de reutilización y de ingeniería del dominio) y renombra el proceso de formación por proceso de recursos humanos.

Esta enmienda al estándar incluye el nuevo proceso de usabilidad entre los procesos de soporte del ciclo de vida basado en la información descrita en el estándar ISO 13407 (Procesos de diseño centrados en el humano para sistemas interactivos) [15], el cual se trata del estándar de referencia en proceso de desarrollo del campo de la Interacción Persona-Computador (IPC). El proceso de usabilidad de esta enmienda describe las actividades y tareas que debe desempeñar el rol de especialista en usabilidad en un proyecto de desarrollo de software. Cubre las actividades descritas en el estándar ISO 13407 y, por tanto, la descripción del proceso de usabilidad es bastante completa, incluyendo una mención a las principales actividades en un proceso centrado en el usuario.

Las actividades del proceso de usabilidad que incorpora esta enmienda al estándar ISO/IEC 12207 son las siguientes.

- **Implementación del proceso:** Consiste básicamente en especificar y gestionar cómo las actividades de usabilidad se van a desarrollar y cómo van a encajar con el resto de actividades del proyecto. Incluye, por ejemplo, la planificación de la participación de usuarios, el asegurar el enfoque centrado en el humano por parte del equipo de desarrollo completo y la selección de los métodos y técnicas centrados en el humano que se van a utilizar.
- **Diseño centrado en el humano:** Esta actividad consiste de varias tareas dirigidas primero, a la especificación de los requisitos de las partes involucradas y organizacionales, de los objetivos del sistema, identificación de los usuarios y sus necesidades y el establecimiento de los objetivos de calidad en uso (o requisitos de usabilidad). Tareas que deben realizarse por parte del especialista en usabilidad en asociación con el desarrollador, mientras que las siguientes son función del especialista en usabilidad: Identificación y documentación de las tareas del usuario, descripción de los atributos de los usuarios, y del entorno de uso. También incluye la ayuda por parte del especialista en usabilidad al desarrollador en las tareas de asignar funciones, producir el modelo de tareas, explorar el diseño del sistema y desarrollar prototipos. Finalmente, provee una especificación por parte del especialista en usabilidad de todo lo relativo a evaluación de usabilidad (evaluación de prototipos, evaluación en cuanto a las necesidades del usuario y organizacionales, etc.).
- **Aspectos humanos de estrategia, introducción y soporte:** Incluye tareas para el trabajo conjunto del especialista en usabilidad con los especialistas en marketing y estrategia, para analizar tendencias en los usuarios, elaborar estrategias de mercado y representar a las partes interesadas y usuarios en general. También incluye actividades para gestionar la introducción del sistema a desarrollar y la operación del mismo (gestión del cambio, personalización, formación de usuarios).

2.2.3. Estándar ISO 13407

El estándar ISO 13407, que ha sido mencionado anteriormente [15] (Human-Centred design processes for Interactive Systems), analiza el proceso de diseño centrado en el humano para sistemas interactivos, proporciona una guía para alcanzar la calidad en el uso mediante la incorporación de actividades de naturaleza iterativa a través de toda la vida útil de los sistemas interactivos informáticos. Está dirigido a los responsables de los procesos de diseño y tiene que ver con la planificación y la gestión del diseño centrado en el usuario.

En ella se describe el Diseño Centrado en el Usuario (DCU/User-Centred Design) como una actividad multidisciplinar, que incorpora factores humanos y conocimientos ergonómicos con el objetivo de mejorar la efectividad y eficiencia, las condiciones de trabajo y contrarrestar los posibles efectos adversos de su uso, en relación con la salud, la seguridad y el rendimiento.

En la cláusula 4 el estándar describe las razones para adoptar un proceso de diseño centrado en el usuario. Identifica un proceso de ese estilo con la producción de un sistema más usable y detalla las ventajas de un producto desarrollado así:

- Es más fácil de entender y usar, por lo tanto, reduce los costos de formación y soporte.
- Mejora la satisfacción del usuario y reduce la incomodidad y el estrés.
- Mejora la productividad de los usuarios y la eficiencia operacional de las organizaciones.
- Mejora la calidad del producto, atrae a los usuarios y puede aportar ventajas competitivas.

Si bien el estándar se define como incompleto, porque no cubre todas las actividades necesarias para asegurar que el diseño sea efectivo, provee una perspectiva centrada en el usuario caracterizada por los siguientes principios del DCU:

- El diseño está basado en una comprensión explícita de usuarios, tareas y entornos.
- Los usuarios están involucrados durante el diseño y el desarrollo.
- El diseño está dirigido y refinado por evaluaciones centradas en usuarios.
- El proceso es iterativo.

- El diseño está dirigido a toda la experiencia del usuario.
- El equipo de diseño incluye habilidades y perspectivas multidisciplinarias.

En su cláusula 6, define las directrices para planificar un proceso de DCU, en dicho plan específica como encajan las actividades de DCU en el proceso de diseño general de sistemas. Según el estándar un plan de proceso de DCU debe identificar las actividades del proceso centrado en el usuario, los procedimientos para integrarlas con actividades de desarrollo, procedimientos para establecer feedback y comunicación entre actividades DCU y otras actividades afectadas, hitos para las actividades DCU y escalas de tiempo apropiadas para permitir cambios de diseño a incorporar en la planificación del proyecto. El proceso debe comenzar en las etapas más tempranas del proyecto, por ejemplo, cuando recién se está formulando el concepto del producto o sistema, y debe ser iterado hasta que el sistema cumpla con los requisitos. La necesidad del enfoque de DCU debe identificarse desde los objetivos operacionales del sistema, por ejemplo, satisfacer los requisitos de usabilidad del cliente [15]. El detalle de las actividades realizadas en DCU se puede ver en el Anexo II.

En el anexo B del estándar se detallan los temas relativos a cada tipo de informe de evaluación, informe de feedback al diseño, informe de pruebas del diseño contra estándares específicos e informe de pruebas con usuario. Dicho estándar es ampliamente citado y se ha convertido en una referencia básica sobre procesos de desarrollo centrados en el usuario.

2.2.4. Estándar ISO/TR 16982

El estándar ISO/TR 16982 [25] Métodos de Usabilidad que soportan diseño centrado en el humano (Ergonomics of human-System interaction - Usability methods supporting human-centred design) proporciona las ventajas, desventajas y demás factores relacionados con los métodos de usabilidad basados en el diseño centrado en el humano que son ampliamente utilizados por los especialistas en usabilidad al momento de diseñar o evaluar un producto.

La norma fija su foco en analizar cómo se pueden lograr sistemas más utilizables (mayor usabilidad) tomando el marco de la ISO 13407 como base del diseño centrado en

el humano, para mostrar cómo los diferentes métodos de usabilidad se pueden emplear para apoyar este proceso en cada etapa del ciclo de vida y adaptándose a las características particulares de cada proyecto.

Respecto a lo que compete a este trabajo, se rescata los métodos que esta norma brinda para el proceso de evaluación de usabilidad y se identifica cuáles de ellos pueden ser los más útiles para los fines de medición de usabilidad en el contexto que se ha elegido en este trabajo.

La evaluación asistida puede ayudar a definir y luego probar los escenarios típicos de uso del producto y los cuestionarios de satisfacción para conocer la opinión subjetiva de los usuarios que utilizan el producto. También se considerará el análisis de tareas y análisis de contexto de uso, sugerido en la norma como métodos para el área de contexto de uso.

2.2.5. Estándar ISO 9241

El estándar ISO 9241 [26] (Ergonomics of Human System Interaction) hace referencia a los requisitos ergonómicos y recomendaciones relativas al hardware, al software y los atributos del entorno, los cuales contribuyen a un nivel de usabilidad adecuado respecto a principios ergonómicos subyacentes.

Originalmente está dividido en 17 partes, donde las partes 1 y 2 muestran una introducción y guías para el empleo del estándar, en las partes 3-9 se tratan los requisitos y guías relacionadas con el hardware, la interacción e interfaz que tienen su impacto en el funcionamiento del software y por último las partes 10-17 se centran en los aspectos del software.

En particular es en la parte 11, medidas de especificación de la usabilidad (Guidance on Usability) donde se define la usabilidad como: “La medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para sus conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado”. Por lo tanto, según este estándar, la medición de la usabilidad del sistema consta de tres

atributos de la usabilidad evaluados de acuerdo con el contexto de la utilización del software:

- **Efectividad:** ¿Los usuarios alcanzan sus objetivos correctamente al usar el sistema? Se refiere a la exactitud e integridad con la que los usuarios alcanzan los objetivos especificados, y por tanto implica la facilidad de aprendizaje, la ausencia de errores del sistema o la facilidad para ser recordado.
- **Eficiencia:** ¿Qué recursos se han requerido a fin de alcanzar los objetivos del usuario? Recursos empleados (esfuerzo, tiempo, etc.) para que los usuarios puedan alcanzar los objetivos especificados.
- **Satisfacción:** ¿Qué impresiones tienen los usuarios sobre el uso del sistema? un factor subjetivo que implica una actitud positiva en el uso del producto.

2.2.6. Estándar ISO/IEC 9126-1

La norma ISO 9126 [27] Ingeniería de Software, Calidad de Producto – Parte1: Modelo de Calidad (Software Engineering, Product quality - Part 1: Quality model) se publicó en 1991 con el objeto de “promover un entorno que permita la evaluación de la calidad del software”. En 1994 se entendió que era necesaria una modificación y adaptación de la norma y fue en esta versión dónde se introducen por primera vez los conceptos de calidad interna y calidad externa. ISO 9126 es un estándar internacional para la evaluación de la calidad del software.

Actualmente, está reemplazado por el proyecto SQuaRE, ISO 25000 (System and Software Quality Requirements and Evaluation), el cual sigue los mismos conceptos. La diferencia entre la ISO/IEC 9126 y la familia ISO 25000 consiste en que, en esta última, se incorpora normas vinculadas al proceso de evaluación de software [27]. El motivo de analizar la ISO 9126 y no la familia ISO 25000, es debido a que, en este momento del análisis conceptual, se indaga sobre qué aspectos de calidad del producto son considerados para la medición de la calidad.

La norma ISO 9126 está dividida en cuatro partes:

1. ISO/IEC 9126-1,01 Modelo de calidad.

Esta primera parte del estándar en la cual se define un modelo de calidad basado en:

- Calidad interna y externa,
- Calidad de uso.

A la vez que describe las relaciones entre estas partes, donde ambas (calidad interna y calidad externa) influyen en la calidad del proceso y al mismo tiempo la calidad de uso influye sobre las anteriores.

La ISO 9126-1 propone un modelo de calidad categorizando la calidad de los atributos de software en seis características (funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad), las cuales son subdivididas en sub características que pueden ser medidas con métricas internas o externa, el detalle de atributos que analizan las características se puede ver el Anexo III – Tabla 35.

2. ISO/IEC TR 9126-2,03 Métricas externas.

La ISO/IEC TR 9126-2 [28], Métricas Externas (Software engineering - Product quality - Part 2: External metrics) es un reporte técnico que contiene la terminología relacionada con las medidas de las métricas externas, su uso en el proceso del ciclo de la vida y unos conjuntos básicos introductorios para cada característica y sub característica de calidad de software, el detalle de esta norma se puede ver en el Anexo IV.

3. ISO/IEC TR 9126-3,03 Métricas internas

La ISO/IEC TR 9126-3 [29] Métricas Internas (Software engineering - Product quality - Part 3: Internal metrics) es un reporte técnico que proporciona métricas para medir los atributos de las características de calidad definidas en 9126-1, organizadas igualmente por características y sub características, donde tiene los mismos campos que los definidos en 9126-2, pero con las siguientes cualidades:

- Se aplican a un producto de software no ejecutable.
- Se aplican durante las etapas de desarrollo.
- Permiten medir la calidad de los entregables intermedios.
- Permiten predecir la calidad del producto final.

- Permiten al usuario iniciar acciones correctivas temprano en el ciclo de desarrollo.

Según la norma, las propiedades deseables son las siguientes: confiable, repetible, reproducible, disponible, correcta y con significado. El detalle de las consideraciones de esta norma se puede ver en el Anexo V.

4. ISO/IEC TR 9126-4,04 Calidad en las métricas de uso.

La ISO/IEC TR 9126-4 [30], Métricas de calidad de uso (Software engineering - Product quality - Part 4: Quality in use metrics) define la calidad de uso como: “la capacidad del software que posibilita la obtención de objetivos específicos con efectividad, productividad, satisfacción y seguridad”.

Por lo tanto, lo que presenta esta parte de la norma es, a través de estas características específicas relacionadas al uso del software, la posibilidad de medir los efectos de utilizar software en un contexto específico. El detalle de las consideraciones de esta norma se puede ver en el Anexo VI.

En consecuencia, la ISO 9126 permite definir un modelo de calidad en base a las 6 características que se indican en la calidad en el ciclo de vida del software y obtener como resultado el grado de calidad de cada uno de nuestros productos software, todo esto medido como una combinación de las métricas de los tres aspectos, de modo de cubrir los distintos puntos de vista.

Idealmente, la calidad interna determina la calidad externa y esta a su vez la calidad en el uso, lo que evidencia las diversas relaciones e interdependencias entre las tres clases de métricas; Por ejemplo, la confiabilidad puede ser medida externamente relevando el número de errores durante la ejecución del producto en un período de tiempo, e internamente inspeccionando el código fuente para verificar el nivel de tolerancia a los errores. Un problema detectado en el uso del producto (ejemplo la imposibilidad de un usuario de completar correctamente una operación) puede ser referido tanto como una característica de calidad externa (confiabilidad o usabilidad) como una interna (error en la estructura de decisión de un código).

De esta norma se puede rescatar la posibilidad de medir distintos aspectos de la calidad del software, entre ellos la usabilidad, desde distintas métricas interrelacionas y en particular las métricas externas, para poder medir directamente desde el exterior los puntos relevantes de la calidad de un producto o incluso poder deducir desde una métrica interna el comportamiento de calidad externo.

En concreto se puede utilizar las métricas externas tanto como medidas directas para determinar la calidad de un producto, como para poder deducir y relacionar a un aspecto interno de calidad de un producto, lo que dará la posibilidad de conocer más en detalle la calidad de un producto.

2.2.7. Estándar ISO/IEC 25000

ISO/IEC 25000, conocida como SQuaRE (System and Software Quality Requirements and Evaluation), es una familia de normas que tiene por objetivo la creación de un marco de trabajo común para evaluar la calidad del producto software.

La familia ISO/IEC 25000 es el resultado de la evolución de otras normas anteriores, especialmente de las normas ISO/IEC 9126, que describe las particularidades de un modelo de calidad del producto software, e ISO/IEC 14598, que abordaba el proceso de evaluación de productos software. Esta familia de normas ISO/IEC 25000 se encuentra compuesta por cinco divisiones, que se muestran en la Figura 5.



Figura 5 - ISO/IEC 25000 Divisiones para la gestión de la calidad. Fuente: [27]

La Norma ISO 25000, proporciona una guía para el uso de las series de estándares internacionales llamados requisitos y Evaluación de Calidad de Productos Software

(SQuaRE). La norma establece criterios para la especificación de requisitos de calidad de productos software, sus métricas y su evaluación, e incluye un modelo de calidad para unificar las definiciones de calidad de los clientes con los atributos en el proceso de desarrollo.

Si bien la norma ISO 25000 es la versión más actualizada, en este trabajo se indagará que aspectos trabaja la norma ISO 9126 debido a que contempla los mismos criterios de calidad de producto que se consideran adecuados a los objetivos que se plantean.

2.3. Realidad Aumentada

A grandes rasgos la realidad aumentada es un sistema semi-inmersivo, es decir que los estímulos sintéticos, visión, audio, tacto se superponen en el estímulo del mundo real (Figura 6). Este estímulo integrado afecta directamente a los usuarios o vía dispositivos sensoriales que permiten percibir más información. La realidad aumentada es a menudo implementada con éxito en dispositivos móviles y entonces permite su utilización con diferentes fines, conocer puntos de referencias alrededor del usuario, imagen de un lugar cercano, entre otros.

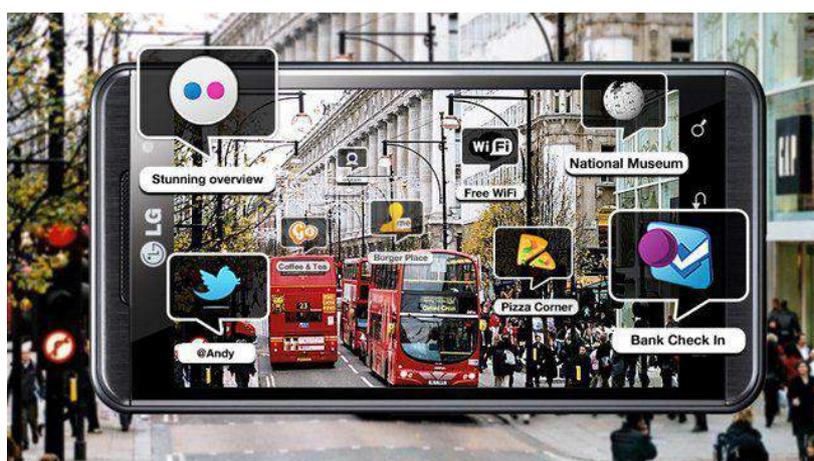


Figura 6- Realidad Aumentada - Fuente: [31]

A diferencia de la realidad virtual, desde ahora RV, esta no genera la sensación de estar inmerso en un mundo de simulaciones, el usuario interactúa con un mundo físico [31]. Sus inicios datan del año 1957, y desde entonces, se llevó a cabo varios proyectos

como el Sensorama, Videoplace Environment [32], el Sword of Damocles [33], Sayre Glove [34], y en la década de los 90 aparece Cave Automatic Virtual Environment CAVE [35]. Esta tecnología presenta características similares a la realidad aumentada, como la retroalimentación sensorial y manipulación de objetos virtuales [36], otro punto importante en común es que el usuario es el que condiciona la interfaz [37]. La característica de generar una representación virtual [38] y realizar actividades interactivas es otro punto en común [39], es que también hay autores que indican que la realidad aumentada es un tipo de RV [40], [41]. Para abordar en mayor detalle estos trabajos diríjase al Anexo VII.

Cuando se habla de Realidad Aumentada, RA desde ahora, se hace referencia a una de las formas más novedosas de realidad virtual. Aumentar la realidad es justamente eso, aumentar estímulos reales y soslayar éstos con estímulos que se basan en algún tipo de sistema computacional.

Esta RA permite al usuario estar inmerso en una realidad donde se provee interfaces más naturales e intuitivas para la interacción con estos sistemas. De una u otra manera la RA debe enriquecer el entorno real con información virtual.

Un concepto más formal de RA: “La tecnología de realidad aumentada, una forma más ampliada de realidad virtual, se está convirtiendo en una tecnología de vanguardia que integra las imágenes de objetos virtuales en un mundo real” [42].

Con respecto a esto, la RA refleja realismo a través de una correspondencia estrecha con la experiencia real y la ampliación de la información que se puede poseer en ese momento para el entorno. Con la cantidad de información digital que puede ser guardada para luego ser accedida, nace también la necesidad de aprovechar esta información para plasmar la misma de algún modo en la visión y percepción del mundo.

Otro de los conceptos más aceptados de RA afirma que “un sistema de Realidad Aumentada complementa el mundo real con objetos virtuales (generados por ordenador) que parecen coexistir en el mismo espacio que el mundo real. Mientras que muchos investigadores amplían la definición de Realidad Aumentada más allá de esta visión, nosotros definimos que un sistema de Realidad Aumentada tiene las siguientes propiedades:

- Combina objetos reales y virtuales en un entorno real.
- Se ejecuta de forma interactiva y en tiempo real; y
- Registra (alinea) objetos reales y virtuales entre sí.” [43]

2.2.1. Inicios de la Realidad Aumentada

El concepto de RA fue introducido a fines de los años 60, luego de la invención del primer Casco HMD (Figura 6) por Ivan Sutherland [33].

Año 1977, Myron Krueger crea VideoPlace Environment (Figura 3), a través de él, los usuarios pueden interactuar con objetos virtuales [32].

Año 1992, el término RA es atribuido a Tom Caudell y David Mizell [44].

Año 1993, El primer número de ACM en el campo de la RA se publica. En esta edición KARMA es el primer trabajo de investigación que se centra por completo en la RA. Rosenberg desarrolla Virtual Fixtures que es una superposición de la información sensorial, con el fin de mejorar las tareas de telemanipulación [45].

Año 1995, Rekimoto y Katashi introducen marcadores de matriz 2D, lo que permite a la cámara trabajar con 6DOF [46]. Steve Mann desarrolla el primer sistema de exteriores basado en GPS, este sistema provee asistencia de navegación a las personas con discapacidad visual a través de superposiciones de audio espacial [47]. Feiner crea el prototipo de Mobile Augmented Reality System el cual alinea una guía informativa turística grafica en 3D con edificios y objetos que los visitantes ven [48].

Año 1997, Ronald Azuma presenta el primer estudio sobre RA, en su trabajo describe los aspectos más relevantes de la misma [49].

Año 1999, Raskar introduce la RA espacial, donde los objetos virtuales se renderizan directamente dentro o sobre el espacio físico del usuario [50].

Año 1999, Hirokazu Kato y Billinghurst presentan ARToolKit, el cual consiste en una librería de seguimiento con 6DOF que utiliza marcadores y una plantilla para que pueda reconocer los mismos [51].

Año 2000, Bruce H. Thomas desarrolla el primer juego móvil para exteriores de Realidad Aumentada, ARQuake [52].

Año 2001, Jurguen Freund presenta AR-PDA, el cual es un pequeño sistema de RA que incluye el aumento de imágenes reales de la cámara con objetos virtuales [53].

Año 2002, Michael Kalkusch presenta un sistema de RA móvil que guía a los usuarios a través de un edificio a un destino en particular, para ello utiliza ARToolkit [54].

Año 2004, Mathias Mohring desarrolla un sistema para teléfonos móviles de posicionamiento para marcadores 3D. Rohs y Gfeller presentan Visual Codes, un sistema de marcadores 2D para teléfono móviles [55].

Año 2005, Henrysson porta ARtTolKit para ejecutar el mismo en el sistema operativo Symbian. Presenta AR-Tennis, la primera aplicación de RA colaborativa para teléfonos móviles [56].

Año 2006, Reitmayr presenta un modelo basado en un sistema híbrido de seguimiento de RA en entornos urbanos. Esto permite tomar en tiempo real captura de video sobre un dispositivo tipo PDA para visualizar la escena [57].

Año 2008, Mobilizy lanza Wikitude, una aplicación que combina el GPS y la brújula digital para mostrar datos sobre lugares u objetos [58].

Año 2015, Sony trabaja en SmartEyeglass [59], unos anteojos con RA que incluye sensores y conectividad.

2.3.1. Características de la Realidad Aumentada

La RA es un medio por el cual la información que se requiere es agregada y alineada al mundo físico. Hay muchas formas en la que la información se agrega, cambia o modifica. Debido a esto se enumeran ciertas características propuestas por Alan B. Craig que la RA debe cumplir para ser tal.

“Aspectos Claves de la Realidad Aumentada:

- El mundo físico es aumentado por la información digital superpuesta en una visión del mundo físico.
- La información es mostrada alineada con el mundo físico.
- La información mostrada es dependiente del lugar del mundo real y la perspectiva de la persona en el mundo físico.
- La experiencia de la realidad aumentada es interactiva.” [39]

a) El mundo físico es aumentado por la información digital superpuesta en una visión del mundo físico

La RA permite superponer información digital en el entorno real. No hay restricción del tipo de información que se muestre ni como se haga. Es decir la información puede ser estática como una fotografía, modelos 3D, sonidos, u otras formas de información. Lo importante de este aspecto es que el usuario permanece en el mundo físico, es decir que no hay un intento de inmersión a un mundo no físico. En la RA el usuario debe ser capaz de ver, oír y sentir el mundo real/físico.

Diferentes tecnologías se utilizan para que el usuario vea la información superpuesta, pero no debe opacar totalmente al mundo real.

b) La información mostrada alineada con el mundo físico

Uno de los obstáculos en la RA es conseguir una alineación correcta de la información. Para ello debe tener en cuenta la naturaleza espacial y temporal del mundo real. La tolerancia de este aspecto es estrecha. Esta tolerancia está totalmente relacionada al tipo de aplicación de RA que se desarrolla.

c) La información mostrada es dependiente del lugar del mundo real y la perspectiva de la persona en el mundo físico

El punto de vista del usuario se tiene en cuenta justo como lo es en el mundo real. Cuando el usuario fija la mirada en un punto se dice que ese es su punto de vista, cuando mueve ligeramente su cabeza, por mínimo que sea el cambio, el punto de vista cambia también. La alineación con el mundo físico es absoluta o relativa; por ejemplo, al tomar el punto de vista del usuario con una alineación absoluta, se puede aumentar la realidad al mostrar un edificio que aún no se construye en un punto del mundo físico, en la dirección actual, en una ciudad específica. En contraparte un ejemplo de alineación relativa es una aplicación que permite al usuario ver el funcionamiento interno de un objeto, como un reloj que permite ver cómo funcionan sus componentes.

d) La experiencia de la Realidad Aumentada es interactiva

El usuario puede sentir la información y puede cambiar esa información si lo desea. El nivel de interacción es variable. Puede ser desde un simple cambio en la perspectiva física a la manipulación de incluso nueva información.

2.3.2. Elementos de la experiencia de Realidad Aumentada

Según Alan B. Craig, “cada aplicación de Realidad Aumentada consiste al menos de los siguientes ingredientes:

- Aplicación de Realidad Aumentada
- Contenido
- Interacción
- Tecnología
- Mundo Físico
- Usuario” [39]

2.3.2.1. Aplicación de Realidad Aumentada

Es la aplicación que orquesta y controla los diferentes aspectos de la experiencia con RA. Si la tecnología lo permite, una misma aplicación se puede usar para mostrar diferentes contenidos, diferentes contextos. La aplicación interactúa con varios sensores, y dispositivos [39].

2.3.2.2. Contenido

El contenido es la clave de cualquier experiencia en RA, contiene a todos los objetos que brindan la información superpuesta; textos, fotos, estímulos, sensoriales, sonidos, videos, modelos 3D; entre otros; que se pretende representar en algún medio. Está de más decir que el contenido se controla por medio de la aplicación de RA en todos sus aspectos de comportamiento [39].

2.3.2.3. Interacción

La interacción juega un rol superlativo en la RA. Se refiere a la manera en la que el usuario se relaciona con la experiencia de RA, el usuario puede percibir el mundo desde diferentes puntos de vista físicos. La interacción con la experiencia depende del medio de

interacción que brinda la aplicación y cuales permite la tecnología que se utiliza en la experiencia, presionar botones, gesticular, emitir comandos por voz, entre otros.

2.3.2.4. Tecnología

Todas las experiencias involucran algún tipo de tecnología. Dependiendo de la aplicación, uso y contenido, el nivel de tecnología es más sofisticado. Como mínimo la RA requiere el ordenamiento de la información de un sensor para obtener datos a través del mundo real y algún mecanismo para mostrar los elementos de la experiencia [39].

2.3.2.5. Mundo Físico

La experiencia de RA tiene su lugar en el mundo físico. Sin el mundo físico no es posible la experiencia de RA. El mundo físico puede o no tener un lugar exacto, pero en algunos casos un espacio específico se usa para representar el mundo físico en general. Otras experiencias representan algún otro lugar en un plano del mundo real, por ejemplo, en un salón de clases pueden emular una excavación arqueológica en un sitio específico o inexistente [39].

2.3.2.6. Usuario

El usuario tiene una parte activa, todos sus movimientos, acciones y actividades afectan cómo la aplicación de RA responde. Además percibe los estímulos que se generan por parte de la experiencia de RA, ocupa la tecnología, consume el contenido e interactúa con la aplicación y el mundo real [39].

2.3.3. Aplicaciones de la Realidad Aumentada

La posibilidad de adaptación a la vida cotidiana y los diferentes sectores que se explotan, revelan un campo de acción muy amplio para la RA. Es justamente aquí donde aparece su potencial. En la actualidad la gran parte de los desarrollos de RA se centran en el ocio y marketing. Sin embargo, en los últimos tiempos sectores como el turismo, la educación y la salud, como se detalla en el siguiente apartado, comienzan a explotar la

potencia de la RA. En realidad, como se manifiesta anteriormente el campo de aplicación de la RA es amplio.

2.3.3.1. Realidad Aumentada en Juegos

Sin duda alguna los juegos es una de las áreas más explotadas de la RA, no solo se desarrollan juegos para teléfonos móviles, sino que empresas desarrolladoras de consolas se introducen poco a poco en el desarrollo. Un ejemplo de esto es Nintendo con su consola DSi con el juego Ghostwire (Figura 7).



Figura 7- GhostWire Nintendo¹

2.3.3.2. Realidad Aumentada en Enseñanza

En la enseñanza la RA adquiere un potencial enorme. En la actualidad aparecen aplicaciones sociales y basadas en la ubicación, las cuales ayudan considerablemente al estudiante. Estas le proporcionan experiencias de aprendizaje contextual. Un ejemplo son los libros en los que se incluyen marcadores, los lectores instalan una aplicación y al apuntar al libro ven la información digital superpuesta al mundo real [60]. Otro ejemplo es el caso de SkyMap de Google (Figura 8), que superpone información de la vía láctea para que se pueda aprender de ella, el usuario mira al cielo a través de la cámara de su dispositivo móvil y a partir de la ubicación recibe información superpuesta.

¹ Nintendo. Extraído <https://www.vidaextra.com/aventura-plataformas/la-realidad-aumentada-llega-a-nintendo-dsi-gracias-a-ghostwire>. Visto: 05/05/2018



Figura 8- SkyMap²

2.3.3.3. Realidad Aumentada en Marketing

Captar la atención de los potenciales clientes es un elemento fundamental para las empresas, es por esto que ven la RA como una forma de captar clientes. También en publicidad se avanza con esta tecnología, hay empresas abocadas al desarrollo de soluciones de este tipo, como por ejemplo WION.

2.3.3.4. Realidad Aumentada en Turismo

El ámbito turístico es sin dudas un gran mercado para la RA, existen aplicaciones como ser iTacitus con la que los turistas ven mapas e información de los diferentes momentos de la historia del lugar que se visita (Figura 9). Existen recorridos con RA que muestran información turística sobre el lugar y sus construcciones. También se encuentran disponibles aplicaciones que se usan para encontrar restaurantes, hoteles y lugares comerciales, entre otras ubicaciones [61].

Otro ejemplo es Augmented Rio el cual brinda información al usuario de distintos puntos de interés.

² Google. Extraído <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.stardroid&hl=es>. Visto: 05/05/2018



Figura 9 – iTacitus – Fuente: [61]

2.3.3.5. Realidad Aumentada en Medicina

La medicina es un área muy susceptible para usar RA, en muchas actividades, los profesionales de esta área demandan una gran cantidad de información del contexto. Por lo tanto, la capacidad de enriquecer la visión de la realidad mediante información digital puede jugar un papel más que importante [62].

2.4. Realidad aumentada en ámbitos educativos

En el ámbito educativo, existe un vasto contenido académico relacionado a la utilización de realidad aumentada como estrategia de aprendizaje enfocado a apoyar los métodos de enseñanza. En [63] describen el desarrollo de un framework como herramienta de realidad aumentada para facilitar la enseñanza en contextos educativos, en sus conclusiones menciona como esta tecnología puede otorgar un valor agregado al material didáctico tradicional utilizado en clases, también destaca que la utilización de los dispositivos móviles es importante como recurso por su alto grado de penetración en la sociedad. Otro trabajo interesante es el de [64] utilizando PictogramRoom, es un proyecto que incluye esta aplicación para rehabilitación de usuarios con autismo, muestra que los estímulos basados en realidad aumentada demuestran ser efectivos en el desarrollo de aprendizaje de dichos usuarios.

En [65] manifiestan que esta tecnología trasciende los niveles educativos, su aplicación en nivel superior implica de un esfuerzo mayor pero permite expandir su aplicabilidad a más disciplinas. Concluyen que la RA debe tomarse como una importante herramienta de aprendizaje con implementación de tecnología emergente.

En [66] se realiza un análisis y desarrollo de libros interactivos con tecnología de realidad aumentada para trabajar contenidos relacionados a la geometría, formula un diseño del libro organizado en plantillas, expone además que el objetivo del trabajo es brindar un marco de trabajo que permita fácilmente al docente desarrollar estos contenidos. En sus conclusiones manifiesta que la RA como herramienta didáctica genera motivación en los usuarios alumnos.

En un interesante trabajo realizado por Mesía y Sanz [67] vinculado a la enseñanza de la programación en el nivel universitario utilizando RA, menciona que la tecnología de realidad aumentada está vinculado al legado constructivista generando mejores prácticas, reflexiona además, sobre que el aprendizaje activo que permite la RA implica una experiencia de inmersión y otorga un valor agregado al contenido del objeto de aprendizaje.

Tanto en [68] como en [69], manifiestan que es de importancia los dispositivos de display y las técnicas de tracking, ya que estos posibilitan la combinación del mundo real y el virtual a través de mecanismos que detectan la posición y orientación de la aumentación de la realidad permitiendo, entre muchas cosas, visualizar conceptos abstractos en objetos virtuales.

Entre las definiciones más aproximadas, la RA se puede definir en base al Reality-Virtuality Continuum presentado por Milgram y Kishino [68], donde se la define como la integración de elementos reales y virtuales, pero considerándola más cercana al mundo real. Es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno real aumentado, con información adicional generada por la del entorno real) y la Virtualidad Aumentada (más cerca del entorno virtual) [69].

2.5. Objetos de Aprendizaje como herramienta educativa

La revolución tecnológica actual requiere una revolución también en el campo educativo, una transformación más profunda en las prácticas de enseñanza y aprendizaje y no sólo en los materiales educativos. En [70] se afirma que los docentes corren el riesgo

de ofrecer “vino viejo en botella nueva”. Requiere, por tanto, de “pedagogías emergentes” que exploren con éxito las posibilidades que propician las nuevas tecnologías.

Un Objeto de Aprendizaje (OA) es un recurso educativo que permite facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje la definición de objetos de aprendizaje, y que en su estado digital se convierte en recurso educativo abierto (REA) [70]. Las características de los OA (desde ahora objetos de aprendizaje) son la flexibilidad, modularidad, reutilización, granularidad, Interoperabilidad, accesibilidad y portabilidad, conceptos que serán analizados con más detalle en el trabajo [71].

En otras definiciones de OA también se puede hallar que “Un Objeto de Aprendizaje es un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. El Objeto de Aprendizaje debe tener una estructura de información externa (metadatos) que facilite su almacenamiento, identificación y recuperación" [70][72].

Los objetos de aprendizajes tienen elementos que los caracterizan como poseer un formato digital el cual se puede modificar y actualizar con regularidad porque la mayoría de veces es accesible desde internet. Debe ser independiente de otros objetos de aprendizaje, es decir, no debe representar completitud entre sus elementos y no depender de otros OA externos. Tiene contenido interactivo el cual es desarrollado para permitir una participación activa, para ello es necesario que el objeto incluya actividades como simuladores, gráficas, gif, actividades de aprendizaje y ejemplos donde se permita un proceso claro de aprendizaje, una autoevaluación de aprendizaje y una retroalimentación de lo aprendido. También se compone de los elementos de contextualización, en muchos casos conocidos como metadatos, que permiten que sean encontrados con facilidad describiendo el tipo de objeto, el área de estudio y el tema a tratar [72].

En [71] y [72] se describe que los principales componentes internos de un objeto de aprendizaje son: Los contenidos vinculados al procesos de aprendizaje, esto es el contenido teórico o conceptual que lo integra; luego se menciona la disponibilidad de actividades prácticas que relacionen los contenidos con los estímulos externos generando así una retroalimentación, por último el objeto de aprendizaje debe ser identificable

fácilmente por lo que debe tener elementos de contextualización y un objetivo definido claramente.

Actualmente existen metodologías relacionadas al desarrollo de objetos de aprendizajes, no necesariamente están vinculadas a los OA basados en realidad aumentada. En [73] y [74], se menciona como ejemplo a la metodología ADDIE, esta al igual que otras como OADDIE, ASSURE, OADDEI y Jerold Kemp, tienen aspectos en común, esencialmente proponen analizar la población definiendo la temática a que refiere el OA considerando las limitaciones tecnológicas que esta presenta. Luego indican etapas de diseño y desarrollo del OA haciendo énfasis en la gestión de actividades y contenidos multimediales. En etapas posteriores, se centra en la retroalimentación que es generado desde el OA, esto es evaluado a través de una evaluación de características visuales y de navegabilidad. En la metodología ASSURE se analiza en detalle la población la cual está dirigida el objeto de aprendizaje y si el objetivo del desarrollo de este está vinculado a los propósitos de aprendizaje [74]. Según trabajos citados, estas metodologías no detallan herramientas específicas para la evaluación de usabilidad sobre el objeto de aprendizaje obtenido, en las conclusiones coinciden que existe la dificultad de especificar un marco de trabajo cuando se trata de integrar tecnologías emergentes vinculadas a la interacción humano-computador, en específico la realidad virtual y realidad aumentada [73], [74].

En la elaboración de objetos de aprendizaje es necesario vincular teorías de aprendizaje con modelos de diseño instruccional que permitan la configuración de entornos de aprendizaje adecuados, con el fin de obtener un producto de calidad integral.

2.6. Síntesis del estado del arte

El estado del arte observado amerita ser analizado desde una síntesis a fin de identificar los fundamentos que dan lugar a la problemática que aborda este trabajo. A continuación, se especifican los temas y características más significativas abordados en este capítulo. En la Tabla 1, se sintetiza aspectos vistos sobre usabilidad y desarrollo de software, en la Tabla 2, aspectos relacionados a realidad aumentada y en la Tabla 3 aspectos conceptuales relacionados a objetos de aprendizajes.

Tabla 1 - Síntesis tema Usabilidad y Desarrollo de Software

Tema	Características más significativas	Autor/es o basado en
Usabilidad y Desarrollo de Software	Concepto de usabilidad: características de la usabilidad: aprendizaje, eficiencia, memorabilidad, errores y satisfacción.	
	Modelo de Nielsen: propuso una metodología a través de pasos iterativos para el desarrollo de aplicaciones usables. Etapas planteadas: Conocer al usuario, Análisis de la competencia, Establecer los objetivos de la usabilidad, Diseño Paralelo, Diseño participativo, Diseño coordinado de la interfaz global, Aplicar guía de estilo y análisis heurístico, Prototipo, Pruebas empíricas, Diseño iterativo y coleccionar “feedback”.	Jakob Nielsen
	Desarrollo basado en escenarios: Método flexible enfocado a la descripción de sistemas de software interactivos, Se basa en que todas las actividades se realicen de una manera iterativa e intercalada (análisis, diseño, prototipado, evaluación), la cantidad de iteraciones del diseño de escenarios que determinada por la satisfacción y objetividad del usuario que los evalúa.	ISO 9241 M.B. Rosson, J.M. Carroll
	Diseño centrado en el usuario: define un proceso general para la inclusión de actividades centradas en el humano a través de un ciclo de vida de desarrollo, pero no especifica los métodos exactos: especificación del contexto de uso, especificación de requerimientos, creación de las soluciones de diseño, evaluar los diseños.	ISO 13407
	Herramienta de evaluación de la calidad de OA (COdA): Esta herramienta está dirigida principalmente a los profesores, investigadores y estudiantes que son creadores y usuarios de los OA, expertos en sus disciplinas, pero no necesariamente expertos en informática y didáctica. Con este modelo de evaluación, tanto el autor del objeto de aprendizaje como los usuarios y posibles revisores externos pueden valorar los OA con respecto a diez criterios: 1. Objetivos y coherencia didáctica ,2. Calidad de los contenidos, 3. Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación, 4. Interactividad y adaptabilidad, 5. Motivación, 6. Formato y Diseño, 7. Usabilidad ,8. Accesibilidad, 9. Reusabilidad, 10. Interoperabilidad.	P. Fernández, R. Domínguez, R. Armas LORI
	Normas ISO vinculadas al desarrollo y calidad de Software: <ul style="list-style-type: none"> • ISO/IEC 12207 define un marco común para procesos de desarrollo de software. Establece procesos y actividades que se aplican desde la definición de requisitos, pasando por la adquisición y configuración de los servicios del sistema, hasta la finalización de su uso. En ISO/IEC 12207_01 se incluye el proceso de usabilidad: Implementación del proceso, diseño centrado en el humano, aspectos humanos de estrategias. • ISO 13407 analiza el proceso de diseño centrado en el humano: fácil de entender, reducción de costos de formación, mejora la satisfacción del usuario, mejora la productividad, mejorar la calidad del producto. Proceso iterativo. • ISO 16982, La norma fija su foco en analizar cómo se pueden lograr sistemas más utilizables (mayor usabilidad) tomando el marco de la ISO 13407 como base del diseño centrado en el humano, para mostrar cómo los diferentes métodos de usabilidad se pueden emplear para apoyar este proceso en cada etapa del ciclo de vida y adaptándose a las características particulares de cada proyecto. 	ISO/IEC 12207_1 ISO 13407 ISO 16982 ISO 9126

	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 9126, dividida en cuatro partes que en la primera proponen un modelo de calidad categorizando la calidad de los atributos de software en seis características (funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad), luego continúa con métricas externas, métricas internas y calidad de métricas de uso. 	
--	--	--

Tabla 2 - Síntesis tema Realidad Aumentada

Tema	Características más significativas	Autor/es o basado e
Realidad Aumentada	La tecnología de realidad aumentada, una forma más ampliada de realidad virtual, se está convirtiendo en una tecnología de vanguardia que integra las imágenes de objetos virtuales en un mundo real.	M. Soha
	Componentes de la realidad aumentada: Aplicación de Realidad Aumentada, Contenido, Interacción, Tecnología, Mundo Físico, Usuario.	Alan B. Craig
	Respecto a la RA en ámbitos educativos, la tecnología está vinculado al legado constructivista generando mejores prácticas. Efectividad en el desarrollo de aprendizaje.	Mesía y Sanz
	Desarrollo de un framework basado en RA como herramienta para facilitar la enseñanza. Menciona que la RA otorga un valor agregado al material didáctico y genera motivación en los usuarios que la utilizan, buenos resultados.	J. Ierache. <i>et.al</i>

Tabla 3 - Síntesis tema Objetos de aprendizaje

Tema	Características más significativas	Autor/es o basado e
Objetos de aprendizaje	Un Objeto de Aprendizaje es un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. Tiene contenido interactivo el cual es desarrollado para permitir una participación activa y autoevaluación de aprendizaje mediante retroalimentación.	O. J. Suárez F. García
		Jiménez, et al
	Las características de los OA (desde ahora objetos de aprendizaje) son la flexibilidad, modularidad, reutilización, granularidad, Interoperabilidad, accesibilidad y portabilidad	M. Gértrudix, et al.
	Metodologías de desarrollo de OA: OADDIE, ASSURE, OADDEI y Jerold Kemp, tienen aspectos en común, esencialmente proponen analizar la población definiendo la temática a que refiere el OA, diseño y desarrollo del OA haciendo énfasis en la gestión de actividades y contenidos multimediales. El OA es evaluado a través de una evaluación de características visuales y de navegabilidad. No detallan herramientas específicas para la evaluación de usabilidad en OA basados en RA. Dificultad de especificar un marco de trabajo cuando se trata de integrar RA.	T. Cepeda y M. Amanda
		T. B. Gava, M. N. Isaura Alcina y D. V. Sondermann
	J. Ierache., N. et. al.	

Los temas de más peso visto en el estado del arte son la usabilidad y desarrollo de software, la realidad aumentada (RA) y objetos de aprendizajes. Basándose sobre las tablas por tema efectuadas se puede establecer relaciones a fin de identificar oportunidades o problemáticas que ameriten ser indagadas (ver Tabla 4).

Tabla 4 - Tabla de relaciones de temas

Tema	Relación	Oportunidad o problema identificado
Usabilidad y desarrollo de software	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de Nielsen • Desarrollo basado en escenario. • Diseño centrado en el usuario. • ISO/IEC 12207_1 • ISO 13407 • ISO 16982 • ISO 9126 <p>Plantean como eje el diseño y desarrollo iterativo basándose en la satisfacción del usuario.</p> <p>Las etapas de analizar el contexto, el diseño, desarrollo e implementación son propuestas.</p>	<p>No especifican métodos exactos.</p> <p>No especifican herramientas de evaluación de usabilidad ya que especifican métodos y técnicas.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta de evaluación de la calidad de OA (COdA) <p>Obtiene indicadores de calidad desde agentes del contexto vinculando criterios cognitivos y técnicos. Permite su adaptación para el análisis de evaluación de usabilidad.</p>	<p>Oportunidad de implementación de la herramienta integrándola en algún método o metodología.</p> <p>Oportunidad de adaptar la herramienta a un proceso de evaluación de usabilidad.</p>
Realidad aumentada	<p>Es una tecnología que vincula contenido, interacción, tecnología y usuario. Compatibles con los elementos en un proceso de usabilidad.</p> <p>Antecedes de generación de motivación y positivo desarrollo de aprendizaje.</p>	<p>Oportunidad de integrar la tecnología de realidad aumentada a el desarrollo de un objeto de aprendizaje.</p>
Objetos de aprendizaje	<p>Un OA consta de al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. Estos, son compatibles con los elementos del cual se compone la realidad aumentada.</p> <p>Metodologías de desarrollo de OA, constan de etapas vinculadas al análisis del contexto, diseño, desarrollo e implementación de OA. Antecedentes con dificultades en integrar RA.</p>	<p>Oportunidad de desarrollo de un objeto de aprendizaje basado en RA.</p> <p>Oportunidad de utilización o generación de un marco de trabajo para el desarrollo y de OA basado en RA y evaluación de usabilidad integrando la herramienta COdA.</p>

A partir de la tabla obtenida (Tabla 4), es posible identificar las relaciones entre los temas y qué oportunidades y problemáticas pueden abordarse. Para esto es posible

utilizar un diagrama de Venn esquematizando los temas abordados, sus interrelaciones y fundamentando la contribución del trabajo (ver Figura 10).

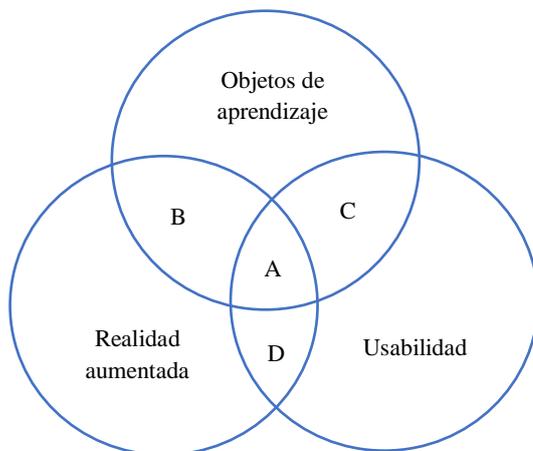


Figura 10 - Interacción entre Usabilidad, OA y RA en el marco del trabajo propuesto

Las interrelaciones que se establecen son derivadas a partir de las tablas de síntesis efectuadas anteriormente donde están definidas las relaciones y oportunidades halladas:

- **Relación B:** Un OA consta de al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. Estos, son compatibles con los elementos del cual se compone la realidad aumentada, presentándose así la oportunidad de generar un OA basado en realidad aumentada.
- **Relación C:** Para la evaluación de usabilidad se observó la herramienta COdA que verifica criterios pedagógicos y técnicos (ver Anexo I), lo cual se presenta una oportunidad de implementación de dicha herramienta integrándola a actividades de métodos o metodologías enfocadas al desarrollo de OA y software.
- **Relación D:** La realidad aumentada presenta características compatibles con la información que evalúa las herramientas de evaluación de usabilidad, así como también las actividades propuestas por las normas, métodos y modelos observados.
- **Relación A:** Conforme a las relaciones B, C y D, existe la oportunidad de generar y validar un marco de trabajo que integre procedimientos metodológicos vinculados a la evaluación de usabilidad de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada.

En este capítulo se indagó sobre los temas que son eje del trabajo como la usabilidad y desarrollo de software, la realidad aumentada (RA) y objetos de aprendizajes, a su vez se realizó una síntesis especificando las características significativas de cada una y cómo esta se relacionan, esto derivó en la identificación de oportunidades y problemáticas que se abordarán a partir del siguiente capítulo.

Capítulo 3

Descripción de la Problemática

En este capítulo se presenta el problema abordado en el presente trabajo final de maestría. Se describe el planteamiento del problema que se identifica, para continuar por los objetivos, y así finalizar con el alcance y limitaciones.

3.1. Descripción de la Problemática

A partir del análisis de lo observado en la síntesis del estado del arte descrito en el capítulo anterior, es posible identificar que una problemática es la dificultad de implementar un proceso de evaluación de usabilidad de objetos de aprendizajes a partir de la implementación de metodologías que no definen en forma específica herramientas para dicho proceso.

Otro aspecto importante a destacar es que las teorías vistas en el marco teórico sobre metodologías de desarrollo de objetos de aprendizajes (ADDIE, OADDIE, ASSURE,

AODDEI, Jerold y Kemp, Dick y Carey), no explotan tecnologías de realidad aumentada como recurso tecnológico, y no se identifica sobre que estándares (o normas) se basan para la evaluación de usabilidad de los OA desarrollados.

Son escasas las líneas de investigación que permiten seguir una guía práctica, y de fácil comprensión para el desarrollo de un framework que contenga objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada. Esto representa un desafío debido a la oportunidad de proponer e implementar un marco de trabajo propio que sea “adaptable” a las necesidades y posibilidades tecnológicas y pedagógicas de los usuarios.

En este contexto, se presenta una oportunidad de desarrollar y validar un marco de trabajo para el desarrollo, diseño y evaluación de usabilidad de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada.

Si se analiza a un objeto de aprendizaje basado en RA visto como un producto software, es necesario indicar que actualmente se halla un espacio intelectual poco estudiado que se refiere a la calidad del mismo, no solo considerando los aspectos técnicos de la calidad de software del objeto, sino también los aspectos consecuentes de la utilización de éstos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La implementación de un marco de desarrollo de objetos de aprendizajes sobre las bases de usabilidad y realidad aumentada representa una oportunidad para llevar adelante un caso de estudio que contribuya al desarrollo en el marco de las tecnologías en la educación.

3.2. Objetivos del trabajo

Elaborar y validar un marco de trabajo para el desarrollo y evaluación de usabilidad de objetos de aprendizaje basados en realidad aumentada diseñados como soporte pedagógico en el contexto de la educación técnica secundaria.

Los objetivos específicos son:

1. Profundizar el estudio de estándares y marcos de trabajos de desarrollo y evaluación de objetos de aprendizaje basados en realidad aumentada.
2. Diseñar y desarrollar un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada.
3. Definir un marco de trabajo de evaluación de usabilidad de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada.
4. Validar el marco de trabajo mediante la experimentación en particular con alumnos de la Escuela Provincial de Educación Técnica N° 23, nivel secundario.
5. Analizar los resultados y elaborar recomendaciones para mejorar la usabilidad de este tipo de productos.

3.3. Alcances y limitaciones

Este trabajo final de maestría tiene como alcance la observación de estándares y marcos de trabajos de evaluación de usabilidad y desarrollo de objetos de aprendizajes, el desarrollo de un marco de trabajo propio, el cual incluye la utilización de un software para desarrollar un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada, y también, la validación del mismo a través de un caso de estudio que se da en el contexto de una escuela de nivel secundario técnico de la provincia de Misiones, finalmente se realiza un análisis de resultados efectuados luego de la evaluación de usabilidad por parte de los usuarios.

Las limitaciones particulares se representan en términos de recursos tecnológicos de la institución, los tiempos definidos para el ciclo lectivo y las necesidades de

Marco de trabajo para la evaluación de usabilidad en objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada

enseñanza-aprendizaje de los docentes y alumnos. Estas se especifican en detalle en el desarrollo de este trabajo.

Capítulo 4

Solución propuesta

En este capítulo se detalla la solución propuesta para abordar la problemática descrita en el capítulo anterior, consta de la descripción de un marco de trabajo enfocado a procesos que propone el desarrollo, diseño y evaluación de usabilidad de un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada.

4.1. Marco de trabajo Propuesto

La propuesta consiste en dividir el trabajo en cinco procesos globales que definen la metodología a desarrollarse: Análisis del contexto, Diseño del objeto de aprendizaje, Construcción del objeto de aprendizaje, Implementación del Framework con el objeto de aprendizaje y Análisis de resultados. El objetivo de esta propuesta es que el marco de trabajo pueda aplicarse en un caso de estudio donde éste se adecue a las limitaciones del contexto de este caso. El marco de trabajo propuesto para el desarrollo del presente se puede observar en la Figura 11.

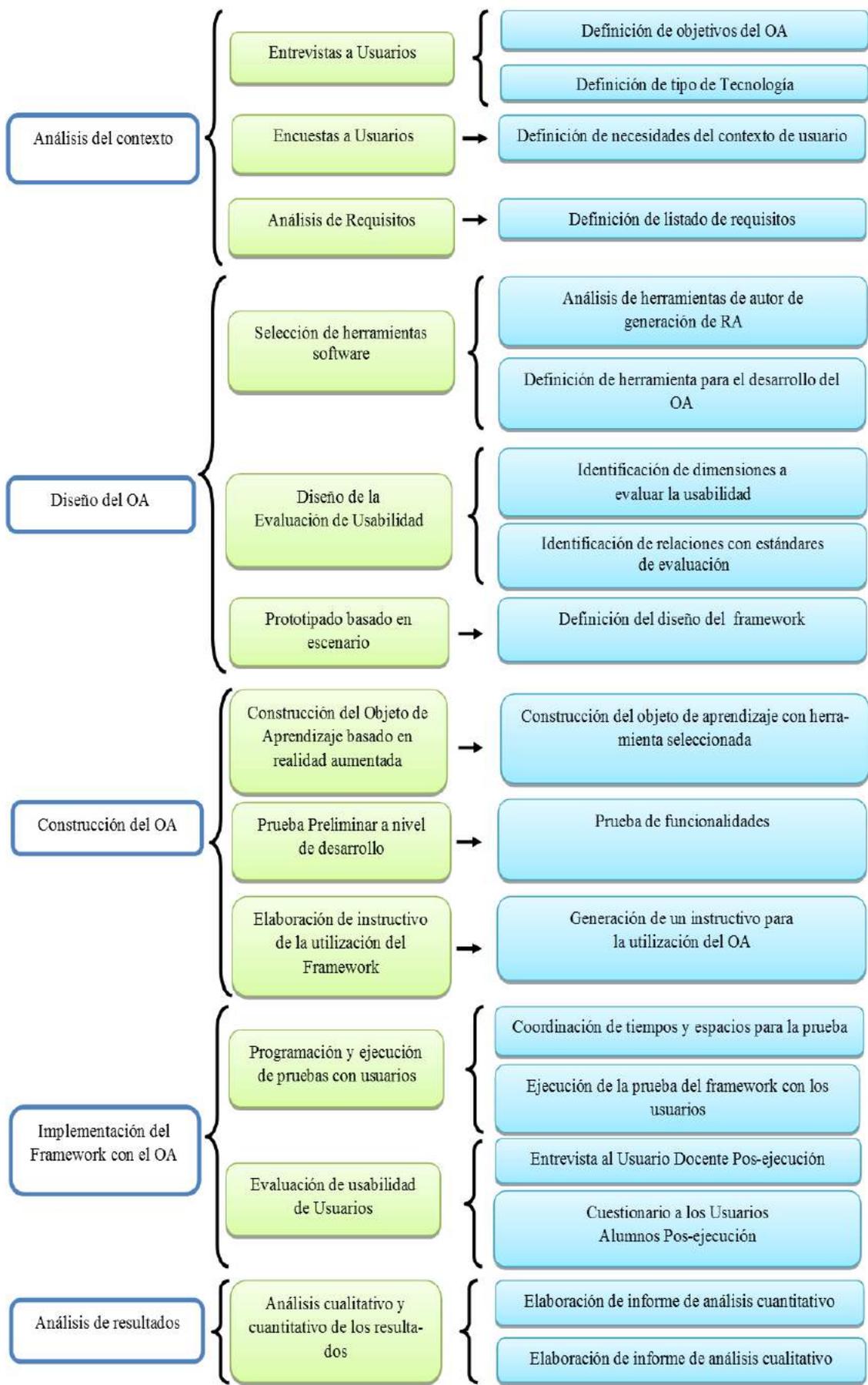


Figura 11 - Marco de trabajo propuesto

El marco de trabajo propuesto consta de cinco procesos globales denominados Análisis del contexto, Diseño del objeto de aprendizaje, Construcción del objeto de aprendizaje, Implementación del framework con el objeto aprendizaje y Análisis de resultados:

- a) Análisis del contexto: está enfocado a definir las necesidades y requisitos de usuarios que deben ser tenidos en cuenta para el desarrollo.
- b) Diseño del objeto de aprendizaje: enfocado a definir las herramientas y recursos que se utilizarán en el desarrollo. Además, se plantean actividades para diseñar el proceso de evaluación de usabilidad.
- c) Construcción del objeto de aprendizaje: propone los pasos a seguir para la construcción del objeto de aprendizaje y de un framework basándose en el diseño planteado.
- d) Implementación del framework con el objeto de aprendizaje: propone los lineamientos para la coordinación de pruebas e implementación del proceso de evaluación de usabilidad.
- e) Análisis de resultados: a partir de los resultados obtenidos, propone abordar un análisis cuantitativo y cualitativo.

Se plantea la participación de usuarios asignados en roles con alcances y responsabilidades distintas. También se plantea la utilización de un framework como parte del objeto de aprendizaje.

A lo largo de la descripción del marco de trabajo, se establecen relaciones de las actividades con estándares, normas y métodos observados en el capítulo 2.

Las líneas de investigación que sustentan la solución propuesta fueron presentadas en el marco de la WICC 2018 (Whorkshop de Investigadores en Ciencias de la Computación) [75].

4.1.1. Roles participantes del marco de trabajo propuesto

Los roles que participan en este marco de trabajo son Asesor técnico, Usuario Docente y Usuario alumno.

Será responsabilidad del Asesor Técnico:

- Asesorar en aspectos técnicos al Usuario docente.
- Registrar las entrevistas, encuestas y entrevistas a lo largo del desarrollo del marco de trabajo.
- Involucrar y atender a las necesidades y opiniones del Usuario Docente en todos los procesos del marco de trabajo.
- Dirigir y controlar el desarrollo de los procesos coordinando tiempo y recursos disponibles.
- Diseñar el proceso de evaluación de usabilidad.

Será responsabilidad del Usuario Docente:

- Estar predispuesto en tiempo y espacio para realizar los procedimientos de recolección de información, así como también proporcionar un espacio institucional con los alumnos para el desarrollo de los procesos que requieran presencialidad.
- Atender al asesoramiento y evaluación de los prototipados.
- Brindar su punto de vista en cada proceso efectuado.
- Diseñar y crear el objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada.
- Implementar el proceso de evaluación de usabilidad.

Será responsabilidad del Usuario Alumno:

- Estar predispuesto en tiempo y espacio para realizar los procedimientos de recolección de información.
- Interactuar con los objetos de aprendizaje basados en realidad aumentada.
- Implementar el proceso de evaluación de usabilidad.

4.1.2. Criterios de relación de las actividades con normas, estándares, métodos y modelos del marco teórico.

Las actividades de los procesos que se explican en este capítulo, están relacionadas con varias de las normas, estándares y métodos vistos anteriormente en el marco teórico, para que se constituya una relación se consideraron al menos uno de los siguientes criterios:

1. Si una actividad del marco de trabajo propuesto está expresada implícita o explícitamente por una norma, estándar, modelo y/o método, existe una relación.
2. Si la norma o estándar, analiza o propone procesos y/o actividades que trabajan con un mismo conjunto de datos que las que se proponen en este marco de trabajo, entonces existe una relación.
3. Si la norma o estándar utiliza similares técnicas para recolectar y analizar información, o describe procesos de diseño, desarrollo u análisis de resultados donde se indiquen similares técnicas, existe una relación.

4.1.3. Consideraciones sobre referencias a los términos Marco de trabajo y Objeto de aprendizaje (OA)

Es necesario hacer una aclaración sobre la referencia de los términos que se encontrarán durante todo el capítulo para facilitar la lectura y comprensión.

- Marco de trabajo o Framework: se refiere al esquema o estructura que se establece y que se aprovecha para desarrollar y organizar un software o aplicación determinado [63], para este trabajo, se establecen procesos los cuales son Análisis del contexto, Diseño del objeto de aprendizaje, Construcción del objeto de aprendizaje, Implementación del framework con el objeto de aprendizaje y análisis de resultados. Se debe considerar que durante el proceso de desarrollo, se referirá el término framework a un entorno de trabajo que tiene dos componentes, por un lado, un software que permita la gestión y desarrollo de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentados, y por otro, los insumos y materiales necesarios para el funcionamiento y pruebas del software.
- Objetos de Aprendizaje (OA): se refiere a un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. Cuando se mencione “OA”, quiere decir un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada.

4.1.4. Proceso Análisis de contexto

Este proceso tiene por objetivo caracterizar a los usuarios que utilizarán el objeto de aprendizaje, el tipo de tecnología a utilizarse y además la definición del listado de requisitos técnicos y cognitivos. El esquema del proceso se puede visualizar en la Figura 12.

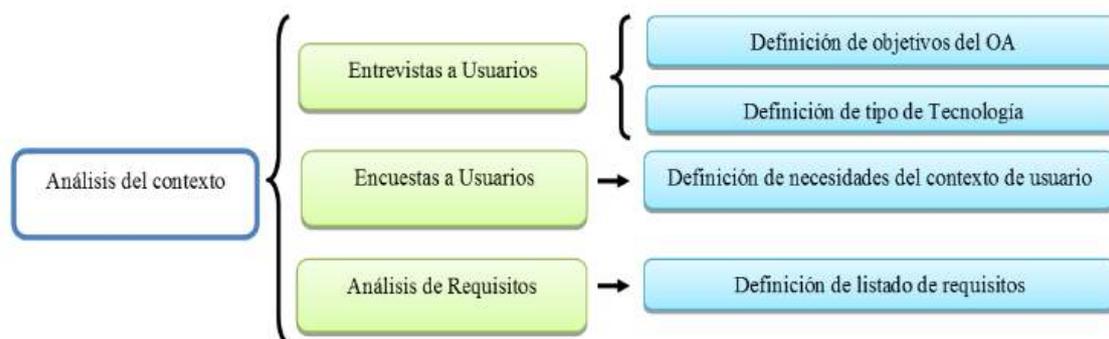


Figura 12 - Esquema proceso Análisis del contexto

El propósito de realizar este proceso es indagar sobre las necesidades técnicas y didácticas que manifiestan los destinatarios que utilizarán el framework, esto se traducirá en términos de requisitos, se pueden identificar dos tipos:

- a. Requisitos técnicos: estos requisitos se definen mediante la recolección de información a los usuarios que utilizarán el framework o software. El propósito de esto es saber si el tipo de tecnología utilizada es conveniente, no conveniente o posible de utilizar para el desarrollo del software o framework; también se definen cuáles son los límites de conocimiento de los usuarios intervinientes.
- b. Requisitos cognitivos: el propósito de la recolección de información para la generación de estos requisitos es saber los objetivos pedagógicos a nivel de clase áulica y asignatura, esencialmente para conocer las necesidades cognitivas, relativos a la clase y de los usuarios que utilizarán el framework.

Este proceso está compuesto de los subprocesos “Entrevistas a Usuarios”, “Encuesta a Usuarios” y “Análisis de requisitos”.

4.1.4.1. Entrevistas a Usuarios

Las actividades propuestas para “Entrevistas a Usuarios” son “Definición de objetivos del OA” y “Definición del tipo de tecnología”, estas se pueden realizar el paralelo en una entrevista o en dos momentos realizando dos entrevistas a los usuarios que utilizarán el framework. Participa activamente el Asesor Técnico en el rol de entrevistador y el Usuario Docente como entrevistado.

La actividad “Definición de objetivos del OA” consiste en obtener información del contexto educativo donde se efectuarán más adelante las pruebas, también sobre las entradas y salidas esperadas en el objeto de aprendizaje, y finalmente, cual es el objetivo pedagógico esperado con la utilización del OA. La segunda actividad “Definición del tipo de tecnología” consiste en obtener información sobre qué recursos tecnológicos y materiales dispone la institución para la construcción e implementación del framework. Ejemplo de recursos tecnológicos pueden ser computadoras, internet, smartphones, tabletas, etc. Ejemplo de recursos materiales pueden ser tableros, mesas de trabajo, fibrones, cartulinas, etc.

Debe ser de especial interés el proceso de evaluación que va a intervenir en la utilización del framework con el objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada, se propone realizar un listado de preguntas y respuestas (correctas e incorrectas) para tener referencia después sobre que retroalimentación debe cumplir el framework.

Este marco trabajo propone abordar un tema que esté planificado en la materia pero que aún no se haya dado en su totalidad. La información obtenida en las entrevistas será volcada a la Tabla 5 la cual detalla cuál es la información de interés para la contextualización. Contiene algunas consignas a modo de orientación para formular preguntas en la entrevista, esta tabla se denominará “Tabla de contextualización”.

En una misma entrevista o en una posterior se rellena la Tabla 6 denominada “Tabla de comportamiento esperado del OA” que describe el tipo de objeto de aprendizaje esperado, el objetivo y tipo de evaluación, y las principales entradas (preguntas) y salidas (respuestas) en el proceso de evaluación y retroalimentación del OA.

Tabla 5 - Tabla de contextualización

Institución	<i>Nombre de la institución</i>
Provincia	<i>Provincia donde está ubicada la institución</i>
Nivel	<i>Nivel educativo de la institución</i>
Modalidad	<i>Modalidad de la oferta educativa</i>
Área docente	<i>Materia, cátedra o asignatura</i>
Año	<i>Curso donde se desempeña el docente</i>
Fecha	<i>Fecha de la entrevista</i>
Contenido educativo	<i>Contenidos conceptuales teóricos abordados</i>
Objetivo educativo	<i>Objetivo de la utilización del OA</i>
Dedicación	<i>Cantidad de tiempo disponible en el cursado de clases</i>
Tipo de tecnología disponibles o alcanzadas	<i>¿Qué tecnología hay disponible en la institución?</i> <i>Conocimiento sobre herramientas para gestión de realidad aumentada.</i> <i>Nivel de desenvolvimiento para la gestión de recursos en internet.</i>

Tabla 6 - Tabla de comportamiento esperado del OA

Tema del OA	<i>¿A qué tema está vinculado el desarrollo del OA?</i>
Contenido Deseado	<i>¿Qué contenidos y en qué formato se desean mostrar?</i>
Tipo de actividad	<i>¿La actividad es de apoyo a un tema dado o no se inició el tema en clases aún?</i>
Tipo de evaluación	<i>Multiple Choice, Preguntas abiertas, Verdadero-Falso, etc.</i>
Objetivo pedagógico	<i>¿Cuál es el objetivo de la evaluación?</i>
PREGUNTAS RECOMENDADAS PARA LA EVALUACIÓN	
Pregunta 1	<i>Listado de preguntas que se ejecutarán en la prueba</i>
Pregunta 2	
Pregunta N	
RESPUESTAS CORRECTAS ESPERADAS	
Respuesta 1	<i>Listado de respuestas correctas.</i>
Respuesta 2	
Respuesta N	

RESPUESTAS INCORRECTAS	
Respuesta 1	<i>Listado de respuestas incorrectas.</i>
Respuesta N	
OTRAS OBSERVACIONES	
<i>Otros aspectos que el Usuario Docente cree que es importante considerar.</i>	

4.1.4.2. Encuestas a Usuarios

El subproceso “Encuestas a Usuarios” propone la actividad “Definición de necesidades del contexto del usuario”, en esta actividad se realiza una encuesta y/o cuestionario, como se muestra en la Tabla 7, para conocer que aptitudes e intereses tienen los Usuarios Alumnos en tecnologías emergentes, específicamente en realidad aumentada.

Esta actividad se puede realizar antes o posteriormente a la entrevista con el Usuario Docente, el propósito específico es saber qué disponibilidad tecnológica tienen los Usuarios Alumnos, así como también tener una idea si la implementación de esas tecnologías representará una resistencia en su proceso de enseñanza. También es necesario datos contextuales como el nivel educativo en que están insertos, edad y género para posteriormente realizar análisis de resultados. Como salida de esta actividad, este marco de trabajo propone realizar un breve informe estadístico sobre las contestaciones de las encuestas, se denominará “Informe de encuestados”.

Tabla 7 - Encuesta a la Usuarios Alumnos

Institución	
Provincia	
Nivel	
Modalidad	
Asignatura	
Fecha	
Preguntas	
Edad	
Género	

Año de cursado				
¿Conoce la tecnología de realidad aumentada?	Conozco muy bien	Conocimiento Bueno	Conocimiento Medio	No conozco
¿Utiliza el celular para realizar actividades de la escuela?	Utilizo Mucho	Utilizo a veces	Utilizo Poco	No utilizo
¿Le interesaría incorporar el celular como herramienta para las evaluaciones de la asignatura?	Muy interesado	Medianamente Interesado	No estoy seguro	No estoy interesado
¿Cree que la tecnología de realidad aumentada permitiría incentivarlo a la búsqueda de recursos educativos?	Si	No siempre	No lo sé	No lo creo
¿Dispone de celular o Tablet con S.O Android?	Si tengo	No siempre	No tengo	

4.1.4.3. Análisis de requisitos

Para el “Análisis de requisitos” se propone la actividad “Definición de listado de requisitos”, esto quiere decir que, una vez efectuados las actividades previas, se establece un “listado de requisitos técnicos-cognitivos” que se detalla en la Tabla 8 donde se indica los requisitos técnicos y cognitivos que se deben considerar para la posterior etapa del trabajo. No se produce un análisis en profundidad sobre aspectos técnicos de software, análisis o diseño sino que se consulta al Usuario Docente si estos requisitos coinciden inicialmente con las necesidades pedagógicas, tecnológicas y de interacción, que desea satisfacer. El propósito inicial de esta actividad es reforzar la información obtenida en las entrevistas, encuestas y/o cuestionarios efectuados.

Para realizar esta actividad es necesario la “Tabla de contextualización”, “Tabla de comportamiento esperado del OA” y el “Informe de encuestados”, el Asesor Técnico listará los requisitos cognitivos en función a las necesidades vinculadas al aprendizaje

detectadas, y listará los requisitos técnicos ajustándose especialmente al tipo de tecnología, tiempo y recursos disponibles.

Este marco de trabajo no restringe la utilización de una metodología de específica para la obtención de requisitos, quien cumpla con el rol de Asesor Técnico no está impedido de utilizar metodologías ágiles o tradicionales para la obtención de los mismos.

Tabla 8 - Listado de requisitos técnicos-cognitivos

ID	Requisitos cognitivos
1	
....	
Requisitos tecnológicos	
....	
N	

Las salidas de este proceso son:

- Listado de requisitos técnicos-cognitivos.
- Tabla de contextualización
- Tabla de comportamiento esperado del OA

A continuación, en la Tabla 9 se describe las relaciones existentes entre las actividades, subprocesos y procesos de este marco de trabajo y las normas, estándares y modelos vistos en el marco teórico.

Tabla 9- Relaciones de Análisis de Contexto en modelos y estándares

Marcos de trabajo, Normas, Estándares y modelos.	Actividades del marco de trabajo propuesto compatibles	Subprocesos compatibles	Proceso del marco de trabajo propuesto
Jakob Nielsen			

Conocer al Usuario	Características individuales	Definición del objetivo del OA	Entrevistas a Usuarios Encuesta a Usuarios	Análisis del contexto
	Tareas actuales del usuario	Definición del tipo de tecnología		
	La evolución del usuario y del trabajo	Definición de necesidades del contexto del usuario		
ISO 13407 (DCU)				
Especificación del contexto de Uso	Entender y especificar el contexto	Definición de necesidades del contexto del usuario	Entrevistas a Usuarios Encuesta a Usuarios	Análisis de requisitos
	Especificar requisitos del usuario y de la organización.	Definición del listado de requisitos		

4.1.5. Proceso Diseño del Objeto de Aprendizaje

Para el proceso “diseño del objeto de aprendizaje” se propone establecer cuales elementos deben considerarse para llevar adelante el Diseño Centrado en el Usuario. A través de lo visto en el marco teórico [15], se puede afirmar que el proceso de diseño debe definir la asignación de funciones, la división de las tareas del sistema entre aquellas realizadas por humanos y aquellas realizadas por la tecnología y la vinculación de los materiales que utilizará el framework.

Una alternativa a utilizar es lo especificado en la ISO 13407, que se considera ajustable para los propósitos del proceso de diseño:

- Usar el conocimiento existente para desarrollar propuestas de diseño con entrada multidisciplinar.
- Hacer más concretas las soluciones de diseño utilizando simulaciones, modelos, maquetas (mock-ups), etc. El uso de cualquier tipo de prototipo.
- Presentar las soluciones de diseño a los usuarios y permitirles realizar tareas (o tareas simuladas).
- Alterar el diseño en respuesta al feedback de los usuarios e iterar este proceso hasta que los objetivos del DCU se cumplan.
- Gestionar la iteración de soluciones de diseño. Consiste en registrar los resultados de las 4 actividades anteriores en una documentación que incluiría las fuentes de conocimiento existente o estándares utilizados, los pasos tomados para asegurar que el prototipo cubre requisitos clave y sigue buenas prácticas, y la naturaleza de los problemas encontrados y los subsiguientes cambios realizados al diseño.

En cuanto a Diseño Centrado en el Usuario, la ISO 12207_1,02 acerca a una descripción de actividades que lo denomina “Diseño centrado en el humano” en la cual se plantea actividades similares a la ISO anteriormente descrita. Esta actividad consiste de varias tareas dirigidas primero, a la especificación de los requisitos de las partes involucradas y organizacionales, de los objetivos del sistema (vinculado a usabilidad), identificación de los usuarios y sus necesidades y el establecimiento de los objetivos de calidad en uso (o requisitos de usabilidad).

Por otra parte, el método Diseño Basado en Escenarios se basa en un modelo en el que no existen reglas inflexibles con el análisis, prototipado y la resolución de problemas en cuanto a la evaluación y la toma de decisiones razonables para maximizar el valor del producto final. Este modelo prioriza el análisis crítico de escenarios que sucesivamente se van desarrollando y mejorando para inspeccionar las características más importantes de las situaciones representadas y el impacto de éstas en las experiencias personales de quienes utilizan dichos sistemas. Se especifican escenarios detallados por las tareas, información y retroalimentación brindados por el sistema en su momento de iteración. Este método plantea que no necesariamente se deben realizar análisis de varios

escenarios en forma iterativa, sino que, el usuario es quien determina cuando se debe pasar a la etapa de construcción del objeto de aprendizaje.

Este conjunto de buenas prácticas permite realizar relaciones sobre el diseño basado en el usuario, en cuanto a que en cualquiera de las descritas insisten que el diseño del sistema debe generar suficiente información que permita definir los requisitos de usabilidad deseados, aunque esto requiera de la redefinición iterada de ellos, también hace referencia a la presentación iterativa de prototipos ajustados a las necesidades del propio usuario.

A partir de lo visto, se ha decidido adaptar algunas de las actividades planteadas al contexto de la usabilidad de objetos de aprendizajes de este trabajo, y establecer un proceso propio sobre el diseño de los mismos en el marco de trabajo planteado.

4.1.5.1. Selección de herramientas software

En esta actividad participa activamente el Asesor Técnico, aquí es donde se diferencia sobre otros marcos de trabajos, ya que, en este, se plantea la utilización de herramientas que abordan explícitamente componentes de realidad aumentada.

En primera instancia, es necesario plantear opciones de herramientas a utilizarse para la elaboración del OA y esto debe ser ajustado a la realidad tecnológica que los usuarios describen en el proceso anterior. Para ello se define el proceso “Diseño del Objeto de Aprendizaje” que contiene el subproceso “Selección de herramientas software”, esta propone dos actividades: “Análisis de herramientas de autor de Realidad Aumentada” y “Definición de herramientas para el desarrollo del OA”.

Para la primera actividad se propone inspeccionar herramientas de autor, que permitan crear contenidos en realidad aumentada. Para “estructurar” la inspección de estas herramientas, el Asesor Técnico debe completar la Tabla 10 denominada “Tabla de inspección de herramientas de software vinculadas a la RA”. Aquí se evalúa comparativamente datos relacionados a los recursos que trabajan las distintas herramientas.

Tabla 10 - Tabla de inspección de herramientas de software vinculadas a la RA

Nombre de la herramienta De autor	Monotarget/ Multitarget	Tiene repositorio virtual	Tiene un asistente de desarrollo que permita la gestión	Tiene una aplicación disponible para Android/IOS para su visualización	Licencia	Formatos admitidos
Nombre 1						
Nombre N						

La segunda actividad “Definición de herramientas para el desarrollo del OA” propone que el Asesor Técnico y el Usuario Docente contrasten las herramientas con los requisitos obtenidos en “Listado de requisitos técnicos-cognitivos” y además en la “tabla de comportamiento esperado del OA”, indagando sobre las funcionalidades y características que posibilitan dichas herramientas disponibles en “Tabla de inspección de herramientas de software vinculadas a la RA”. El criterio por el cual se elige una herramienta queda determinado por la cantidad de recursos que esta ofrece y admite, a más recursos alcanzados mayor posibilidad de ser la elegida para la construcción del OA.

El resultado de esta actividad es la decisión sobre cuál herramienta utilizar para desarrollar el Objeto de aprendizaje, el Usuario Docente y el Asesor Técnico deben dar conformidad documentado por escrito en una “Nota de conformidad”.

4.1.5.2. Diseño de la Evaluación de Usabilidad

Dentro del subproceso de “Diseño de la Evaluación de usabilidad” se desarrolla la “Identificación de dimensiones a evaluar la usabilidad”, en cuanto a esto hay que hacer algunas aclaraciones:

1. El presente trabajo contempla la evaluación de usabilidad sobre un producto obtenido (framework, objeto de aprendizaje), adecuando aspectos evaluativos de buenas prácticas consideradas a una modalidad en los que los usuarios puedan evaluar la usabilidad desde su percepción, no se considera una o varias normas o métodos de forma completa, tampoco la evaluación por expertos del objeto.

2. La adecuación a un estándar de usabilidad hace referencia a que el objeto de aprendizaje y/o framework pueda ser evaluado parcialmente en actividades propuestas en las buenas prácticas anteriormente descritas, esto incluye a estándares que no son exclusivamente sobre la usabilidad del software.

La primera actividad tiene como alcance definir cuáles dimensiones se van a evaluar en el objeto de aprendizaje obtenido. Una dimensión es un aspecto evaluativo o criterio de evaluación por la cual se someterá el objeto de aprendizaje obtenido.

Este marco de trabajo propone realizar un diseño de proceso de evaluación pactado en dos momentos, uno con el Docente Usuario y otro con los Usuarios Alumnos, en ambos casos la propuesta es utilizar la herramienta COdA (Calidad de Objetos de Aprendizaje) como guía de evaluación posteriormente a la utilización del OA, dicha herramienta proporciona una serie de criterios por los cuales los usuarios pueden valorar aspectos pedagógicos, didácticos y técnicos (ver Anexo I).

Para este caso el Asesor Técnico debe modificar los cuestionarios que plantea la herramienta en función del tipo de usuario (docente o alumno) y de las características que presente un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada, esta adaptación es necesaria debido a que la herramienta COdA es utilizada para la evaluación de objetos de aprendizajes no necesariamente basados en realidad aumentada.

Dentro de este segundo subproceso se desarrolla la actividad “Identificación de relaciones con estándares de evaluación de usabilidad”. La cual plantea contrastar relaciones entre las dimensiones (criterios) planteadas para evaluar la usabilidad y los modelos, estándares y herramientas vistas en el marco teórico de este trabajo resumidas en las Tablas 9,13 y 14. Los criterios vinculantes se encuentran en el apartado 4.1.2. de este capítulo. Se hace en paralelo con la “Identificación de dimensiones a evaluar la usabilidad”, ya que, a partir de las recomendaciones de las normas, métodos y herramientas, se establecen las dimensiones a evaluar. En ambas actividades el agente interviniente es el Asesor Técnico.

Las actividades culminan cuando se completa una tabla relacional como se muestra en Tabla 11, donde se identifican cuáles son las dimensiones (criterios) a evaluarse utilizando COdA (Calidad de Objetos de Aprendizaje), cuáles son las preguntas

efectuadas al momento de realizar el cuestionario y cuáles son las normas, métodos o modelos relacionados a esa dimensión, se adiciona a la tabla la columna “Valoración” ya que en etapas posteriores se reutilizará dicha tabla y se completará este apartado. Es necesario aclarar que el Asesor Técnico es el encargado de diseñar esta prueba y el Usuario Docente puede incluir o excluir preguntas para analizar, pero en este caso, se deberá justificar por escrito mediante un informe. La tabla resultante se denominará “Tabla de dimensiones evaluadas”.

Tabla 11 - Tabla de dimensiones evaluadas

Dimensión/Criterio	Preguntas referidas a la dimensión	Valoración (del 1 al 5)	Norma, método o modelo relacionado
Dimensión 1
Dimensión N

4.1.5.3. Prototipado basado en escenario

El tercer subproceso “Prototipado basado en escenario”, tiene por objetivo definir un prototipo inicial del framework, donde se verifica si existe relación con las normas y métodos vistos, y se adecúa el escenario obtenido en el momento de haber analizado el contexto, esto lo hace a través de la actividad “Definición del diseño del framework”, a través de iterativas redefiniciones de escenarios.

Para esta actividad las entradas necesarias son: listado de requisitos técnicos y cognitivos, tabla de comportamiento esperado del OA y herramienta definida para el desarrollo del OA. La actividad se divide en dos momentos, el primero consiste en completar la “Tabla verificación de requisitos” como se muestra en Tabla 12, donde especifique:

- Número de iteración: número identificador de revisión del framework, representa cuántas veces se revisó el framework. Pueden haber de 1 a N iteraciones.
- Framework planteado: se tiene que dar respuestas a las preguntas ¿Cómo funciona el framework? ¿Cuáles son las tareas y actividades? ¿Qué recursos utiliza? ¿Qué

retroalimentación realiza el mismo?, es una descripción, no muy en detalle, de cómo funciona el framework. Aquí también se describe la herramienta para construcción del OA se utilizará.

- Requisitos técnicos: son los recursos técnicos y materiales necesarios para la utilizar el framework, ejemplo, Smartphones, Sistema operativo Android 7.2, Cámara, Internet, etc. Estos son especificados en etapas anteriores. Se listan los requisitos que son atendidos por el framework planteado.
- Requisitos cognitivos: Se listan los requisitos que son atendidos por el framework planteado referidos a las necesidades de aprendizaje de los alumnos o vinculados al objetivo pedagógico del OA que va a tener el framework, ejemplo, ver y escuchar videos cortos sobre resolución de problemas en electrónica básica.
- Estándares, Normas, métodos relacionados: se realiza una breve descripción de cual norma, estándar o método está vinculado realizando una breve descripción justificando la relación y cuál fue el criterio utilizado.

Tabla 12 - Tabla verificación de requisitos

Número Iteración	Framework planteado	Requisitos técnicos abordados	S/N	Requisitos cognitivos abordados	S/N	Estándares, Normas, métodos relacionados.
Iteración 1
Iteración N						

El segundo momento implica que el Asesor Técnico en conjunto con el Usuario Docente verifiquen cuáles de los requisitos satisface el framework planteado en la última iteración de análisis. Para ello marcarán con una “S” si creen que el requisito está atendido o con una “N” en caso contrario, esto lo escriben en las columnas “S/N” destinadas para ello en la tabla.

Este segundo momento implica también el desarrollo de un prototipo inicial que incluya la interfaz principal y aproximaciones sobre las funcionalidades que debe alcanzar el framework. Este trabajo no indagará sobre los tipos de prototipos que se desean alcanzar en este momento (existen actividades posteriores dedicado a ello), aquí el objetivo es definir la idea del framework de la tabla anterior en una representación visual.

El esquema del proceso planteado se puede visualizar en la Figura 13.

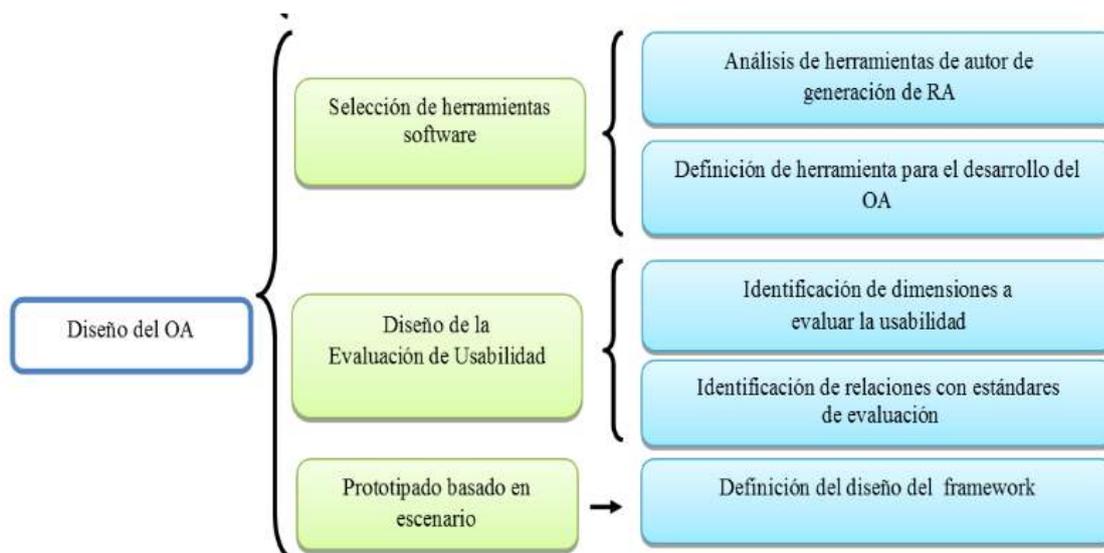


Figura 13 - Esquema proceso Diseño del Objeto de Aprendizaje

En la Tabla 13 se muestra en detalle las relaciones existentes entre las actividades de este proceso planteado en el marco de trabajo en relación con los modelos y normas observadas.

Tabla 13- Relaciones de Diseño de Objeto de Aprendizaje con modelos y estándares

Marcos de trabajo, Normas, Estándares y modelos.	Actividades del marco de trabajo propuesto relacionadas	Subprocesos relacionados	Proceso del marco de trabajo propuesto
Jakob Nielsen			
Diseño participativo	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de herramientas de autor y de desarrollo de RA • Definición de herramienta para el desarrollo del OA 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de herramientas software 	

	<ul style="list-style-type: none"> Definición del diseño del framework 	<ul style="list-style-type: none"> Prototipado basado en escenario. 	Diseño del objeto de aprendizaje
Diseño coordinado de la interfaz global	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de relaciones con estándares de evaluación de usabilidad Definición del diseño del framework 		
Aplicar guías de estilo y análisis heurístico			
Prototipado			
Diseño iterativo	<ul style="list-style-type: none"> Definición del diseño del framework 		
ISO 13407 (DCU)			
Contrastar el diseño con los requisitos	<ul style="list-style-type: none"> Definición del diseño del framework 	<ul style="list-style-type: none"> Prototipado basado en escenario 	
	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de herramientas de autor y desarrollo de RA Definición de herramienta para el desarrollo del OA 	<ul style="list-style-type: none"> Selección de herramientas software 	
ISO 12207_1,02			
Implementación del proceso	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de relaciones con estándares de evaluación de usabilidad Definición del diseño del framework 	<ul style="list-style-type: none"> Prototipado basado en escenario Diseño de la evaluación de usabilidad 	
Diseño centrado en el humano			
Aspectos humanos de introducción y soporte			<ul style="list-style-type: none"> Identificación de las dimensiones a evaluar la usabilidad
ISO 9126_1 - ISO 9126_2 - ISO 9126_3 - ISO 9126_4			
Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de las dimensiones a evaluar la usabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de la evaluación de la usabilidad 	
Funcionalidad			
Portabilidad			

Usabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de herramientas de autor de RA • Definición de herramienta para el desarrollo del OA 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de herramientas software 	
Mantenibilidad			
Productividad			
Satisfacción			
Efectividad y Eficacia			
Herramienta COdA			
Criterios didácticos y tecnológicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las dimensiones a evaluar la usabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la evaluación de la usabilidad 	

4.1.6. Proceso Construcción del Objeto de Aprendizaje

Este proceso plantea tres subprocesos: “Construcción del Objeto de Aprendizaje basado en realidad aumentada”, “Prueba preliminar a nivel de desarrollo” y “Elaboración de instructivo de la utilización del framework”. Tiene por objetivo desarrollar un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada y un framework que permita su interacción con los usuarios. El esquema del proceso se puede ver en la Figura 14.

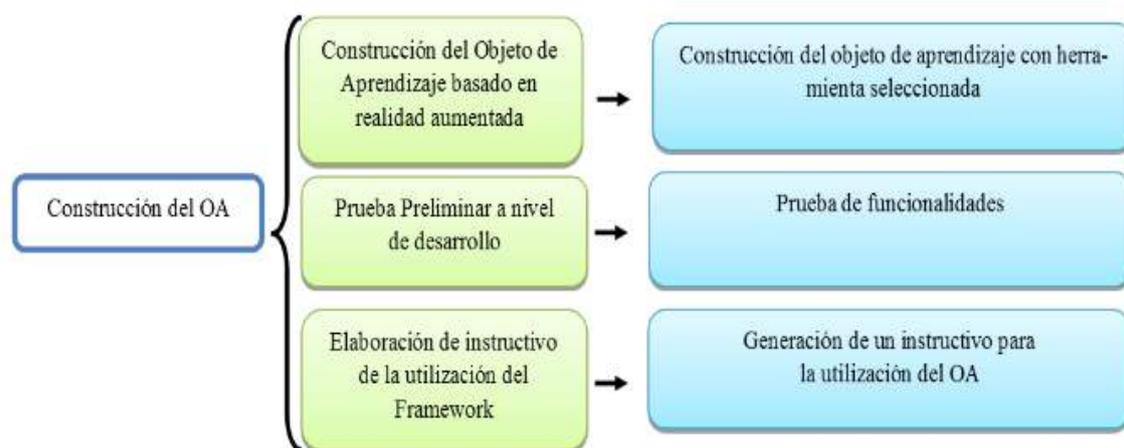


Figura 14 - Esquema proceso Construcción del Objeto de Aprendizaje

4.1.6.1. Construcción del Objeto de Aprendizaje basado en realidad aumentada

En este subproceso se plantea realizar la actividad “Construcción del objeto de aprendizaje con herramienta seleccionada”, donde participan activamente el Usuario Docente y el Asesor técnico, para llevarla adelante es necesario las siguientes entradas:

- Tabla verificación de requisitos.
- Prototipo Inicial del Framework: Interfaz y funcionalidades principales.
- Tabla de comportamiento esperado del OA.

Este marco de trabajo propone la construcción de un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada que garantice los siguientes componentes:

- Poseer un formato digital el cual se pueda modificar y actualizar con regularidad desde internet.
- Debe ser autocontenible, no debe depender de otros objetos de aprendizaje, sino que todas las funcionalidades deben garantizar actividades con contenidos teóricos propios.
- Debe tener una retroalimentación a través de una autoevaluación.
- Los contenidos teóricos, las actividades y la retroalimentación deben ser accedidas a través de un soporte basado en realidad aumentada.

La actividad consiste en desarrollar el objeto de aprendizaje y el framework donde será utilizado, a continuación, se listan los pasos esperados:

1. El Asesor Técnico debe desarrollar una representación gráfica (como un diagrama de clases o de secuencia) del funcionamiento del framework, para ello utiliza la “Tabla de verificación de requisitos”, especialmente la sección “Framework planteado”, y también la “Tabla de comportamiento esperado del OA”, en la representación utilizada debe incluirse las entradas y salidas de la retroalimentación esperada. Debe aclararse que la modificación de la representación es permitida durante todo el desarrollo del framework y del OA.
2. El Usuario Docente debe seleccionar el contenido teórico en formato imagen, video, texto, sonido o modelo 3D deseado. Debe “construir” los contenidos

conceptuales del tema a abordar en clase en formato que admita la herramienta seleccionada. Aquí el Asesor Técnico puede intervenir para aportar consejos sobre cómo construir contenidos multimediales.

3. El Usuario Docente debe desarrollar las actividades y tareas que alcancen todos los contenidos teóricos. Aquí utilizará la “tabla de comportamiento del OA”, ya que la retroalimentación obtenida de las actividades se realiza en función de las entradas y salidas esperadas. Aquí se plantea cuál contenido descartar o cambiar en función de las actividades. Cada actividad debe plasmarse en un video, imagen o texto virtual a modo instructivo, debe ser breve y concisa.
4. El Asesor Técnico procede al armado del framework y el objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada, aquí se trabaja en los siguientes pasos:
 - a. El primer lugar, se accede a la herramienta de generación de realidad aumentada por medio de internet y se procede a la realizar las acciones introductorias que indiquen dicha herramienta, ejemplo, creación de cuenta de usuario, descargar el SDK o software de asistente.
Se procede a realizar una interfaz operativa como se indica en “Prototipo Inicial del Framework” en función de la descripción de la “Tabla de verificación de requisitos”, específicamente en su apartado “Framework planteado”.
 - b. Cargar los elementos de contextualización: estos son la denominación y una descripción del objeto de aprendizaje, suficientes para que permitan su localización en el repositorio que se encontrará.
 - c. Se debe cargar los elementos vinculados al aprendizaje a la plataforma, estos ya deben estar en formato admitido por la misma.
 - d. Crear y cargar los targets: los targets son marcas o imágenes generalmente dispuestas en un recurso físico (como un papel), por lo general con fuertes contrastes de colores, que permiten la aumentación de un objeto virtual a partir del enfoque de un dispositivo con cámara y con una aplicación destinado a esa función. Estos objetivos o target deben tener una versión digital para poder ser cargadas a la herramienta.
 - e. Asociar los targets a los contenidos de aprendizaje: en la plataforma se debe asociar un target u objetivo a un contenido teórico multimedia.
 - f. Cargar los elementos de retroalimentación: Para el proceso de retroalimentación es necesario efectuar un proceso de evaluación mediante

una actividad, se deben cargar las preguntas y respuestas (correctas e incorrectas), y estructurar el OA en función del tipo de evaluación, esta información se encuentra en la “Tabla de comportamiento esperado en OA”.

5. El Usuario Docente procede a reunir los recursos materiales para confeccionar los elementos tangibles del framework. Este paso debe efectuarse estrictamente en función de la descripción de la “Tabla de verificación de requisitos”, específicamente en su apartado “Framework planteado” ya que este apartado describe cómo funciona el framework y los recursos utilizados.

Terminados los pasos mencionados se deberían obtener:

- Objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada
- Framework para utilizar el OA.

4.1.6.2. Prueba Preliminar a nivel de desarrollo

Este subproceso plantea la actividad “Prueba de funcionalidades” que se debe realizar en paralelo durante la construcción del Objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada y el framework. Consiste en efectuar una autoevaluación preliminar siguiendo una serie de preguntas referidas a la funcionalidad basados en la ISO 9126_1 y ISO 9126_4, y además controlar que se cumplan con los elementos que debe tener los OA, los cuales son: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización (ver 4.1.3.).

El encargado de desarrollar el objeto de aprendizaje debe preguntarse y verificar:

- ¿El objeto de aprendizaje muestra los elementos de contextualización? ¿es fácil de hallarlo en el repositorio en la que está ubicado?
- ¿El tiempo de espera para realizar las actividades es razonable?
- ¿El contenido de aprendizaje es entendible y preciso?
- ¿Las respuestas en el proceso de retroalimentación son las esperadas en función de las actividades y contenidos de aprendizajes?

El encargado de desarrollar el framework debe preguntarse y verificar:

- ¿El framework permite la visualización correcta del objeto de aprendizaje?

- ¿Los targets se encuentran fácilmente?
- ¿El framework es intuitivo? ¿Permite entender fácilmente la secuencia funcional del mismo?
- ¿El framework es transportable? ¿Se puede reproducir fácilmente?

Un ejercicio que se propone es que el Usuario Docente simule ser un Usuario Alumno y que el Asesor Técnico actúe en el Rol de Usuario Docente durante la prueba preliminar de funcionalidad. El objetivo de esta actividad es verificar si el framework cumple con las funcionalidades mínimas para generar las respuestas deseadas. Las preguntas listadas anteriormente son a modo sugerente, la profundidad de este análisis queda a criterio de los Usuarios encargados del desarrollo.

En este punto del trabajo, es necesario establecer el futuro sobre el desarrollo del framework, para esto se plantea optar por tres alternativas posibles:

- Aprobación: el framework y el OA no necesitan modificaciones.
- Modificación: el framework y/o el OA necesitan modificaciones en la integridad física del mismo, en el contenido y/o en los elementos de contextualización. En este caso el encargado de construirlos debe modificar las características mencionadas sin salirse de los requerimientos del framework planteado y de las funcionalidades y recursos que manejan la herramienta.
- Rediseñar: en este caso el framework y/o el OA no permiten realizar las actividades mínimas, se debe rediseñar los mismos, es decir, rehacer desde el proceso del diseño del OA.

4.1.6.3. Elaboración de instructivo de utilización del Framework

En este subproceso se plantea la actividad “Generación de un instructivo para la utilización del OA”, consiste en realizar un documento indicando los pasos a pasos para utilizar el framework. Debe describir los requisitos técnicos, cómo se encuentra el OA con la herramienta de visualización y la secuencia de las actividades propuestas. Esta actividad tiene el propósito de facilitar la ejecución de las pruebas previendo que, ante grupos numerosos de alumnos, estos acudan a este instructivo para ocupar eficientemente su tiempo. La salida de esta actividad es un “Instructivo de utilización del framework”. También es viable incluir este documento como parte del inicio de una actividad en el framework, que requiera la aumentación de la realidad para poder visualizarlo.

En la Tabla 14 se muestra en detalle las relaciones existentes entre las actividades y subprocesos de este proceso en relación con los modelos y normas observadas.

Tabla 14 - Relaciones de Construcción del Objeto de Aprendizaje con modelos y estándares

Marcos de trabajo, Normas, Estándares y modelos.	Actividades del marco de trabajo relacionadas	Subprocesos relacionados	Proceso del marco de trabajo propuesto
Jakob Nielsen			Construcción del objeto de aprendizaje
Pruebas empíricas	<ul style="list-style-type: none"> · Construcción del objeto de aprendizaje con herramienta seleccionada · Prueba de funcionalidades 	<ul style="list-style-type: none"> · Construcción del objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada · Prueba preliminar a nivel de desarrollo 	
Aplicar guías de estilo y análisis heurístico			
Prototipado			
ISO 13407 (DCU)			
Contrastar el diseño con los requisitos	<ul style="list-style-type: none"> · Prueba de funcionalidades 	<ul style="list-style-type: none"> · Prueba preliminar a nivel de desarrollo 	
	<ul style="list-style-type: none"> · Construcción del objeto de aprendizaje con herramienta 	<ul style="list-style-type: none"> · Construcción del objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada 	
ISO 12207_1,02			
Implementación del proceso	<ul style="list-style-type: none"> · Generación de un instructivo para la utilización del OA 	<ul style="list-style-type: none"> · Elaboración de instructivo de la utilización del Framework 	
Diseño centrado en el humano			

Aspectos humanos de introducción y soporte	· Construcción del objeto de aprendizaje con herramienta	· Construcción del objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada	
ISO 9126_1 - ISO 9126_2 - ISO 9126_3 - ISO 9126_4			
Confiabilidad	· Prueba de funcionalidades	· Prueba preliminar a nivel de desarrollo	
Funcionalidad			
Portabilidad			

4.1.7. Proceso Implementación del Framework con el Objeto de Aprendizaje

Este proceso tiene por objetivo la coordinación y ejecución de la evaluación de usabilidad sobre el framework y el objeto de aprendizaje obtenido. Se compone de dos subprocesos “Programación y ejecución de pruebas con usuarios” y “Evaluación de usabilidad de Usuarios”. En la Figura 15. se puede observar el esquema del proceso planteado.

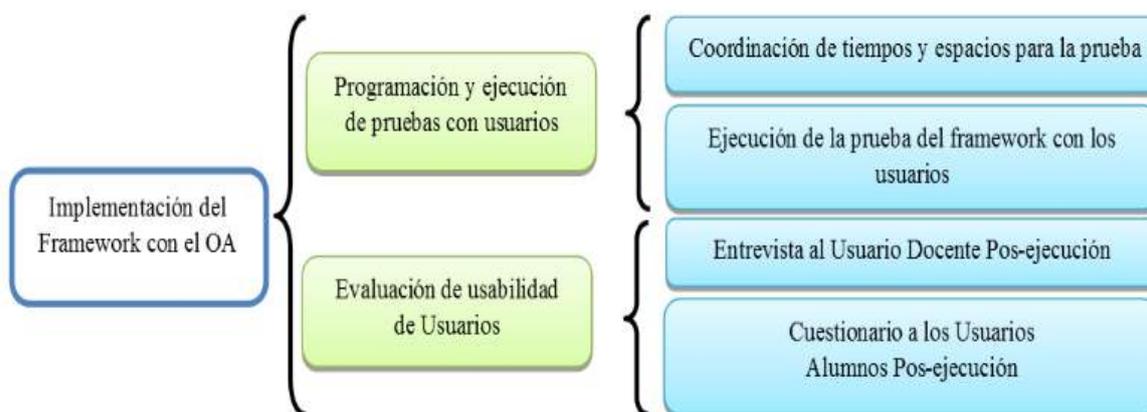


Figura 15 - Esquema proceso Implementación del Framework con el Objeto de Aprendizaje

4.1.7.1. Programación y ejecución de pruebas con usuarios

Este subproceso plantea realizar la actividad “Coordinación de tiempos y espacios para la prueba”, que consiste en establecer una fecha, horario y espacio (como un aula) para llevar adelante el proceso de utilización del framework con el objeto de aprendizaje.

Aquí tanto el Usuario Docente y el Asesor Técnico deben crear las condiciones para llevar adelante la prueba, esto es:

- Controlar que las condiciones técnicas sean las óptimas.
- Que el framework presente todos sus elementos.

La segunda actividad es “Ejecución de la prueba del framework con los usuarios”, se propone realizarla en dos momentos, el primer lugar con el Usuario Docente y después con los Usuarios Alumnos. En ambos casos, se les debe otorgar el “Instructivo de utilización del framework” al iniciar la prueba.

El Usuario Docente se predispone a seguir el instructivo de la utilización del framework y analizar atentamente las características del contenido del objeto de aprendizaje. Culminado la prueba con el Usuario Docente, se procede a realizar otra con los Usuarios Alumnos, para esto se sugiere:

- Establecer una introducción en la clase sobre qué se va trabajar, en este caso se indicará que se utilizará un framework con objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada.
- Indicar a los Usuarios Alumnos cuáles son las etapas de la actividad, que se trata de la utilización del mismo y después realizar un examen respecto a la experiencia.
- Si el grupo es numeroso, establecer grupos de dos a tres integrantes.

Al igual que en la primera prueba, los Usuarios Alumnos seguirán el instructivo y el Usuario Docente asistirá a los mismos en caso de ser muy necesario.

4.1.7.2. Evaluación de usabilidad de Usuarios

Este subproceso contempla dos actividades, por un lado “Entrevista al Usuario Docente Pos-ejecución” y por otro “Cuestionario a los Usuarios Alumnos Pos-ejecución”, como lo indica las denominaciones se realizan luego de la utilización del framework con el objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada.

Para realizar ambas actividades es necesaria la “Tabla de dimensiones evaluadas” obtenida como resultados del proceso “Diseño del objeto de aprendizaje”, estas tablas-

cuestionarios estarán dispuestas en copias en papel, tantas como usuarios harán la evaluación.

Para la primera actividad se plantea que el docente complete las tres primeras columnas de dicha tabla siguiendo el criterio de valoración propuesto por la herramienta COdA (Calidad de Objetos de Aprendizaje), 1 para el mínimo y 5 el máximo, ubicando dicha valoración en la columna 3 de la tabla, luego el Asesor Técnico realiza una entrevista al Usuario Docente, para rescatar apreciaciones u opiniones personales del mismo, sobre la utilización del framework con el OA en la clase, para esto es útil tener la “Tabla de Contextualización” y la “Tabla de comportamiento esperado del OA” para corroborar el cumplimiento, parcial o total, de los objetivos fijados en la etapa inicial.

En el segundo momento se realiza la actividad “Cuestionario a los Usuarios Alumnos Pos-ejecución”, consiste en que los Usuarios Alumnos se encargan de efectuar la valoración siguiendo el mismo método que la primera actividad, pero a diferencia que no se les realiza una entrevista. Como resultado se obtiene los cuestionarios completados y las apreciaciones del docente.

4.1.8. Proceso Análisis de resultados

Este proceso es el último que se plantea en este marco de trabajo, se compone de un subproceso denominado “Análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados”, que plantea el desarrollo de dos actividades: “Elaboración de informe de análisis cuantitativo” y “Elaboración de informe de análisis cualitativo”. El esquema del proceso se puede ver en la Figura 16.

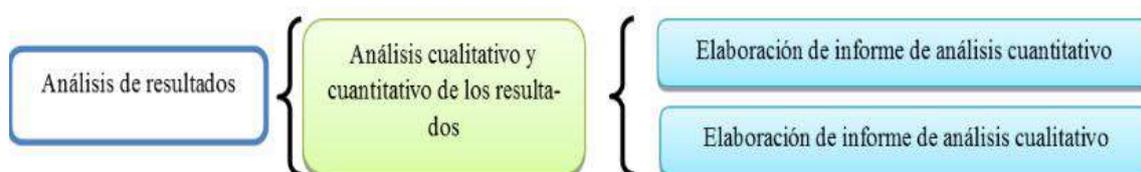


Figura 16 - Esquema de proceso Análisis de Resultados

4.1.8.1. Análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados

Para realizar las actividades planteadas se necesitan los cuestionarios efectuados y los registros de las apreciaciones del docente, producto del proceso de utilización del framework con el objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada.

La primera actividad “Elaboración de informe de análisis cuantitativo”, plantea elaborar un informe que contenga un análisis cuantitativo por cada dimensión-criterio, para lo cual se propone seguir los siguientes pasos:

- a) Tabulación de valores: para mejorar el análisis se deben tabular los valores de las encuestas obtenidas teniendo en cuenta la Tabla 15.

Tabla 15 - Puntaje por cada respuesta

Respuesta	Puntaje
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

- b) Codificar las Dimensiones-Criterios y las preguntas-características asociadas a ellas: para ello se debe colocar un valor alfanumérico que sirva de referencia por cada Dimensión-Criterio y por cada Pregunta-Característica como se observa en la Tabla 16.

Tabla 16 - Codificación de Dimensiones y Características

Código	Dimensión/Criterio	Código Pregunta- Característica	Pregunta- Característica
C1	Nombre Dimensión 1	P1	Pregunta 1
		P2	Pregunta N
CN	Nombre Dimensión N

c) Se procede a realizar los siguientes cálculos:

- Total de puntos por Pregunta-Característica (*ptcr*): es el resultado de sumar los productos del total de elecciones (valoraciones) por su correspondiente puntaje.

$$ptcr = \text{puntaje total de la Pregunta} - \text{Característica}$$

$$r_{((n))} = \text{respuesta}$$

$$ptcr = r_{((a))} * 5 + r_{((b))} * 4 + r_{((c))} * 3 + r_{((d))} * 2 + r_{((e))} * 1$$

Formula 1 - Total de puntos por Pregunta-Característica

- Valoración máxima por característica (*vtcar*): es la valoración máxima que se puede obtener por cada característica, para obtenerlo se debe multiplicar 5 (máxima valoración) por la cantidad de encuestados (*CE*).

$$vtcar = 5 * CE$$

Formula 2 - Valoración máxima por característica

- Porcentaje de valoraciones por Pregunta-Característica (*PV*): se obtiene de dividir el total de valoración obtenido por cada Pregunta-Característica (*pctr*) y *vtcar*. Dividido el total de la valoración máxima obtenible por característica.

$$PV = pctr/vtcar$$

Formula 3 - Porcentaje de valoración por Dimensión-Criterio

- Se procede a calcular la mediana aritmética del porcentaje de puntos obtenidos en cada Pregunta-Característica (*Me*). La mediana se utiliza para devolver la tendencia central en el caso de distribuciones numéricas sesgadas.

d) Se procede a completar la Tabla 17 a partir de los valores obtenidos.

Tabla 17 - Valores obtenidos por Pregunta-Característica

Código Dimensión-Criterio (C1,C2..CN)								
Código Pregunta-Características	a	b	C	d	E	ptcr	% de puntos	Me
<i>P1</i>						<i>ptcr (1)</i>	<i>PV(1)</i>	
<i>P2</i>						<i>ptcr (2)</i>	<i>PV(2)</i>	
<i>PN</i>						<i>ptcr (3)</i>	<i>PV(3)</i>	

Ejemplo:

C1								
Código Pregunta- Características	a	b	c	d	e	ptcr	% de puntos	Me
<i>P1</i>	2	9	0	0	0	46	83,64	83,64
<i>P2</i>	4	7	0	0	0	48	87,27	
<i>P3</i>	1	10	0	0	0	45	81,82	

- e) Hacer un gráfico de barras que muestre el porcentaje de puntos obtenidos por Dimensión-Criterio utilizando la mediana aritmética.

Una vez obtenidas todas las tablas correspondientes a cada Dimensión-Criterio, se procede a realizar la segunda actividad que es la “Elaboración de informe de análisis cualitativo”, este informe se compone de la interpretación de los resultados por parte del Asesor Técnico y además, las apreciaciones del Usuario Docente.

4.2. Conclusión sobre el marco de trabajo propuesto

En el presente capítulo se generó un marco de trabajo para la generación de un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada y un framework como medio de utilización, además se plantearon los roles de usuarios que participan, se explicó cómo realizar el proceso de evaluación de usabilidad y se abordó relaciones entre actividades propuestas y métodos, estándares y modelos analizados en el capítulo anterior.

Capítulo 5

Pruebas y Análisis de Resultados

En este capítulo se detalla la implementación del marco de trabajo propuesto en el caso de estudio determinado previamente. Se desarrollan todos los procesos presentados en el marco de trabajo en el contexto de una escuela de nivel secundario de la modalidad técnica de la provincia de Misiones.

5.1. Descripción del caso de estudio

Para implementar el marco de trabajo propuesto se eligió una escuela de nivel secundario en la modalidad técnico en instalaciones electromecánicas de la provincia de Misiones, específicamente en la ciudad de Concepción de la Sierra ubicada en la zona sur de la provincia (ver Figura 17).



Figura 17- Institución Educativa

Para la ejecución de pruebas se coordinó trabajar con un docente y con los 45 alumnos del tercer año de cursado. Quedando así definido los roles necesarios para llevar adelante el marco de trabajo: Asesor Técnico (autor de este trabajo), Usuario Docente y Usuarios Alumnos.

5.2. Implementación del Marco de Trabajo

Para la implementación se procedió a planificar la secuencia de actividades mediante un calendario, ajustándolo a la disponibilidad horaria del docente (Tabla 18).

Tabla 18 - Planificación de actividades

Nombre	Fecha Inicio	Fecha Fin
Análisis del contexto	23/07/2018	03/08/2018
Entrevista a Usuarios	23/07/2018	23/07/2018
Encuesta a Usuarios	26/07/2018	27/07/2018
Análisis de requisitos	30/07/2018	03/08/2018
Diseño del Objeto de Aprendizaje	06/08/2018	24/08/2018
Selección de herramientas software	06/08/2018	10/08/2018
Diseño de evaluación de Usabilidad	13/08/2018	17/08/2018
Prototipado basado en Escenario	20/08/2018	24/08/2018
Construcción del Objeto de Aprendizaje	27/08/2018	31/08/2018
Construcción del OA basado en RA	27/08/2018	31/08/2018
Prueba Preliminar a nivel de desarrollo	31/08/2018	31/08/2018
Elaboración de instructivo de la utilización del framework	28/08/2018	31/08/2018
Implementación del Framework con el OA	03/09/2018	06/06/2018
Programación y ejecución de pruebas con usuarios	03/09/2018	05/09/2018
Evaluación de usabilidad de usuarios	06/09/2018	06/09/2018
Análisis de resultados	10/09/2018	01/10/2018
Análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados	10/09/2018	01/10/2018

5.3. Implementación Proceso Análisis del contexto

A continuación, se detalla cómo se implementa los subprocesos “Entrevistas a usuarios”, “Encuestas a usuarios” y “Análisis de requisitos”.

5.3.1. Entrevistas a Usuarios

Se procede a realizar las actividades “Definición del objetivo del OA” y “Definición del tipo de tecnología” en forma paralela a través de una entrevista al Usuario Docente. La entrevista duró 30 minutos, los datos a capturar son los dispuestos en “Tabla de contextualización” y “Tabla de comportamiento esperado del OA”. Se realizó una entrevista secuencial indicando una pregunta según el dato a capturar dispuesto en la primera columna de las tablas (ver Tabla 19).

Tabla 19 - Tabla obtenida Entrevista Usuario Docente Momento 1

Institución	Escuela Provincial de Educación Técnica N° 23
Provincia	Misiones
Nivel	Secundario
Modalidad	Técnica
Área docente	Electromecánica
Año	Docente de alumnos de 3er año
Fecha	23/07/2018
Contenido educativo	Componentes microelectrónicos y su relación con la PC
Objetivo educativo	Que el alumno comprenda cuáles son los componentes microelectrónicos y cómo funcionan en una computadora
Dedicación	3 clases de 90 minutos
Tipo de tecnología	El usuario manifiesta que la tecnología no debe ser compleja por el hecho de no estar muy familiarizado con tecnologías de realidad aumentada. La tecnología alcanzable es una computadora portátil e internet.

En un segundo momento de la entrevista el Asesor Técnico indagó sobre qué es un objeto de aprendizaje, se realizó un debate del proceso de aprendizaje esperado, el tipo de evaluación a intervenir y se procedió a realizar el segundo grupo de preguntas

relacionadas al comportamiento esperado del OA, las respuestas se pueden observar en la Tabla 20.

Tabla 20 - Tabla obtenida Entrevista Usuario Docente Momento 2

Tipo de OA	Presentación de contenido y actividad
Contenido Deseado	Videos multimediales sobre el contenido educativo
Tipo de actividad	Proceso y Evaluación
Tipo de evaluación	Evaluación de múltiples respuestas desde la interacción con la herramienta
Objetivo pedagógico	Apoyatura pedagógica de los contenidos asignados
PREGUNTAS RECOMENDADAS PARA LA EVALUACIÓN (ENTRADAS)	
Pregunta 1	¿Qué componente del PC se compone de varias capas e incluye componentes SMD?
Pregunta 2	¿Qué componente de la PC contiene los capacitores electrolíticos más grandes y al menos un fusible cilíndrico?
Pregunta 3	¿Qué letra identifica un circuito integrado en la placa?
Pregunta 4	¿Qué componente es la Unidad Central de Proceso?
RESPUESTAS CORRECTAS ESPERADAS	
Respuesta 1	La Placa Madre se compone de varias capas y contiene componentes SMD
Respuesta 2	La Fuente de poder contiene dos capacitores electrolíticos muy grandes además de un fusible cilíndrico
Respuesta 3	Un circuito integrado se identifica con la letra U
Respuesta 4	El Procesador es la Unidad Central de Proceso o CPU
RESPUESTAS INCORRECTAS	
Respuesta 1	La Unidad Óptica contiene dos capacitores electrolíticos muy grandes además de un fusible cilíndrico
Respuesta 2	La Memoria ROM Procesador es la Unidad Central de Proceso o CPU
Respuesta 3	Un circuito integrado se identifica con la letra C
Respuesta 4	La Placa Madre contiene dos capacitores electrolíticos muy grandes además de un fusible cilíndrico
Respuesta 5	Un circuito integrado se identifica con la letra F
Respuesta 6	La Placa Madre es la Unidad Central de Proceso o CPU
Respuesta 7	El disco duro contiene dos capacitores electrolíticos muy grandes además de un fusible cilíndrico
Respuesta 8	Un circuito integrado se identifica con la letra Q
OTRAS OBSERVACIONES	

- El docente expresa que el tema ya se ha introducido anteriormente, pero necesita captar la atención de los alumnos y que ellos puedan distinguir los tipos de componentes microelectrónicos.
- Se necesita un acompañamiento para apoyar estos contenidos, recomienda que fuera bueno incluir videos en las interacciones con el objeto de aprendizaje.
- Recomienda que debe darse la interacción a través ser a través de una tecnología accesible como los celulares ya que manifiesta que anteriormente utilizaron para la búsqueda de información en otras clases.

5.3.2. Encuestas a Usuarios

En esta instancia el Asesor Técnico y el Usuario Docente proceden a realizar una encuesta a los alumnos que participarán de la evaluación de usabilidad. En total se encuestaron a 45 alumnos. Se les otorga la encuesta con el formato indicado en. “Encuesta a los Usuarios Alumnos”, y estos proceden a completar. Luego se elabora el “Informe Estadístico”, que es la salida que se planteó realizar para este subproceso. En dicho informe se visualiza porcentaje de conocimiento de realidad aumentada (Figura 17), porcentaje de utilización de celular en actividades escolares (Figura 19), porcentaje de interés e incentivación de incorporación del celular como herramienta (Figura 20 y 21), y porcentaje de usuarios con celular con sistema operativo Android (Figura 22).

5.3.2.1. Informe Estadístico

Institución: Escuela de Educación Técnica N° 23.

Provincia: Misiones.

Nivel: nivel educativo secundario.

Modalidad: instalaciones electromecánicas.

Asignatura: electromecánica.

Edad: 90% de los encuestados tienen 15 años y el 10% tiene 16 años.

Género: 75% de los encuestados son masculinos y el 25% son femeninos.

Año de cursado: 3er año.

Preguntas:

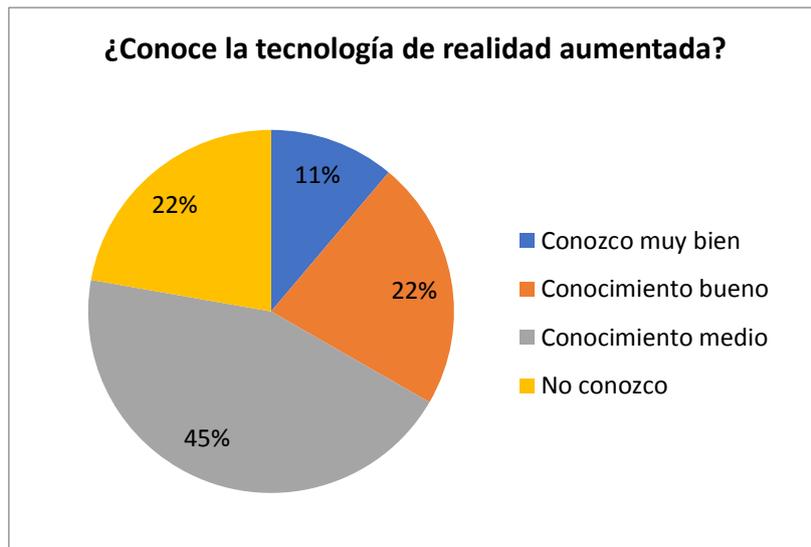


Figura 18- Respuestas pregunta 1

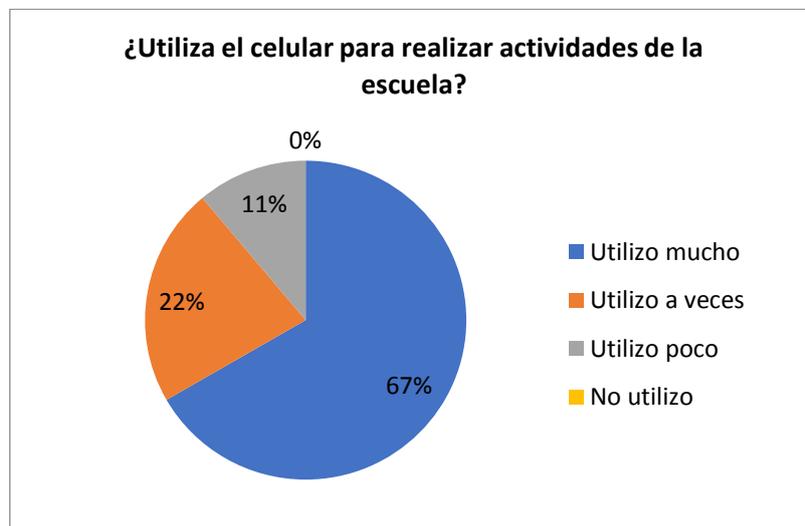


Figura 19 - Respuestas pregunta 2

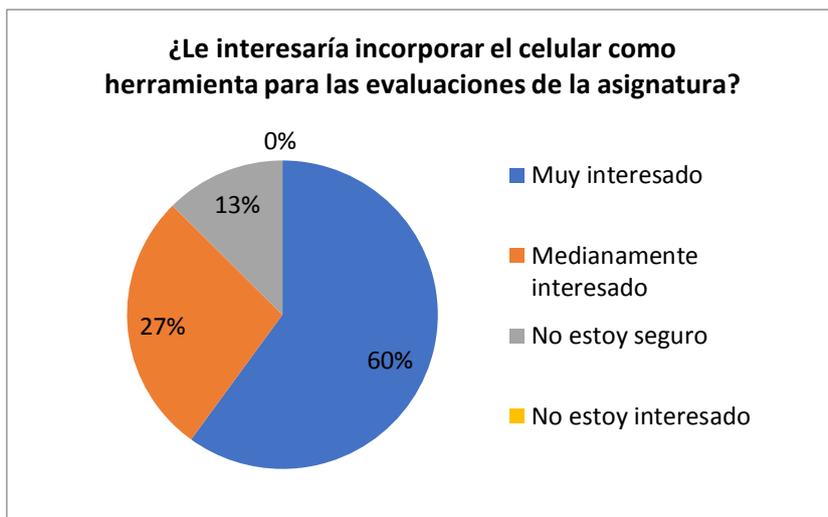


Figura 20 - Respuestas pregunta 3

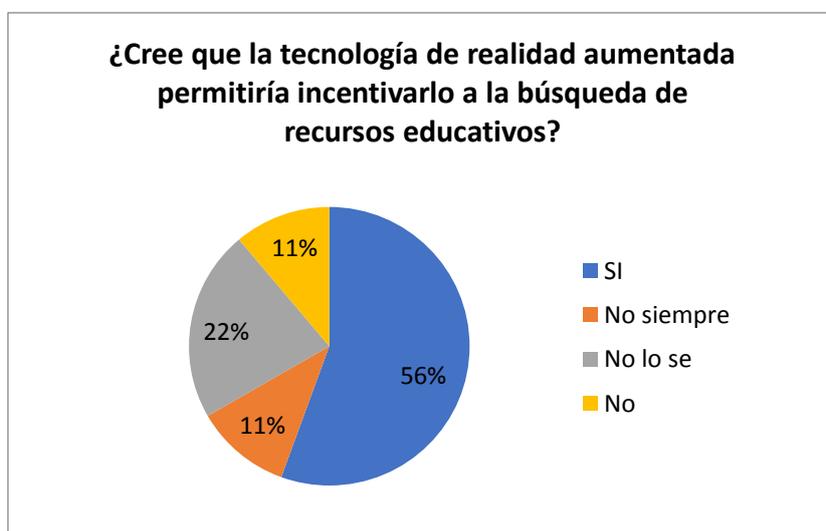


Figura 21 - Respuestas pregunta 4

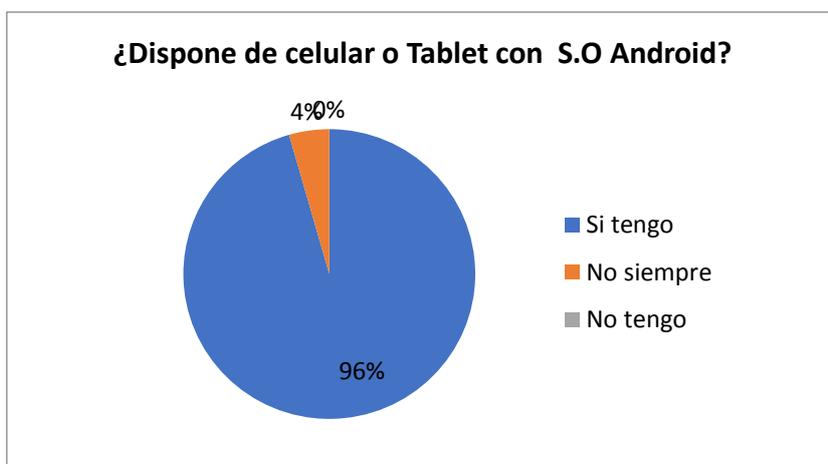


Figura 22 - Respuestas pregunta 5

5.3.2.2. Interpretación de resultados de la encuesta

Los resultados indican que existe un grupo de entre los 15 y 16 años de edad, en su mayoría varones cursando actualmente el tercer año del secundario.

Respecto del nivel de experiencia sobre la utilización de realidad aumentada, un 45% dice tener un conocimiento medio, en tanto un 22% expresa no tener conocimiento sobre esta tecnología.

Con relación a la utilización del uso del celular el 67% indica que utiliza el celular para realizar actividades académicas, es muy bajo el porcentaje (%11) de los que no lo utilizan. Así también, una mayoría (%60) indica que tienen interés en utilizar el celular como herramienta para las tareas escolares de las asignaturas.

Así también, la mayoría de estos alumnos (56%) manifiestan su interés en utilizar un mecanismo que incorpore un RA para la búsqueda de información de la asignatura.

Finalmente, la gran mayoría de los encuestados, casi en su totalidad (96%), disponen de un celular o tablet con sistema operativo Android, esto da la pauta de incluir requisitos técnicos vinculados a la utilización de esta tecnología.

5.3.3. Análisis de requisitos

Este subproceso plantea realizar la actividad “Definición de requisitos técnicos-cognitivos”, la cual consiste en que el Asesor Técnico realiza un listado de requisitos siguiendo el formato de la “Listado de requisitos técnicos-cognitivos” especificado en el capítulo anterior.

Para realizar esta actividad es necesario la “Tabla de contextualización”, “Tabla de comportamiento esperado del OA” y el “Informe de encuestados”, el Asesor Técnico lista los requisitos cognitivos en función a las necesidades vinculadas al aprendizaje detectadas, y lista los requisitos técnicos ajustándose especialmente al tipo de tecnología, tiempo y recursos disponibles. En la Tabla 21 se puede observar cuáles son los requisitos identificados para este caso de estudio.

Tabla 21- Requisitos identificados en caso de estudio.

ID	Requisitos cognitivos
R1	El OA debe estar vinculado a la utilización de videos e imágenes sobre el contenido educativo “Componentes microelectrónicos y su relación con la PC” que estimule la atención de los usuarios y además se relacione con las preguntas a efectuarse en la evaluación.
R2	El OA debe permitir un proceso de evaluación de tipo múltiple choice, el usuario debe elegir su respuesta ante una pregunta efectuada desde el OA.
R3	El OA debe permitir una retroalimentación ante la respuesta del usuario, estas deben coincidir con las salidas indicadas en la entrevista.
R4	El contenido educativo debe ser del nivel de 3er año de secundaria.
Requisitos tecnológicos	
R5	La tecnología que debe utilizar son celulares con cámara, con sistema operativo Android en su reciente versión, con acceso a internet.
R6	El framework debe permitir una utilización intuitiva, que no requiera del entendimiento técnico o excesivo tiempo.
R7	El proceso de la utilización del framework con el OA debe estar en el rango de tiempo de 3 clases de 90 minutos.
R8	El framework debe poder ser replicable y transportable para utilizarlo con un grupo numeroso de Usuarios Alumnos.
R9	Las respuestas de la retroalimentación no deben ser ambigua, u obtenerlas represente un tiempo excesivo.

5.4. Implementación Proceso Diseño del Objeto de Aprendizaje

A continuación, se detalla cómo se realizó el proceso de “Diseño del objeto de aprendizaje” mediante los subprocesos “Selección de herramientas software”, “Diseño de Evaluación de Usabilidad” y “Prototipado basado en escenario”.

5.4.1. Selección de herramientas software

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, la selección de herramientas de software plantea las actividades “Análisis de herramientas de autor de generación de RA” y “Definición de herramienta de desarrollo del OA”. En la primera actividad, el Asesor Técnico procedió a realizar un relevamiento sobre herramientas software que permitan generar contenidos en RA, disponibles en el estado del arte y en la web. No se especifica

una cantidad limitada de estas para comparar, pero es obligatorio al menos dos para hacer posible una comparación. Luego procedió a completar la “Tabla de inspección de herramientas de software vinculadas a la RA”, la cual especifica cuál es la información necesaria para realizar una comparación entre dichas herramientas. El resultado se puede visualizar la Tabla 22.

Tabla 22 - Tabla de inspección de herramientas de software vinculadas a la RA completa

Nombre de la herramienta de autor	Monotarget/ Multitarget	Tiene repositorio virtual	Tiene un asistente de desarrollo que permita la gestión	Tiene una aplicación disponible para Android/IOS para su visualización	Licencia	Formatos admitidos
ARcrowd [76]	Monotarget	Si	actividades del tipo exploratoria	No	ARCrowd es una aplicación de uso gratuito. Su código no está libre para descarga.	<i>.pdf</i> .jpg, .jpeg, .png, .bmp .gif .mp3 mp4 dae
ATOMIC [77]	Monotarget	No	Actividades de tipo exploratoria	No	Licencia GNU, descarga gratuita	<i>.patt</i> , <i>.wrl</i>
Augment [78]	Monotarget	Si	Actividades de tipo exploratoria	Si	Diferentes planes, opción de pruebas gratuita.	<i>dae</i> , <i>.obj</i> , <i>.stl</i> .jpg, .jpeg, .png, .bmp, .tga
Aumentaty-Creator [79]	Multitarget	Si	Actividades de tipo exploratoria	Si	Gratuita con opciones de planes pagos businnes y corporate	<i>dae</i> , <i>.obj</i> , <i>.stl</i> .jpg, .jpeg, mp4, mp3, .png
Wikitude [80]	Multitarget	Si	Actividades de tipo exploratoria	Si	Opción de gratuita monotarget de prueba,	<i>dae</i> , <i>.obj</i> , <i>.stl</i> .jpg, .jpeg, mp4, mp3

					con posibilidad de planes pagos.	
Hp Reveal [81]	Monotarget	Si	Actividades de tipo exploratoria	Si	Opción gratuita, Licencia GNU	<i>dae, .obj, .stl .jpg, .jpeg, mp4, mp3, .png</i>

Para la actividad “Definición de herramienta de desarrollo del OA” el Usuario Docente y el Asesor Técnico procedieron a debatir sobre las capacidades funcionales de cada herramienta en función de las características presentadas en la “Tabla de inspección de herramientas de software vinculadas a la RA completa”, “Listado de requisitos técnicos-cognitivos” y además la “tabla de comportamiento esperado del OA”.

La nota de conformidad que se plantea elaborar en esta actividad contiene el justificativo de la elección de ambos participantes. Dicha nota fue efectuada y se puede ver en el Anexo VIII – Figura 36. Para el desarrollo del objeto de aprendizaje se ha elegido la herramienta Aumentaty- Creator [79] la que, según lo expuesto en la Tabla 22, presenta mayores prestaciones respecto a las otras, destacando las características de poder generar contenidos en multitarget (varias aumentaciones generadas a la vez), con licencia gratuita (con posibilidad de planes de pagos) y una aplicación disponible para Android/IOS para la visualización de los elementos. Además, iguala las características de tener un repositorio y asistente virtual para el desarrollo de contenido en RA admitiendo numerosos formatos de elementos para trabajar.

En cuanto a la contrastación de requisitos, los agentes determinan que la herramienta presenta funcionalidades y recursos capaces de satisfacer los requisitos cognitivos y técnicos planteados en 5.3.3. (Tabla 21), permite la generación de elementos de contextualización, presenta recursos para generación de contenidos compatibles con las entradas y salidas requeridas en el comportamiento esperado del objeto de aprendizaje.

5.4.2. Diseño de la Evaluación de Usabilidad

Como se ha anticipado anteriormente, este subproceso plantea dos actividades: “Identificación de Dimensiones a evaluar” e “Identificación de relaciones con estándares de evaluación de usabilidad”. En este caso de estudio, ambas actividades se realizaron al mismo tiempo. Para la formulación de dimensiones o criterios de evaluación de usabilidad se utilizó la herramienta COdA (ver 2.1.4.). El Asesor Técnico completó la “Tabla de dimensiones evaluadas” (ver Tabla 23), ubicando las consignas según el contenido asignado a las columnas.

La adaptación que se efectuó en el alcance de la evaluación de la herramienta COdA, es desestimar el criterio “Accesibilidad”, ya que plantea la apreciación de características de accesibilidad desde el punto de vista del usuario con capacidades diferentes o con discapacidades, además apunta al vínculo de características de objetos de aprendizajes basados en tecnología web y estándares vinculados a ello, y además, recomienda aplicarlo solo a usuarios con conocimientos de estos dos últimos elementos. Se considera no aplicable a la evaluación del framework y del OA debido a que los usuarios no poseen las aptitudes mencionadas.

En la columna cuatro se ubicaron las normas, estándares, métodos e inclusive herramientas que tuvieron una relación, aquí el Asesor Técnico utilizó las Tablas 13 y 14 además del marco teórico del presente trabajo. La Tabla 23. es el resultante de ambas actividades, esta es la que se utilizará en el proceso de evaluación de usabilidad del OA en procesos posteriores.

Tabla 23 - Tabla de dimensiones evaluadas

Dimensión	Preguntas o características referidas a la dimensión	Valoración (del 1 al 5)	Norma, método o modelo relacionado
Objetivos y coherencia didáctica	El OA especifica con claridad los objetivos didácticos, las destrezas a desarrollar, el tipo/nivel/necesidad los destinatarios y sugerencias sobre su posible explotación didáctica (instrucciones) para el profesor y/o para el estudiante.		COdA ISO 9241- 11,98
	Existe coherencia entre los objetivos, destrezas y destinatarios.		

	La explotación didáctica se puede llevar a cabo teniendo en cuenta los objetivos, destrezas y destinatarios que se han definidos.		
	Existe coherencia entre los objetivos, destinatarios, destrezas y explotación didáctica y los contenidos del OA.		
Calidad de los contenidos	La presentación del contenido es clara. Rápidamente se localizan cada uno de los apartados e ideas que se exponen.		COdA ISO/IEC 9126-1 ISO/IEC TR 9126-4
	Si en el contenido se incluyen actividades, las instrucciones para el alumno sobre cómo realizar y evaluar la actividad se presentan con claridad.		
	El número y distribución de los conceptos e ideas es equilibrado. No aparecen secciones con una gran concentración de conceptos y otras secciones con pocos conceptos y demasiado explicados.		
	Se destacan las ideas clave de forma que el alumno percibe intuitivamente cuáles son las ideas fundamentales.		
	El contenido es adecuado al nivel de conocimiento de los destinatarios.		
	El contenido es coherente con los objetivos, destrezas a desarrollar y modos de explotación.		
	La información es veraz, exacta y se presenta con un nivel de detalle suficiente para los destinatarios.		
	El contenido está actualizado.		
	El contenido no presenta sesgo ideológico, es objetivo.		
	Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación	El OA estimula la reflexión sobre las ideas presentadas	
El OA fomenta la capacidad crítica. Cuestiona al alumno y estimula que el alumno se cuestione sobre las ideas que se le presentan.			
El OA promueve/facilita que el alumno descubra/genere/adquiera las ideas de aprendizaje de forma autónoma.			
Se fomenta, en el alumno, la capacidad de relacionar conceptos ya aprendidos con los nuevos conceptos. Se promueve la creación de nuevas ideas y la búsqueda de nuevos procedimientos/técnicas/métodos para la resolución de tareas, de problemas o de generación de conocimiento.			

Interactividad y adaptabilidad del OA	El contenido que se presentan al alumno está relacionado con las preguntas, respuestas o acciones que éste haya realizado previamente.		COdA ISO/IEC 9126-1
	El contenido que se presenta depende del conocimiento previo del alumno o de sus necesidades.		ISO/IEC 9126-2
	El alumno siente que realmente controla y maneja su aprendizaje.		ISO/IEC TR 9126-4
	La presentación condicionada del contenido es automática y mediante instrucciones de uso del OA.		
	El OA propone diferentes contenidos y actividades.		
	El profesor o el alumno pueden usar el OA independientemente del método de enseñanza o aprendizaje que utilicen.		
Motivación	En el OA se hacen referencias directas a su utilidad en el mundo real. El alumno percibe que lo que aprende es relevante/significativo en su entorno vital, profesional y/o social. El OA responde a sus intereses personales o profesionales.		COdA ISO/IEC 9126-1 ISO/IEC 9126-2
	El OA presenta de forma innovadora o atractiva los contenidos o los procedimientos didácticos.		ISO 9126-4,04
	Los criterios 2º, calidad del contenido, 3º, reflexividad, crítica y creatividad, y 4º, interactividad y adaptabilidad contribuyen a la motivación.		
Formato y Diseño	El diseño organizado, claro y conciso. Si contiene varios archivos éstos están bien organizados y nombrados.		COdA ISO/IEC 9126-1
	El formato y diseño de los contenidos audiovisuales favorece la comprensión y asimilación del conocimiento que contienen. Los contenidos audiovisuales se complementan y completan mutuamente.		ISO/IEC 9126-2 ISO 9241- 11,98
	Se utilizan formatos multimodales, texto, imagen, audio, vídeo, para aprovechar las diferentes formas de aprendizaje.		
	El OA es estéticamente adecuado para el estudio y la reflexión. Por ejemplo, no tiene exceso de colores, audios, vídeos molestos o que distraigan la atención.		
	Los textos, imágenes y los audios son de buena calidad		
Usabilidad	Es fácil navegar en el contenido digital del OA. Se encuentran rápidamente los contenidos buscados.		COdA

	La forma de utilizar el OA, la interfaz, es intuitiva e informa implícitamente al alumno cómo interactuar con él, o bien existen instrucciones de uso que son claras.		ISO TR 16982, 02 ISO 9241-
	Todos los enlaces funcionan correctamente, no hay enlaces rotos o que conduzcan a un contenido erróneo.		11,98 ISO/IEC 9126-4,04
Reusabilidad	Reusabilidad de contenido. El OA se organiza modularmente, de forma que todos o alguna de sus partes puede volver a utilizarse para construir otros OA. Además, una organización modular facilita la actualización de los contenidos.		COdA ISO TR 16982, 02 ISO 9241-
	Reusabilidad de contexto educativo. El OA o alguno de sus módulos puede utilizarse en más de una disciplina o grupos de alumnos.		11,98
	Reusabilidad de entorno. El OA o alguno de sus módulos puede utilizarse en diversos entornos de aprendizaje: presencial, virtual, mixto.		
Interoperabilidad	El contenido del OA se ha creado en formatos que son de uso general o estándar de facto; por ejemplo, texto (txt), word, pdf, wav, mp3, mp4, flash, jpeg, gif entre otros.		COdA ISO TR 16982, 02 ISO 9241-
	El OA puede utilizarse en cualquier entorno web y en cualquier máquina. Si es necesario algún software para utilizarlo, éste es sencillo de obtener.		11,98
	El OA tiene elementos que lo identifiquen como el título, el autor (es), los objetivos didácticos, destinatarios, destrezas, etc. Los metadatos facilitan la localización y selección de los OA.		

5.4.3. Prototipado basado en escenario

Este subproceso plantea realizar la actividad “Definición del diseño del framework”, esta se realizó en dos momentos, en principio se necesitó del listado de requisitos técnicos y cognitivos, la tabla de comportamiento esperado del OA y la herramienta definida para el desarrollo del OA obtenidos en etapas anteriores. Participaron de esta actividad el Asesor Técnico y el Usuario Docente, los cuáles completaron la tabla de verificación de requisitos (ver Tabla 24). La actividad consistió en definir una aproximación de cómo sería el framework y el OA a utilizar, luego se

contrastó con los requisitos cognitivos y técnicos para verificar si se satisfacen los mismos y finalmente se verificó si el framework planteado se relaciona con estándares, normas y métodos relacionados al diseño y desarrollo de OA.

La Tabla 24 describe el resultado de un debate entre ambos agentes sobre cómo debe ser el framework tomando como referencia los requisitos a cubrir, las características de la herramienta que permite generar contenido en RA, y finalmente, las entradas y salidas requeridas en el comportamiento del OA.

En la iteración 1 se concluyó que no se satisfacían los requisitos R6, R8 y R9. El primero (R6) debido a que aún no se planteaba la utilización de un instructivo de cómo utilizar el framework, para el R8 surgió el inconveniente que el método de evaluación “rellenar fichas con respuestas correctas”, parecía menos viable debido a la cantidad de posibilidades de respuestas de los alumnos (comparados a la cantidad de movimientos posibles en un tablero de ajedrez), se cuestionó que esto implicaría crear un target por cada posibilidad de respuesta, lo que dificultaría la característica de ser replicable, también se previó que al manejar una gran carga de datos se puso en duda el tiempo de respuesta de la retroalimentación a lo que derivó también a dar la negativa al requisito R9.

Se optó, en una segunda iteración, por desarrollar un tablero con fichas (hojas de papel) por cada video educativo y naipes (cartas) por cada afirmación correcta e incorrecta de la evaluación, entonces la cantidad de targets y aumentaciones, se limitó a la cantidad de cartas y fichas disponibles. Los agentes concertaron que de esta forma se cubren todos los requisitos.

Tabla 24 - Tabla de verificación de requisitos

Número Iteración	Framework planteado	Req. Téc.	S/N	Req. Cog.	S/N	Estándares, Normas, métodos relacionados.
Iteración 1	Se plantea la construcción y utilización de un tablero que contenga targets asociados a videos educativos referidos al contenido educativo. El usuario debe utilizar su celular para visualizar el contenido de RA en los targets, para actividad de evaluación el usuario debe completar a mano una ficha en formato tabla la cual se compone de las preguntas con sus respuestas posibles, el usuario debe pintar de negro la respuesta que considera correcta, cuando se completó todas las respuestas debe enfocarse el celular a la ficha obtenida visualizando la aumentación de una valoración.	R5	S	R1	S	<u>Diseño basado en escenarios</u> (Contrastar el diseño con los requisitos) <u>Nielsen</u> (Diseño participativo, Diseño iterativo, Diseño coordinado de la interfaz global, Prototipado) ISO 12207_1,02, ISO 9126_1
		R6	N	R2	S	
		R7	S	R3	S	
		R8	N	R4	S	
		R9	N			
Iteración 2	Se plantea la construcción y utilización de un tablero en papel cartulina, una tarjeta (en papel) por cada video a mostrar, y un mazo de naipes (en papel) que contenga afirmaciones correctas e incorrectas y en el dorso contenga un target. Cada tarjeta mostrará un video educativo en RA, luego de observar las mismas, procederá a mirar todas las afirmaciones y debe colocar las que les parezca correctas en una ubicación específica del tablero mostrando el dorso de los naipes. Finalmente, el usuario utiliza el celular y la aplicación enfocando a los naipes, se visualiza en RA si las respuestas son correctas o incorrectas. El tablero dispone de un instructivo disponible en RA.	R5	S	R1	S	<u>Diseño basado en escenarios</u> (Contrastar el diseño con los requisitos) <u>Nielsen</u> (Diseño participativo, Diseño iterativo, Diseño coordinado de la interfaz global, Prototipado) ISO 12207_1,02, ISO 9126_1
		R6	S	R2	S	
		R7	S	R3	S	
		R8	S	R4	S	
		R9	S			

El segundo momento del diseño del framework implicó armar la interfaz principal del mismo, tomando como eje lo consensuado en la última iteración de diseño en Tabla 24. Esta actividad se realizó entre el Asesor Técnico y el Usuario Docente, utilizando computadora portátil con un procesador de texto para hacer los targets y los textos. La primera interfaz del framework se refleja en la Figura 23.



Figura 23 - Primera aproximación prototipo del framework

5.5. Implementación Proceso Construcción del Objeto de Aprendizaje

Una vez obtenido el diseño del framework con el OA definido, se procedió a realizar el proceso de construcción, a través de los subprocesos “Construcción del Objeto de Aprendizaje basado en realidad aumentada”, “Prueba preliminar a nivel de desarrollo” y “Elaboración de instructivo de la utilización del framework”.

5.5.1. Construcción del Objeto de Aprendizaje basado en realidad aumentada

Para la construcción del OA se procedió a seguir los pasos del marco de trabajo propuesto en el Capítulo 4 Sección 4.1.6.1., se mostrará cual es el procedimiento realizado para la construcción del OA. Es importante aclarar que no se realizó una descripción específica del funcionamiento de la herramienta que genera contenido de RA, ya que este proceso está enfocado a describir la construcción del objeto de aprendizaje basado en RA.

En primera instancia el Asesor Técnico realizó una representación gráfica de cómo es el funcionamiento del framework (ver Figura 24). Dicha representación expone que elementos existen en el mismo y como están vinculados.

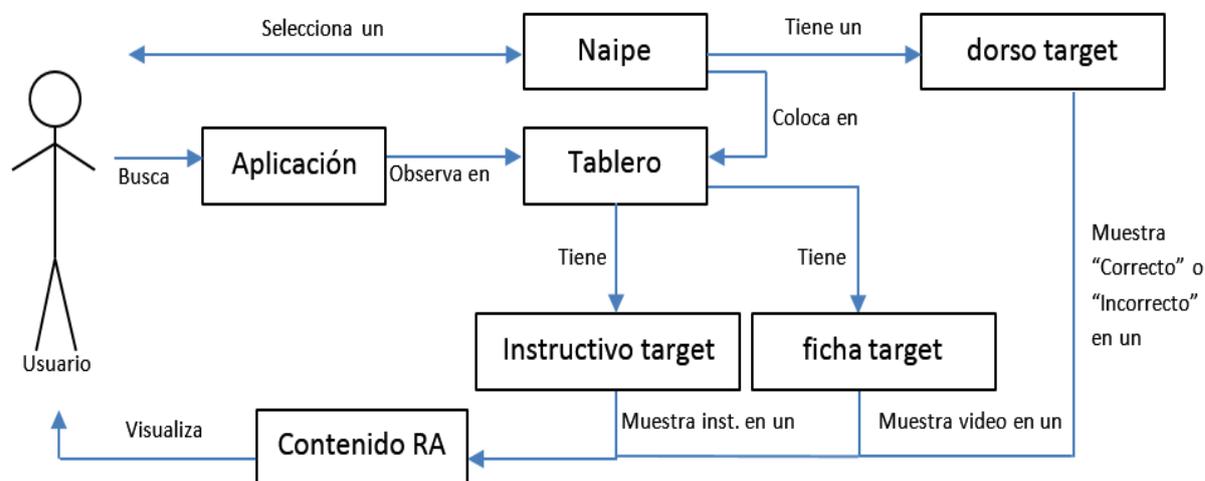


Figura 24 - Representación gráfica del funcionamiento del framework

Luego el Usuario Docente seleccionó los videos educativos en formato mp4. respecto al contenido didáctico establecido, el Asesor Técnico se encargó de digitalizar los targets en imágenes formato .jpg. En un segundo momento el Usuario Docente se encargó de realizar las actividades que se efectuarán en el framework, aquí resultó útil la utilización de la representación gráfica, para este caso dichas actividades son de tipo exploratorias y se listan a continuación:

- a) El usuario debe descargar la aplicación en su celular y utilizarlo con la cámara para visualizar el instructivo del juego.
- b) Luego de leer el instructivo utilizar la aplicación para visualizar los videos dispuestos en las fichas.
- c) Luego de ver los videos en las fichas, elegir las cartas o naipes que tengan las afirmaciones correctas y ubicarlas con el dorso hacia arriba en la ubicación del tablero destinado para ello.
- d) Visualizar los dorsos de las cartas con la aplicación del celular para verificar si las respuestas son correctas o incorrectas.

La herramienta a utilizar para la construcción del OA es Aumentaty Creator, este software proporciona un espacio de trabajo que permite desarrollar contenido en realidad

aumentada. Se procedió a ingresar a la página web de inicio de la herramienta (ver Figura 25) y a la creación de una cuenta de usuario (ver Figura 26).



Figura 25 - Página de inicio de la Aumentaty

Figura 26 - Formulario para la creación de usuario

En la sección de descargas de la página, proporciona dos botones de descargas del asistente de desarrollo, estos llevan a otra ventana de la página (ver Figura 27), en donde indica que está disponible actualmente para Windows en versión 32bits y 64bits. Se procedió a la descarga e instalación de dicho asistente.

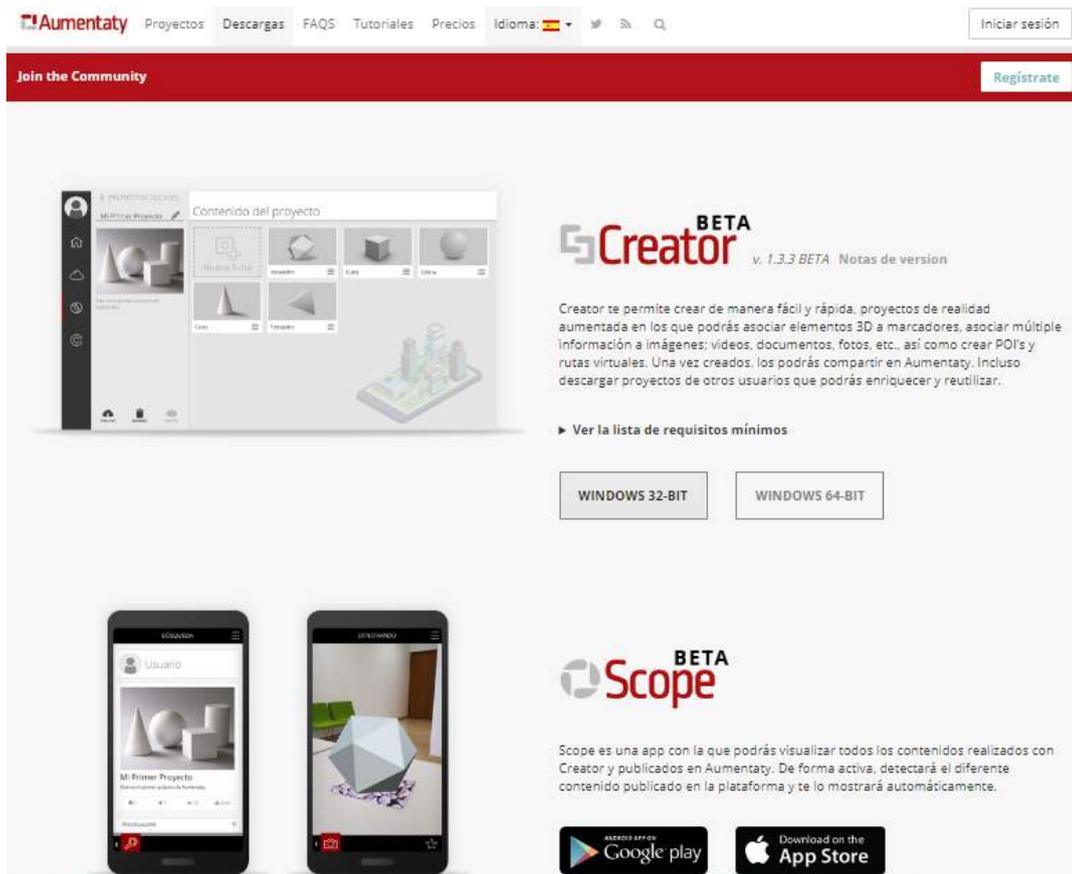


Figura 27 - Pestaña de descargas del asistente.

Una vez ejecutado el asistente este solicitó el nombre de usuario y contraseña creadas anteriormente (ver Figura 28) y se pudo acceder al panel de configuración.

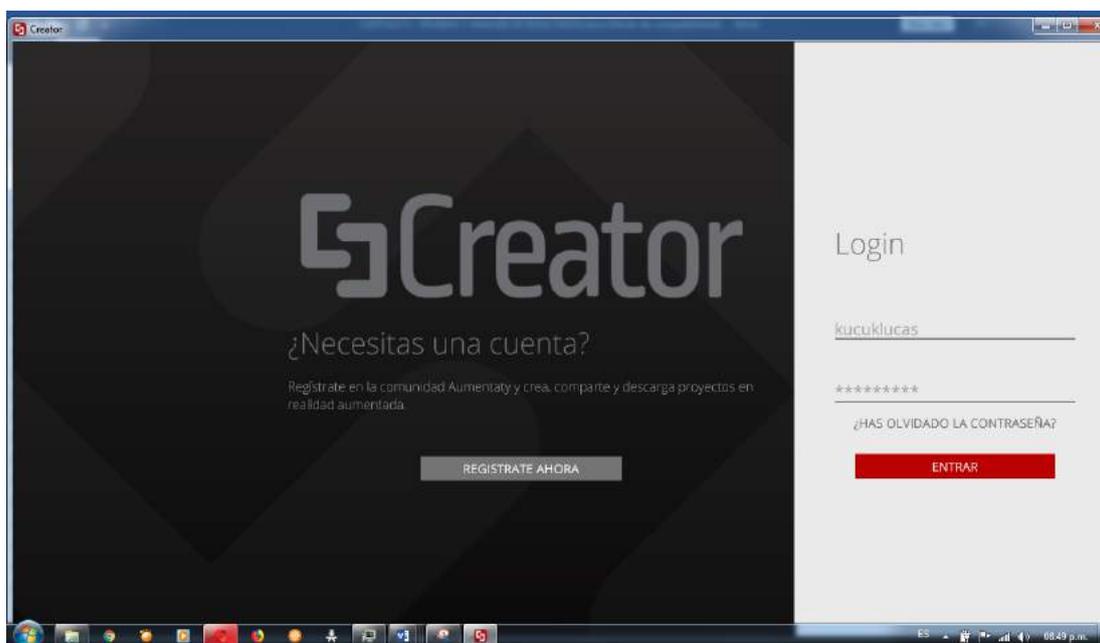


Figura 28 - Pantalla de inicio del asistente.

Se procedió a ingresar los elementos de contextualización, estos permitirán la identificación del OA y su posterior búsqueda (ver Figura 29).



Figura 29 - Ingreso de elementos de contextualización – caracterización

Los pasos siguientes consisten en cargar las imágenes pertenecientes a los targets de las fichas que mostrarán los videos, los dorsos de los naipes (cartas) y el instructivo del framework. Para lograr este paso, el asistente tiene la opción de “Nueva Ficha”, se hizo click en esa sección, se colocó un título y descripción. Finalmente, se procedió a cargar la imagen .jpg relativo al tema del contenido a mostrar (ver Figura 30).



Figura 30 - Imágenes de los targets cargados

Una vez cargado todas las imágenes (targets) se procedió a asociar cada una de estas al contenido que se deseaba mostrar. Dicho contenido es la retroalimentación que recibe el usuario. Para esto el asistente cuenta con un panel de edición de características de cada “ficha”, donde se puede configurar el color de la imagen a mostrar, el texto y la ubicación de la aumentación.

Según la “Tabla de comportamiento esperado en OA”, se identifican que el OA debe dar 8 respuestas incorrectas y 4 correctas en el proceso de evaluación, esto determina la cantidad de asociaciones entre los marcadores y los elementos en RA. En la “Tabla de verificación de requisitos” se indica que los mensajes de retroalimentación deben coincidir con la leyenda “correcto” o “incorrecto”, esto es parte de la característica que debe tener cada aumentación. También se indica que debe tener un instructivo del funcionamiento del framework y 4 fichas que muestran los videos educativos antes del proceso de evaluación. En total, para este caso de estudio, hubieron 17 asociaciones entre targets (marcadores) y contenidos en RA. Una vez terminadas las asociaciones se procedió guardar en el repositorio que tiene la herramienta mediante la función “publicar” disponible en el mismo asistente. En la Figura 31 se puede observar la vista previa de cómo quedan los marcadores (targets) con el contenido de realidad aumentada asociados.

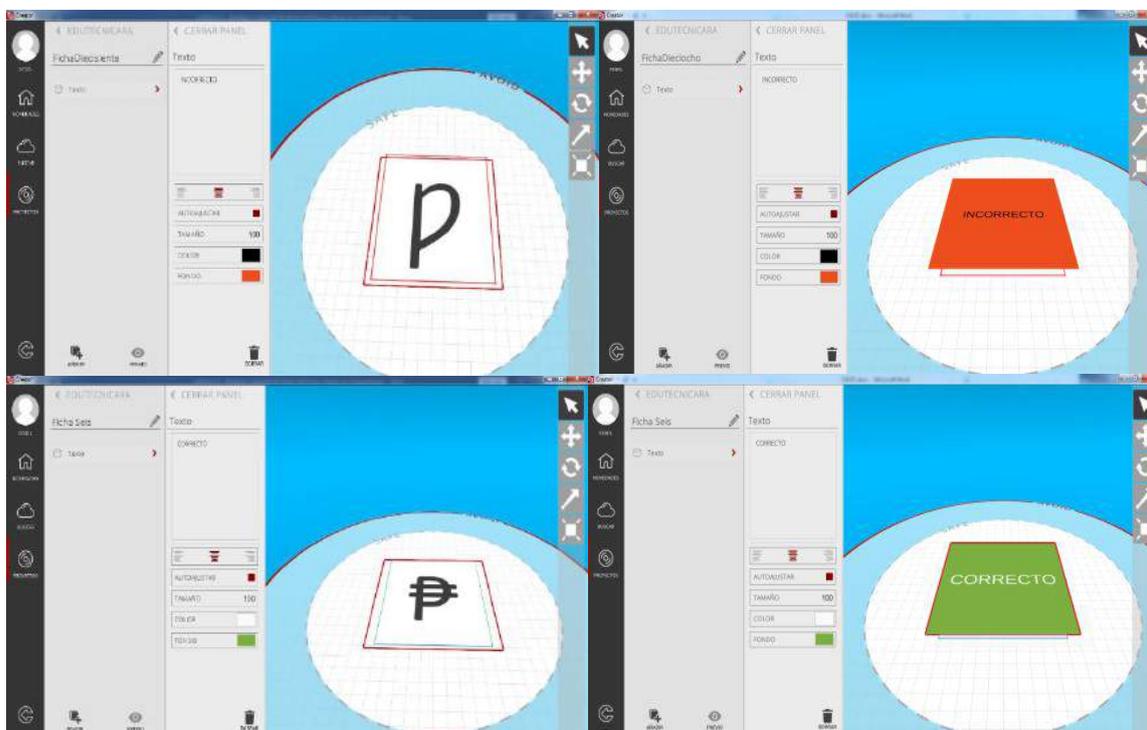


Figura 31 - Targets con elemento de RA asociado

El último paso consistió en armar los elementos tangibles del framework en función de la interfaz obtenida en el proceso de diseño, para este caso de estudio, implicó la construcción de cartas (ver Figura 32), las fichas que contienen los videos educativos con los targets impresos y el tablero (ver Figura 23) con los elementos de contextualización y el target del instructivo. Esta actividad fue realizada por el Usuario Docente.



Figura 32 - Sección delantera de una de las cartas

5.5.2. Prueba Preliminar a nivel de desarrollo

Como se plantea en el marco de trabajo propuesto, la actividad “prueba de funcionalidades” se puede realizar en paralelo durante la construcción del objeto de aprendizaje. Consiste en realizar una autoevaluación preliminar sobre el funcionamiento del framework, concentrándose en el desempeño de los componentes técnicos. Para este caso de estudio, la herramienta utilizada para visualizar los contenidos en RA se denomina “Scope”, se procedió a utilizar un smartphone con sistema operativo Android y, con acceso a internet, se descargó y se instaló dicha aplicación. La misma permitió el ingreso como invitado (sin login), se buscó en el repositorio el proyecto referido al framework, que para este caso se denominó “Eductecnica” (ver Figura 33) y, con la aplicación, se verificó el aspecto funcional del framework.

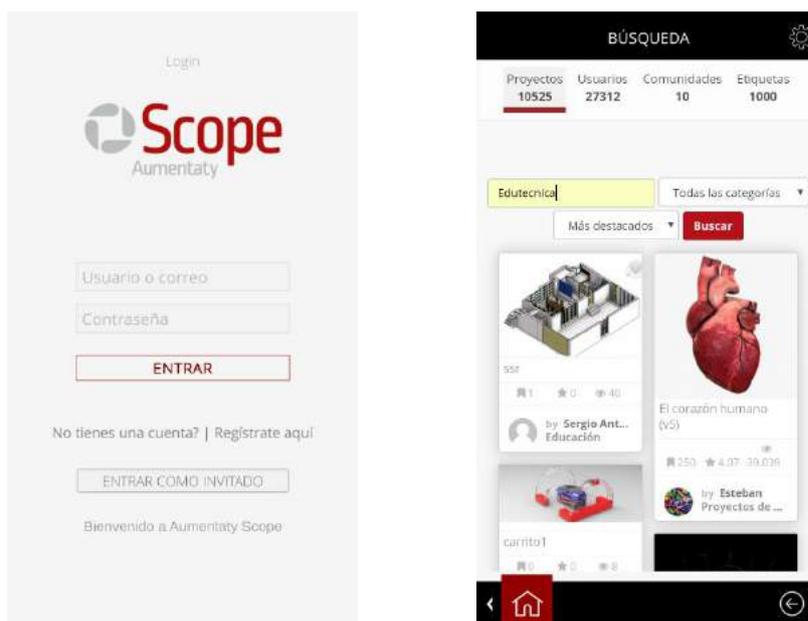


Figura 33 - Capturas - Acceso como invitado y búsqueda del proyecto

El marco de trabajo propuesto plantea realizar algunas evaluaciones iniciales antes de utilizar el OA con los Usuarios Alumnos. A continuación, se consignan las preguntas y respuestas efectuadas al momento de la prueba por parte del Usuario Docente:

- ¿El objeto de aprendizaje muestra los elementos de contextualización? ¿es fácil de hallarlo en el repositorio en la que está ubicado?
Si, se muestran los elementos de contextualización como el título, el nombre del OA. Es fácil ubicar el OA mediante estos elementos de contextualización.
- ¿El tiempo de espera para realizar las actividades es razonable?
Las actividades se realizan en forma inmediata porque son de tipo exploratorias.
- ¿El contenido de aprendizaje es entendible y preciso?
Los video e imágenes se ven y se escuchan bien.
- ¿Las respuestas en el proceso de retroalimentación son las esperadas en función de las actividades y contenidos de aprendizajes?
Las asociaciones realizadas previamente son las indicadas, resultan ser lo esperado que aparezcan cuando se utiliza la aplicación con el target.

- ¿El framework permite la visualización correcta del objeto de aprendizaje?
Si, el framework permite la visualización correcta del objeto.
- ¿Los targets se encuentran fácilmente?
Si se encuentran fácilmente.
- ¿El framework es intuitivo? ¿Permite entender fácilmente la secuencia funcional del mismo?
El framework y la aplicación es fácil de entender, se distingue intuitivamente la secuencia funcional.
- ¿El framework es transportable? ¿Se puede reproducir fácilmente?
Debido a que el tablero, las cartas y las fichas están hechos con materiales sencillos de conseguir, se puede reproducir varias veces y transportarlo.

Ante la prueba preliminar efectuada, el Usuario Docente y Asesor Técnico optaron por la aprobación de seguir el trabajo y no modificar el framework y el OA. Fue fundamental corroborar si este contenía las cualidades que deben tener los objetos de aprendizajes, se corroboró que, efectivamente, existen los elementos de contextualización, al igual que el contenido de aprendizaje y, finalmente, las actividades vinculadas al contenido y proceso de evaluación.

Se decidió incluir un instructivo escrito en el tablero indicando los requerimientos técnicos mínimos y cuál aplicación descargar. También se decidió realizar 4 réplicas por la cantidad de alumnos que los utilizarían.

5.5.3. Elaboración de instructivo de utilización del Framework

En este caso de estudio se plantea que el instructivo del funcionamiento del framework aparezca como parte de un elemento basado en RA del tablero y que los requerimientos técnicos para utilizar la aplicación aparezcan escritos en el tablero. Ambos instructivos se pueden ver en el Anexo IX – Figura 37.

5.6. Proceso Implementación del Framework con el Objeto de Aprendizaje

Este proceso plantea realizar dos subprocesos, por un lado “Programación y ejecución de pruebas con usuarios” y, por otro, la “Evaluación de usabilidad de Usuarios”.

5.6.1. Programación y ejecución de pruebas con usuarios

Para la actividad de “Coordinación de tiempos y espacios para la prueba” que se plantea en este subproceso, se estableció una fecha, horario y espacio para realizar las pruebas con los Usuarios Alumnos (ver Tabla 18 Planificación de actividades). Se trabajaron en dos grupos en días diferentes debido a que el curso tiene dos divisiones con horarios de clases distintos, el Usuario Docente se aseguró que el aula tenga señal wifi para el acceso a internet y se verificó la completitud de los elementos del tablero.

Para la “Ejecución de la prueba del framework con los usuarios”, en primer lugar, el Usuario Docente procedió a utilizar el framework y el OA, interactuando con todos los elementos que contiene. Posteriormente, se hizo ingresar a los alumnos al aula y se los organizó en pares y por turnos para la utilización del dicho framework. El procedimiento que hicieron los usuarios es:

- Lectura del instructivo del tablero, visualizando los requerimientos técnicos mínimos y cuál aplicación descargar (Scope), para visualizar los contenidos en RA.
- Luego de haber descargado e instalado la aplicación en su celular, procedieron a ingresar como invitado en la misma y procedieron a ver el instructivo ubicado en el tablero.
- Este indicará que debe mirar el contenido “oculto” en las fichas, estos visualizaron un video por cada ficha referido al contenido educativo.
- Luego se dispusieron a observar las afirmaciones ubicadas en las caras principales de las cartas y elegir las que les parezca correctas.
- Estas últimas, ubicaron en el tablero mostrando el dorso con los targets (marcadores), luego de elegir las cuatro afirmaciones que les pareciera correctas utilizaron la aplicación nuevamente para corroborar si las respuestas eran correctas o incorrectas mediante la aumentación generada desde la aplicación.

El proceso de utilización en total duro 180 minutos dividido en dos momentos de 90 minutos, el total de usuarios que utilizaron el framework es de 42 alumnos y 1 docente, hubo 3 ausentes, ver Figura 34.



Figura 34 - Usuarios utilizando el framework con el OA.

5.6.2. Evaluación de usabilidad de Usuarios

Como lo indica el marco de trabajo propuesto, este subproceso contempla dos actividades, por un lado “Entrevista al Usuario Docente Pos-ejecución” y por otro “Cuestionario a los Usuarios Alumnos Pos-ejecución”. Como lo indica la denominación, se realizan luego de la utilización del framework con el objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada. El rol que cumple el Asesor Técnico es de entrevistador y luego de aplicador con el Usuario Docente al momento de realizar los cuestionarios con los alumnos.

Para el presente caso de estudio se imprimieron previamente las 42 copias de la “Tabla de dimensiones evaluadas”, y una más para el docente, el mismo procedió a completar cada ítem colocando una puntuación. En un segundo momento, se procedió a repartir los cuestionarios a los Usuarios Alumnos y estos completaron siguiendo el mismo procedimiento.

Terminada la actividad de evaluación, se realizó una entrevista al docente, como lo indica el marco de trabajo, esta tiene el propósito de establecer si los objetivos fueron cumplidos e indicar apreciaciones a esta modalidad de trabajo. En resumen, este manifestó su agrado sobre la modalidad de trabajo, los recursos utilizados, destacó la atención que mostraron los alumnos a los contenidos de la clase, destacó que quedó conforme con el proceso de evaluación, y cree que los objetivos identificados inicialmente se cumplieron.

5.7. Implementación Proceso Análisis de resultados

En este punto del caso de estudio el Asesor Técnico estuvo a cargo de realizar este proceso que incluye el “Análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados”, que plantea realizar dos análisis sobre los resultados obtenidos de los cuestionarios y de las apreciaciones por parte del docente. Se han seguido específicamente los pasos mencionados en 4.1.8.1. del capítulo 4, analizando los resultados por Dimensión-Criterio.

5.7.1. Informe de Análisis cuantitativo

Para realizar este informe, este subproceso plantea realizar la actividad “Elaboración de informe de análisis cuantitativo”, y proporciona una serie de pasos para realizarlo.

- Se tabularon todas las respuestas efectuadas en los cuestionarios respetando la Tabla 36, ver Anexo X.
- Se codificaron las dimensiones-criterios y las preguntas-características evaluadas con identificador alfanumérico, como lo muestra la Tabla 16, esto permitió ordenar mejor los datos en una planilla de cálculo.
- Se realizaron los cálculos con las fórmulas planteadas en 4.1.8.1. del marco de trabajo propuesto.

Finalmente plantea completar una “Tabla de Valores obtenidos por Pregunta- Característica” por cada Dimensión-Criterio evaluado. A continuación, se detalla los resultados obtenidos por cada Dimensión-Criterio evaluado, Objetivos y coherencia didáctica (Tabla 25), Calidad de los contenidos (Tabla 26), Capacidad de generar reflexión (Tabla 27), crítica e innovación, Interactividad y adaptabilidad del OA (Tabla

28), Motivación (Tabla 29), Formato y Diseño (Tabla 30), Usabilidad (Tabla 31), Reusabilidad (Tabla 32) e Interoperabilidad (Tabla 33).

a) Dimensión-Criterio Objetivos y coherencia didáctica

Tabla 25 - Tabla de Valores obtenidos en “Objetivos y coherencia didáctica”

C1								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P1	36	4	2	0	0	202	96%	95%
P2	35	4	3	0	0	200	95%	
P3	32	6	4	0	0	196	93%	
P4	34	6	2	0	0	200	95%	

b) Dimensión- Criterio Calidad de los contenidos

Tabla 26 - Tabla de Valores obtenidos en “Calidad de los contenidos”

C2								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P5	35	5	2	0	0	201	96%	95%
P6	35	4	3	0	0	200	95%	
P7	31	6	5	0	0	194	92%	
P8	34	6	2	0	0	200	95%	
P9	35	4	3	0	0	200	95%	
P10	33	7	2	0	0	199	95%	
P11	39	3	0	0	0	207	99%	
P12	40	1	1	0	0	207	99%	
P13	34	5	1	0	0	193	92%	

c) Dimensión – Criterio Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación

Tabla 27 - Tabla de Valores obtenidos en “Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación”

C3								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P14	30	4	6	2	0	188	90%	91%
P15	27	9	3	3	0	186	89%	
P16	32	6	4	0	0	196	93%	
P17	35	5	1	1	0	200	95%	

d) Dimensión – Criterio Interactividad y adaptabilidad del OA

Tabla 28 - Tabla de Valores obtenidos en “Interactividad y adaptabilidad del OA”

C4								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P18	33	3	5	1	0	194	92%	92%
P19	28	5	9	0	0	187	89%	
P20	29	4	4	5	0	183	87%	
P21	37	3	2	0	0	203	97%	
P22	40	1	0	1	0	206	98%	
P23	34	2	3	3	0	193	92%	

e) Dimensión – Criterio Motivación

Tabla 29 - Tabla de Valores obtenidos en “Motivación”

C5								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P24	41	0	0	1	0	207	99%	99%
P25	42	0	0	0	0	210	100%	
P26	30	5	4	3	0	180	86%	

f) Dimensión – Criterio Formato y Diseño

Tabla 30 - Tabla de Valores obtenidos en “Formato y Diseño”

C6								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P27	32	8	2	0	0	198	94%	94%
P28	34	5	2	1	0	198	94%	
P29	40	2	0	0	0	208	99%	
P30	40	0	1	1	0	205	98%	
P31	35	2	2	2	1	194	92%	

g) Dimensión – Criterio Usabilidad

Tabla 31 - Tabla de Valores obtenidos en “Usabilidad”

C7								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P32	41	1	0	0	0	209	100%	99%

P33	40	2	0	0	0	208	99%	
P34	37	3	2	0	0	203	97%	

h) Dimensión - Criterio Reusabilidad

Tabla 32 - Tabla de Valores obtenidos en “Reusabilidad”

C8								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P35	34	2	3	3	0	193	92%	92%
P36	42	0	0	0	0	210	100%	
P37	28	8	4	2	0	188	90%	

i) Dimensión - Criterio Interoperabilidad

Tabla 33 - Tabla de Valores obtenidos en “Interoperabilidad”

C9								
Código Pregunta- Características	A	B	C	D	E	ptcr	% de puntos	Me
P38	38	3	1	0	0	205	98%	93%
P39	34	2	6	0	0	196	93%	
P40	28	4	6	4	0	182	87%	

Finalmente se procedió a realizar un gráfico considerando las medianas aritméticas obtenidas por cada Dimensión-Criterio evaluada (ver Figura 35).

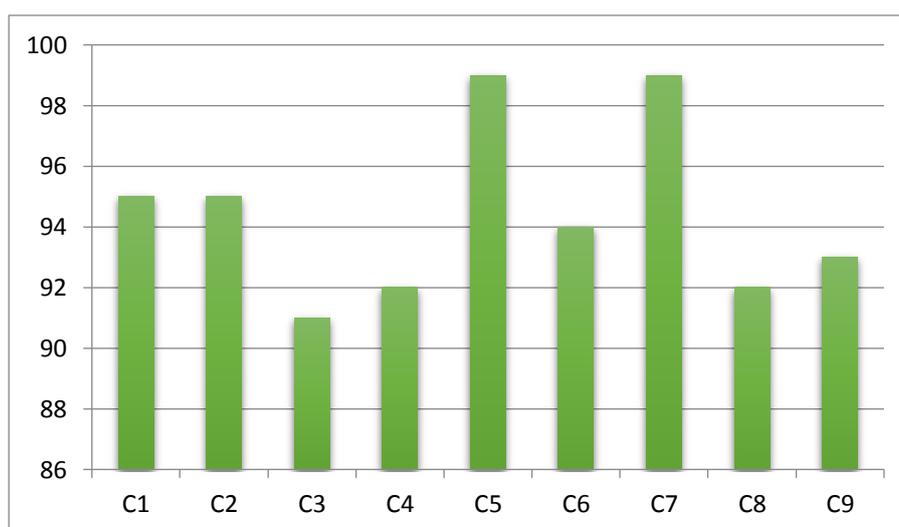


Figura 35 - Porcentajes de valoraciones por Dimensión-Criterio

5.7.2. Interpretación de resultados – Informe Cualitativo

Esta actividad se realizó posteriormente de haber definido el informe cuantitativo, consta de la interpretación de los resultados y las apreciaciones obtenidas por parte del docente en la entrevista.

Los resultados indican que existe una mayor valoración en las dimensiones de “Motivación” y “Usabilidad”, ambas con una mediana aritmética de 99% sobre los porcentajes de puntos obtenidos por características evaluadas. En segundo lugar, se hallan las dimensiones “Objetivos y coherencia didáctica” y “Calidad de los contenidos” con 95%. En tercer lugar, se sitúa la dimensión “Formato y Diseño” con 94%, en cuarto lugar, se sitúa la dimensión “Interoperabilidad” con 93%, en quinto lugar, valoradas se hallan las dimensiones “Interactividad y adaptabilidad del OA” y “Reusabilidad” con 92% y en último lugar quedó la dimensión “Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación” con 91%.

La tendencia central que describen las medianas aritméticas halladas describe que los valores obtenidos en las características evaluadas por cada dimensión-criterio se hallan cercanas a los valores de 4 y 5, es decir, a las mejores puntuaciones.

Respecto a las apreciaciones del docente, este realizó el mismo cuestionario (ver valoraciones en Anexo X) que indica resultados con tendencias similares a las obtenidas con los alumnos. Posteriormente se le realizó una entrevista, en la cual manifestó su agrado sobre la modalidad de trabajo, los recursos utilizados, destacó la atención que mostraron los alumnos a los contenidos de la clase; destacó que quedó conforme con el proceso de evaluación, y cree que los objetivos identificados inicialmente se cumplieron.

Capítulo 6

Conclusiones y futuras líneas de investigación

En este capítulo se expone las conclusiones que se han llegado a partir de realizar este trabajo, así como también las futuras líneas de investigación previstas.

6.1. Conclusiones

Mediante la implementación del marco de trabajo se logró establecer el contexto por el cual se desarrolló y aplicó el objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada, atendiendo específicamente las necesidades cognitivas de aprendizaje y ajustándose a los requisitos técnicos que presentaban los usuarios destinatarios.

Se definió e implementó un framework capaz de operar objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada, fue posible su replicación y utilización con un numeroso grupo de usuarios.

Se ha demostrado que los procesos de análisis de contexto, diseño del OA, construcción del OA, implementación y análisis de resultados establecen relaciones con estándares, métodos y metodologías vinculadas a la usabilidad en el software. En este sentido, la modalidad de trabajo propuesto por Jakob Nielsen y el modelo basado en usuarios han podido ser implementados específicamente en el proceso de diseño del objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada.

El marco de trabajo propuesto demostró ser aplicable en un contexto donde los usuarios destinatarios han demostrado tener escasos vínculos con la tecnología de realidad aumentada. En este sentido, las limitaciones tecnológicas y de aprendizaje no han sido obstáculo para la resolución de los procesos planteados.

Plantear la utilización de elementos de distintos métodos, metodologías y estándares de desarrollo de objetos de aprendizajes y evaluación de usabilidad, demostró ser efectiva, en el sentido de ser aplicable y flexible a los cambios adaptándose al contexto donde se efectuaron las pruebas.

Según las devoluciones de los usuarios que realizaron la evaluación de usabilidad, el marco de trabajo presentado en este trabajo, presenta significativa adaptación a las necesidades de aprendizajes, a los contenidos teóricos a desarrollarse, a las tecnologías disponibles y a los conocimientos técnicos de los destinatarios.

Respecto a las limitaciones observadas, queda en claro que es posible ampliar el análisis de relaciones de las actividades desarrolladas en este trabajo con estándares, métodos y metodologías vinculadas a desarrollo de objetos de aprendizajes y su evaluación de usabilidad. En este sentido, se ha demostrado la flexibilidad de incorporar elementos de análisis y diseño. Una de las características principales manifestadas del marco de trabajo validado, es su independencia y aplicabilidad a otros contenidos conceptuales e inclusive a otras áreas del conocimiento.

Se pudo establecer efectivamente la evaluación de usabilidad de un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada, tomando como referencia la herramienta COdA (Calidad de Objetos de Aprendizaje), la cual se ha desarrollado siguiendo estándares y

normas reconocidas. En este sentido, se pudo comprobar que la herramienta es adaptable al objeto de aprendizaje a evaluar y provee de valoraciones medibles en cuanto a calidad del OA y como este repercute en el aprendizaje del usuario.

Al momento de realización de este trabajo, la implementación de esta actividad es algo sin antecedentes en la provincia de Misiones, de aquí deriva la contribución que representa el presente trabajo en materia de investigación.

6.2. Contribuciones del trabajo

Entre las contribuciones del trabajo realizado para el desarrollo de del presente se puede destacar:

- El desarrollo de un marco de trabajo capaz de ser implementado por agentes con escasos conocimientos en el ámbito de la tecnología de realidad aumentada.
- Que a partir de este, el diseño y desarrollo del objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada está enfocado a atender necesidades del contexto pedagógico y técnico.
- Se dispone de un objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada que ha demostrado tener flexibilidad en cuanto a contenidos, actividades y elementos de contextualización.
- Se ha demostrado que es posible integrar la herramienta COdA para la evaluación de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada a actividades planteadas en modelos basados en el usuario.
- Se dispone de un primer caso de estudio realizado en la provincia de Misiones, como prueba y referencia de su implementación para posteriores trabajos del ámbito educativo.

6.3. Futuras líneas de trabajo

El presente trabajo permite establecer claras líneas futuras de investigación:

- Incorporación de un proceso en el marco de trabajo que facilite retroalimentación del docente hacia los alumnos respecto a los resultados obtenidos en el proceso de evaluación del objeto de aprendizaje.

- Implementar este marco de trabajo sobre grupos de otros niveles educativos, de esta manera, será posible realizar comparaciones en los resultados obtenidos teniendo en cuenta la edad y nivel de complejidad de los contenidos.

6.4. Futuras líneas de investigación

Se centrarán en el estudio y desarrollo de asistentes para la automatización del diseño, desarrollo y evaluación de usabilidad de objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada.

Capítulo 7

Bibliografía

- [1] J.M. Gutiérrez, J.L. Saorín, M. Contero, M. Alcañiz, D. Pérez-López, y M. Ortega. “Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students”. *Computers & Graphics*, 34(1). ISSN 0097- 8493. pp.77-91, 2010.
- [2] Á. Di Serio, M. Ibáñez, y C. Kloos. “Impact of an augmented reality system on students’ motivation for a visual art course”. *Computers & Education*, 68(0). ISSN 0360-1315, pp. 586-596, 2013.
- [3] T.G. Kirner, F.M.V. Reis, y C. Kirner. “Development of an interactive book with augmented reality for teaching and learning geometric shapes”. En *7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2012)*, pp. 1-6, 2012.
- [4] Marc Ericson C. Santos, Angie Chen y Takafumi Taketomi. “Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation”. *IEEE Transactions On Learning Technologies*, vol. 7, no. 1, pp. 38-56, marzo de 2014.
- [5] G. Medina; H. Giraldi. “Análisis de usabilidad de aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles: un procedimiento para la medición y evaluación”. Tesis Doctoral. Facultad de Informática. 2013.

- [6] M. Santos, A. Chen y T. Taketomi. "Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation". IEEE Transactions On Learning Technologies, vol. 7, no. 1, pp. 38-56, marzo de 2014.
- [7] G. Lorenzo y C. Scagliarini. "Revisión bibliométrica sobre la realidad aumentada en Educación.", 2018.
- [8] J. Adell; L. Casteñeda, "Tecnologías emergentes, pedagogías emergentes. Tendencias emergentes en educación con TIC", p. 13-32, 2012.
- [9] W.O. Sánchez. "La usabilidad en Ingeniería de Software: definición y características.", 2015.
- [10] M.B. Rosson, J.M. Carroll, "Usability Engineering: scenario-based development of HCI". Morgan Kaufmann, 2002.
- [11] ISO 9241-11. Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on Usability, 1994.
- [12] J. Nielsen. "Usability Engineering". Boston, Academic Press. 1993.
- [13] L. Margain, C. de Luna y F. Álvarez. "Model of usability engineering: Results and implications to MOOC's.", Learning Technologies, LACLO, Twelfth Latin American Conference on. IEEE, 2017.
- [14] T. Brinck, Gergle, Scott D. Wood. "Usability for the Web: Designing websites that work". San Francisco, Morgan-Kaufmann, 2002.
- [15] ISO 13407. "Human-Centred Design Processes for Interactive Systems". ISO, Geneva Switzerland, 1999.
- [16] P. Fernández, R. Domínguez, R. Armas, "Herramienta COdA de Evaluación de la Calidad de Objetos de Aprendizaje, desarrollada en el marco de los Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad de la Docencia", PIMCD 268/2010-2011 y PIMCD 236/2011-2012 financiados por el Vicerrectorado de Desarrollo y Calidad de la Docencia de la Universidad Complutense de Madrid, 2012.
- [17] M. Prendes y F. I. M. Solano. "Herramienta de evaluación de material didáctico impreso.", Recuperado de <http://tecnologiaedu.us.es/nweb/htm/pdf/paz7.pdf> , 2003, [Ingresado May. 25. 2018].
- [18] F. Paulsson y N. Ambjörn. "Virtual workspace environment (VWE): A taxonomy and service oriented architecture framework for modularized virtual learning environments-Appling the learning object concept to the VLE.", International Journal on E-learning 5.1, 45-57, 2006.
- [19] Becta Quality "Principles for digital learning resources". Summary Information. Recuperado en <http://es.scribd.com/doc/2032665/becta-quality-principles> [Ingresado Jul.5.2018]

- [20] T. Leacock. y J. C. Nesbit. "A framework for evaluating the quality of multimedia learning resources.", *Journal of Educational Technology & Society*,10.2,2007.
- [21] E. Kurilovas,y V. Dagiene. "Multiple Criteria Evaluation of Quality and Optimisation of e-Learning System Components.", *Electronic Journal of e-Learning* 8.2, pp. 141-151, 2010.
- [22] S. A. Rodríguez, "Instrumento para evaluar Recursos Educativos Digitales", LORI – AD,2015.
- [23] ISO/IEC International Standard: Information Technology. Software "Life Cycle Processes", ISO/IEC Standard 12207:1995. ISO, 1995.
- [24] ISO/IEC International Standard: Information Technology. "Software Life Cycle Processes. Amendment 1", ISO/IEC 12207:1995/Amd.1:2002. ISO/IEC, 2002
- [25] ISO/TR 16982. "Ergonomics of human-system interaction - Usability methods supporting human-centred design", ISO, 2002.
- [26] ISO 9241-11. "Ergonomics of human-system interaction. Part 210: Human-centred design for interactive systems", ISO, 2018.
- [27] J. Ruiz Morilla. "ISO 9126 vs. SQuaRE".Material del curso de posgrado Calidad y Medición de Sistemas de Información. Escuela Superior de Informática. Universidad de Castilla-La Mancha, Disponible: <https://es.scribd.com/document/91735581/Joaquin-Ruiz-Expo>, , 2008
- [28] ISO/IEC TR 9126-2. "Software engineering, productquality - Part 2: External metrics", ISO, 2003.
- [29] ISO/IEC TR 9126-3. "Software engineering, product quality - Part 3: Internal metrics", ISO, 2003.
- [30] ISO/IEC TR 9126-4. "Software engineering, product quality - Part 4: Quality in use metrics". ISO, 2004.
- [31] W. R. Sherman y A. Craig, "Literacy in virtual Reality: A new médium". November 1995, 29, 1995.
- [32] M. Mihelj, D. Novak, S. Beguš. "Virtual Reality Technology and Applications", S. G. Tzafestas, National Technical University of Athens, Athens, Greece: Editorial Advisory Board, 2014.
- [33] I. E. Sutherland. "The Ultimate Display. IFIP Congress: Information Processing Techniques Office", ARPA, OSD, pp. 506-508, 1965.
- [34] L. Dipietro, A. M. Sabatini., P. Dario,. "A Survey of Glove-Based Systems and Their Applications". IEEE, 2008.

- [35] Electronic Visualization Laboratory. CAVE Automatic Virtual Environment. Recuperado a partir de <https://www.evl.uic.edu/pape/CAVE/oldCAVE/CAVE.overview.html> [Ingresado May.11.2018]
- [36] A. B. Craig, y W. Sherman. *Understanding Virtual Reality – “INTERFACE, APPLICATION, AND DESIGN”*. San Francisco CA. USA.: Morgan Kaufmann Publishers, 2003.
- [37] D. Mestre y J. L. Vercher. “Immersion and presence. En *Virtual Reality: Concepts and Technologies*”. CRC Press. pp. 93-102, 2011.
- [38] W. Huang, L. Alem, M.A. Livingston. “Human Factors in Augmented Reality Environments”. New York: Springer, 2013.
- [39] A. B. Craig. “Understanding Augmented Reality Concepts and Applications.”, Elsevier, 2013.
- [40] F. Zhou, H. Been-Lirn, M. Billingham. “Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display”: A Review of Ten Years of ISMAR. Presentado en 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Washington. pp. 193-202, 2008.
- [41] J. Isdale, “What Is Virtual Reality? A Web-Based Introduction”, 1998.
- [42] M. Soha, “Augmented Reality”, Intech, ISBN 978-953-7619-69-5, pp. 230, 2010.
- [43] R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, B. MacIntyre, “Recent Advances in Augmented Reality”. IEEE, 2001.
- [44] T. P. Caudell y D. Mizell, “Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes” (Vol. II). Presentado en System Sciences. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on, Kauai, HI: IEEE., 1992.
- [45] L. Rosenberg, Virtual Fixtures: “Perceptual Tools for Telerobotic Manipulation”. Presentado en Virtual Reality Annual International Symposium, Seattle, WA: IEEE, 1993.
- [46] J. Rekimoto y N. Katashi, “The world through the computer: computer augmented interaction with real world environments”. Presentado en ACM symposium on User interface and software technology, New York. pp. 29-36, 1995.
- [47] S. Mann y S. Haykin. “The Chirplet Transform; Physical Considerations”. IEEE, 43. Noviembre 1995.
- [48] S. Feiner, B. MacIntyre, T. Höllerer, A. Webster, “A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment”, *Personal Technologies*, 1(4), 208-217, 1997.

- [49] R. Azuma, “A Survey of Augmented Reality”, Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 355-385, 1997.
- [50] R. Raskar, G. Welch, C. Wei-Chao. “Table-top spatially-augmented reality: bringing physical models to life with projected imagery”. San Francisco, CA, pp. 64 – 71, 1999.
- [51] H. Kato y M. Billinghurst, “Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system”. Presentado en 2nd IEEE and ACM International Workshop on, San Francisco, CA. 1999.
- [52] University of South Australia. “ARQuake: Interactive Outdoor Augmented Reality Collaboration System”. Recuperado a partir de <http://wearables.unisa.edu.au/projects/arquake/> [Ingresado May.4.2018]
- [53] J. Freund, C. Geiger, M. Grafe, B. Kleinjohann. “The Augmented Reality Personal Digital Assistant”, diciembre 2001.
- [54] M. Kallkusch, T. Lidy, M. Knap, G. Reitmayr, H. Kaufmann, D. “Schmalstieg, Structured visual markers for indoor pathfinding”. Presentado en Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop, IEEE, 2002.
- [55] M. Mohring, C. Lessig, O. Bimber, “Video see-through AR on consumer cell-phones. Presentado en Mixed and Augmented Reality”, ISMAR 2004. Third IEEE and ACM International Symposium on, IEEE, pp. 252 – 253, 2004.
- [56] A. Henrysson, M. Billinghurst y M. Ollila,. “Face to face collaborative AR on mobile phones”. IEEE. pp. 80 – 89, 2005
- [57] G. Reitmayr, y T.W. Drummond, “Going out: robust model-based tracking for outdoor augmented reality”, Presentado en ISMAR 2006. IEEE/ACM International Symposium on, Santa Barbara, CA: IEEE, pp. 109 - 118. 2006.
- [58] Hipertextual. Wikitude Drive, un GPS con realidad aumentada. Recuperado a partir de <http://hipertextual.com/archivo/2009/08/wikitude-drive-un-gps-con-realidad-aumentada/> [Ingresado May.5.2018]
- [59] Sony. SmartEyeglass. Recuperado a partir de <http://developer.sonymobile.com/products/smarteyeglass/> [Ingresado May.5.2018]
- [60] R. Sood, “Pro Android Augmented Reality. Professional”, Apress, 2012.
- [61] L. Cantoni y Z. Xiang. “Information and Communication Technologies in Tourism” Proceedings of the International Conference in Innsbruck, pp. 22-25, 2013.
- [62] A. Sherstyuk, D. Vincent, B. Berg, A. Treskunov. “Mixed Reality Manikins for Medical Education. En Handbook of Augmented Reality”. Florida: Springer, 2011.

- [63] J. Ierache., N. Mangiarua, S. M. Bevacqua, Becerra, N. Verdicchio, N. Duarte, D. Sanz, F. Ortiz, S. Igarza. "Herramienta de Realidad Aumentada para facilitar la enseñanza en contextos educativos mediante el uso de las TICs". *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 1(1): 1-3, ISSN 2314-264, 2014.
- [64] G. Herrera, et al. "Pictogram Room: Aplicación de tecnologías de interacción natural para el desarrollo del niño con autismo.", *Anuario de Psicología Clínica y de la Salud* 8, 41-46, 2012.
- [65] J. Osuna y O. M. Gallego Pérez. "La realidad aumentada y su aplicación en la educación superior.", *Revista Caribeña de Investigación Educativa (RECIE)* 1.2, 111-124, 2016.
- [66] T. Kirner, F. Reis y C. Kirner. "Development of an interactive book with Augmented Reality for teaching and learning geometric shapes". *Information Systems and Technologies (CISTI), 7th Iberian Conference*. pp. 1-6, 20-23 de junio de 2012.
- [67] N. Mesía, C. Sanz, G. Gorga, "Experiencia de enseñanza de programación con Realidad Aumentada", *Actas de las XXII Jenui*. Almería, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina ISBN: 978-84-16642-30-4 Páginas: 213-220. 6-8 julio 2016.
- [68] .P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino. "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum".. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2012.
- [69] B. G. Salvat y I. Fructuoso. "Mirando el futuro: evolución de las tendencias tecnopedagógicas en educación superior.", *Campus virtuales*, 2.2, pp. 130-140. 2015.
- [70] O. J. Suárez. "Aproximación al origen de la noción de objeto de aprendizaje: revisión histórico-bibliográfica." *INGE CUC* 12.2, pp. 26-40, 2016.
- [71] M. Gértrudix, et al., "Acciones de diseño y desarrollo de objetos educativos digitales: programas institucionales." *International Journal of Educational Technology in Higher Education (ETHE)* 4.1, 2007.
- [72] F. García Jiménez, et al. "Una experiencia didáctica en el diseño e implementación de objetos de aprendizaje para la enseñanza de la física.", *Revista Educación en Ingeniería* 11.22, p.p. 13-20, 2016.
- [73] T. Cepeda y M. Amanda. "Estudio Comparativo entre las Metodologías MDOA y ADDIE para la Elaboración de Objetos de Aprendizaje". BS thesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015.
- [74]. T. B. Gava, M. N. Isaura Alcina y D. V. Sondermann. "O modelo ADDIE na construção colaborativa de disciplinas a distância." *Informática na educação: teoria & prática*, 17.1, 2014.

- [75] L. Kucuk, J. S. Ierache y G. Dapozo. “Marco de trabajo para la usabilidad en objetos de aprendizajes basados en realidad aumentada”, In XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, ISBN: 978-987-3619-27-4, Abril 2018.
- [76] Arcrowd, . ARcrowd» About, disponible en: <http://arcrowd.com/about/> [Ingresado Jul. 6. 2018].
- [77] Atomic., Disponible en: <https://atomic-authoring-tool.soft112.com> [Ingresado Agost.6.2018]
- [78] Augment, Disponible en: <https://www.augment.com/about-us/> [Ingresado Jul.7.2018]
- [79] Aumentaty, Disponible en: <http://www.aumentaty.com/community/es/> [Ingresado Jul. 8. 2018]
- [80] Wikitude GmbH, Disponible en: <https://www.wikitude.com/products/studio/> [Ingresado Jul.9.2018]
- [81] HP Reveal, Disponible en: <https://www.hpreveal.com> [Ingresado Jul.10.2018]

Anexos

En este apartado se pueden visualizar los anexos correspondientes a este trabajo.

Anexo I – Criterios de evaluación de la herramienta COdA

Criterios sobre el aprendizaje

Son criterios vinculados a los elementos de aprendizaje, al contenido didáctico y cómo estas generan reflexión y motivación a los usuarios.

Objetivos y coherencia didáctica

Este criterio valora si se han definido y son coherentes los objetivos didácticos (qué se aprende con el OA), los destinatarios (a quién va dirigido), las destrezas a desarrollar (qué habilidad va a mejorar el alumno) y sugerencias de explotación didáctica (instrucciones de uso) para el profesor y/o para el alumno. En concreto, se debe valorar si:

- a. El OA tiene una ficha de metadatos donde se especifican con claridad los objetivos didácticos, las destrezas a desarrollar, el tipo/nivel/necesidad los destinatarios y sugerencias sobre su posible explotación didáctica (instrucciones) para el profesor y/o para el estudiante.
- b. Existe coherencia entre los objetivos, destrezas y destinatarios.
- c. La explotación didáctica se puede llevar a cabo teniendo en cuenta los objetivos, destrezas y destinatarios que se han definidos. La explotación didáctica puede no ser necesario que aparezca.

d. Existe coherencia entre los objetivos, destinatarios, destrezas y explotación didáctica y los contenidos del OA. [16]

Calidad de los contenidos

Este criterio se centra en evaluar el contenido del OA, que puede ser un archivo, varios archivos e, incluso, otros OA. Se deben valorar los siguientes subcriterios:

- a. La presentación del contenido es clara. Rápidamente se localizan cada uno de los apartados e ideas que se exponen.
- b. Si en el contenido se incluyen actividades, las instrucciones para el alumno sobre cómo realizar y evaluar la actividad se presentan con claridad.
- c. El número y distribución de los conceptos e ideas es equilibrado. No aparecen secciones con una gran concentración de conceptos y otras secciones con pocos conceptos y demasiado explicados.
- d. Se destacan las ideas clave de forma que el alumno percibe intuitivamente cuáles son las ideas fundamentales.
- e. El contenido es adecuado al nivel de conocimiento de los destinatarios.
- f. El contenido es coherente con los objetivos, destrezas a desarrollar y modos de explotación.
- g. La información es veraz, exacta y se presenta con un nivel de detalle suficiente para los destinatarios.
- h. El contenido está actualizado.
- i. El contenido no presenta sesgo ideológico, es objetivo.
- j. El contenido respeta los derechos de propiedad intelectual cuando utiliza otras fuentes porque
 - i. Se citan las fuentes utilizadas.
 - ii. Si la obra tiene derechos de autor, no se utiliza más de un 10% de la obra referenciada con derechos de autor o, si se utiliza más de un 10% se dispone de permiso.
 - iii. Si la obra está sujeta a una licencia de uso abierto, por ejemplo, licencia cc o *creative commnos* (ver <http://es.creativecommons.org/>) se respetan las condiciones de dicha licencia. [16]

Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación

- a. El OA estimula la reflexión sobre las ideas presentadas.
- b. El OA fomenta la capacidad crítica. Cuestiona al alumno y estimula que el alumno se cuestione sobre las ideas que se le presentan.
- c. El OA promueve/facilita que el alumno descubra/genere/adquiera las ideas de aprendizaje de forma autónoma.
- d. Se fomenta, en el alumno, la capacidad de relacionar conceptos ya aprendidos con los nuevos conceptos. Se promueve la creación de nuevas ideas y la búsqueda de nuevos procedimientos/técnicas/métodos para la resolución de tareas, de problemas o de generación de conocimiento [16].

Interactividad y adaptabilidad del OA

El criterio de *interactividad* se refiere a que la presentación del contenido no es estática sino que dependen del uso que haga el alumno. Se debe valorar si:

- a. el contenido que se presentan al alumno está relacionado con las preguntas, respuestas o acciones que éste haya realizado previamente.
- b. El contenido que se presenta depende del conocimiento previo del alumno o de sus necesidades.
- c. El alumno siente que realmente controla y maneja su aprendizaje.
- d. La presentación condicionada del contenido puede ser automática, mediante programación, o manual, mediante unas instrucciones de uso del OA.

El criterio de *adaptabilidad* se refiere a la facilidad con la que el OA se adapta a diferentes tipos de alumnos y de profesores. Se debe valorar si:

- e. El OA propone diferentes contenidos/actividades para cada tipo/nivel de competencia de alumno.
- f. El profesor o el alumno pueden usar el OA independientemente del método de enseñanza o aprendizaje que utilicen. [16]

Motivación

El OA es capaz de atraer y mantener el interés del alumno por aprender. Para evaluar este criterio se debe valorar si:

- a. En el OA se hacen referencias directas a su utilidad en el mundo real. El alumno percibe que lo que aprende es relevante/significativo en su entorno vital, profesional y/o social. El OA responde a sus intereses personales o profesionales.
- b. El OA presenta de forma innovadora o atractiva los contenidos o los procedimientos didácticos.
- c. Los criterios 2º, calidad del contenido, 3º, reflexividad, crítica y creatividad, y 4º, interactividad y adaptabilidad contribuyen a la motivación. [16].

Criterios Técnicos

Se refiere a los criterios sobre los aspectos técnicos del objeto de aprendizaje.

Formato y Diseño

- a. El diseño organizado, claro y conciso. Si contiene varios archivos éstos están bien organizados y nombrados.
- b. El formato y diseño de los contenidos audiovisuales favorece la comprensión y asimilación del conocimiento que contienen. Los contenidos audiovisuales se complementan y completan mutuamente.
- c. Se utilizan formatos multimodales, texto, imagen, audio, vídeo, para aprovechar las diferentes formas de aprendizaje.
- d. El OA es estéticamente adecuado para el estudio y la reflexión. Por ejemplo, no tiene exceso de colores, audios, vídeos molestos o que distraigan la atención.
- e. Los textos, imágenes y los audios son de buena calidad.[16].

Usabilidad

La usabilidad mide la facilidad con la que una persona interacciona con el OA. La usabilidad puede valorarse a partir de los requisitos siguientes:

- a. Es fácil navegar en el contenido digital del OA. Se encuentran rápidamente los contenidos buscados.
- b. La forma de utilizar el OA, la interfaz, es intuitiva e informa implícitamente al alumno cómo interactuar con él, o bien existen instrucciones de uso que son claras.
- c. Todos los enlaces funcionan correctamente, no hay enlaces rotos o que conduzcan a un contenido erróneo.

Accesibilidad

El OA está adaptado a personas con alguna discapacidad de tipo visual, auditiva o motora con el fin de que puedan utilizarlos con los dispositivos asistenciales. Para que un OA sea accesible debe cumplir los criterios de accesibilidad web y los criterios de accesibilidad de contenidos multimedia:

- a. Accesibilidad web: se cumplen, al menos, los criterios del nivel de prioridad 1 y nivel 2 de accesibilidad del World Wide Web Consortium.
- b. Accesibilidad de contenidos multimedia: se cumplen las pautas propuestas por el IMS Global Consortium para la accesibilidad de contenidos multimedia.
- c. Se informa al usuario, en el contenido o preferiblemente en los metadatos, si no es accesible o no se puede asegurar la accesibilidad en algún punto.

La tabla siguiente (Tabla 33) sintetiza los puntos a verificar de accesibilidad web y multimedia. Se ha organizado en seis filas, según el formato de la información: Texto, Audio, Imagen, Vídeo, Páginas Web, y todos los formatos. Algunos de los puntos precisan de un cierto conocimiento informático por lo que si el evaluador no sabe o no puede verificarlos es recomendable que lo haga constar en el campo Notas que acompaña a este criterio en el formulario de evaluación:

Tabla 34- Puntos a verificar de accesibilidad web y multimedia

Formato	Puntos a verificar
Texto	<p>1. El texto es claramente legible: no tiene imágenes de fondo, los caracteres pueden ampliarse, no se presentan el texto en una imagen.</p> <p>2. El texto está en un formato informático accesible, por ejemplo texto, pdf, word, que pueda mostrarse en cualquier dispositivo de lectura.</p> <p>3. La información transmitida mediante colores también está disponible sin color, utilizando otras alternativas, por ejemplo, el contexto o marcas.</p> <p>4. Si se utilizan tablas para presentar datos están claramente identificados los encabezamientos de fila y columna para que puedan ser interpretadas y transformadas por los navegadores accesibles y otras aplicaciones asistenciales de lectura. Las tablas con dos o más niveles lógicos de encabezamientos de fila o columna utilizan marcadores para asociar las celdas de encabezamiento y las celdas de datos.</p> <p>5. Si el texto contiene enlaces, éstos tienen nombres comprensibles que indiquen cuál es el texto o documento destino.</p>
Audio	<p>6. Se proporcionan transcripciones textuales.</p> <p>7. Se proporciona control del volumen.</p> <p>8. Se proporcionan alertas visuales para las alertas sonoras.</p>
Imagen	<p>9. Se ofrecen equivalentes en texto para todos los elementos no textuales del OA, imágenes y videos. Por ejemplo, mediante leyendas explicativas para cada imagen o subtítulos en los vídeos.</p> <p>10. Si se utilizan mapas o imágenes con zonas interactivas, se proporciona mediante texto otra forma de acceder a dichas zonas, por ejemplo creando un listado con los nombres de las zonas interactivas enlazados a la zona correspondiente en el mapa.</p> <p>11. La resolución de la imagen es correcta o se puede ampliar.</p>
Vídeo	<p>12. Dispone de subtítulos</p>
Páginas web	<p>13. Si el texto está en formato XML (p.e. XHTML, HTML) se utilizan hojas de estilo, como único medio de visualización de la información. Además, los contenidos están organizados de forma que pueden ser leídos sin hojas de estilo.</p> <p>14. No se utilizan tablas para maquetar.</p> <p>15. Los enlaces tienen nombres comprensibles que indican cuál es el destino.</p> <p>16. Si las páginas utilizan programación ("applets" y "scripts") estas páginas se pueden seguir usando aunque los dispositivos de lectura no puedan ejecutar los programas. Si esto no es posible, se avisa al</p>

	<p>usuario y se le proporciona la información equivalente en una página alternativa que sea fácilmente accesible.</p> <p>17. Las páginas que incorporan programación pueden transformarse correctamente en los dispositivos móviles de los usuarios.</p> <p>18. Los botones y enlaces son amplios o pueden ampliarse para poder pulsarlos fácilmente.</p>
Todos los casos	<p>20. Se señala cuándo se cambia el idioma original.</p> <p>21. Se procura utilizar un lenguaje claro y sencillo</p> <p>22. Se procura diseñar un esquema de navegación simple, claro y coherente.</p>

Reusabilidad

La reusabilidad se refiere a la posibilidad de utilizar muchas veces el OA o alguna de sus componentes. Se pueden considerar y valorar tres tipos de reusabilidad:

- a. Reusabilidad de contenido. El OA se organiza modularmente, de forma que todos o alguna de sus partes puede volver a utilizarse para construir otros OA. Además, una organización modular facilita la actualización de los contenidos.
- b. Reusabilidad de contexto educativo. El OA o alguno de sus módulos puede utilizarse en más de una disciplina o grupos de alumnos.
- c. Reusabilidad de entorno. El OA o alguno de sus módulos puede utilizarse en diversos entornos de aprendizaje: presencial, virtual, mixto.[16]

Interoperabilidad

Un OA es interoperable si puede ser utilizado en múltiples entornos y sistemas informáticos. Por ejemplo, en distintas plataformas *e-learning*, como *Moodle* o *Sakai* o bien en diferentes ordenadores personales. Se puede valorar la interoperabilidad de forma práctica probando que el OA se puede visualizar/ejecutar en varios entornos informáticos de uso general o bien teóricamente, a partir de los siguientes criterios ordenados de menor a mayor interoperabilidad:

- a. El contenido del OA se ha creado en formatos que son de uso general o estándar de facto; por ejemplo texto (*txt*), *word*, *pdf*, *wav*, *mp3*, *mp4*, *flash*, *jpeg*, *gif* entre otros.

- b. El OA puede utilizarse en cualquier entorno web y en cualquier máquina. Si es necesario algún software para utilizarlo, éste es sencillo de obtener. Por ejemplo, un documento *pdf* puede visualizarse con el programa Adobe Acrobat Reader que es gratuito y sencillo de instalar. Un documento *html* puede visualizarse con cualquier navegador web.
- c. Si no es así, en el OA se describen los requisitos informáticos necesarios para su uso.
- d. El OA tiene asociado una ficha que lo describe denominada metadatos que incluye el título, el autor (es), los objetivos didácticos, destinatarios, destrezas, etc. Los metadatos facilitan la localización y selección de los OA.
- e. Los metadatos del OA están creados conforme a estándares internacionales, por ejemplo *Dublin Core* o *IEEE LOM* (la versión española es *UNE LOM-ES*). Para conocer si los metadatos que creamos para nuestros OA son estándares se puede consultar la documentación de ayuda del repositorio donde se almacenan o en la herramienta de autor con la que se ha creado el OA.
- f. Los metadatos y el contenido de un OA se pueden exportar en un archivo comprimido (extensión *zip* o *rar*).
- g. El OA se exporta utilizando los estándares internacionales de intercambio de OA como *SCORM*, *IMS Content Package*, *IMS Common Cartridge*, se denomina *paquete de contenidos*. Un OA que es un paquete de contenidos tiene más garantías de integrarse en cualquier plataforma *e-learning* que cualquier otro OA. Para comprobar si se puede exportar el OA en un *paquete de contenidos estándar* se puede consultar la documentación de ayuda del repositorio de OA o de la plataforma *e-learning* donde se almacena o de la herramienta de autor con la que se ha creado. [16]

Anexo II – Actividades del Diseño centrado en el Usuario ISO 13407

Para el proceso DCU el estándar detalla las siguientes actividades:

- Entender y especificar el contexto de uso según:
 - Las características de los usuarios previstos.
 - Las tareas que los usuarios realizarán, incluyendo los objetivos generales de uso del sistema. El estándar menciona que las tareas no deben ser descritas únicamente en base a las funciones o funcionalidades provistas por un producto o sistema.
 - El entorno en el que los usuarios usarán el sistema: hardware, software y materiales que se van a utilizar.

También debe incluir las características relevantes del entorno físico y social. La salida de esta actividad debe ser una descripción de las características relevantes de los usuarios, tareas y entorno que identifican los aspectos que tienen un impacto importante en el diseño del sistema.

- Especificar requisitos del usuario y de la organización.

Extiende la actividad tradicional de requisitos para crear una declaración explícita de los requisitos de usuario y organizacionales en relación a la descripción del contexto de uso. Para definir estos requisitos hay que considerar los siguientes aspectos:

- Rendimiento requerido para el nuevo sistema según los objetivos financieros y operacionales.
- Requisitos estatutarios o legales de relevancia.
- Cooperación y comunicación entre usuarios y otras partes relevantes.

El trabajo de los usuarios (incluyendo la asignación de tareas, el bienestar de los usuarios y su motivación).

- Rendimiento de tareas.
- Diseño del trabajo y organización.
- Gestión del cambio, incluyendo la formación y el personal involucrado.

- Viabilidad de la operación y mantenimiento.
- La interfaz humano-computadora y el diseño de los espacios de trabajo.

La especificación debería definir también la asignación de funciones, la división de las tareas del sistema entre aquellas realizadas por humanos y aquellas realizadas por la tecnología.

Producir soluciones de diseño implica las siguientes actividades:

- Usar el conocimiento existente para desarrollar propuestas de diseño con entrada multidisciplinar.
 - Hacer más concretas las soluciones de diseño utilizando simulaciones, modelos, maquetas (mock-ups), etc. El uso de cualquier tipo de prototipo.
 - Presentar las soluciones de diseño a los usuarios y permitirles realizar tareas (o tareas simuladas).
 - Alterar el diseño en respuesta al feedback de los usuarios e iterar este proceso hasta que los objetivos del DCU se cumplan.
 - Gestionar la iteración de soluciones de diseño. Consiste en registrar los resultados de las 4 actividades anteriores en una documentación que incluiría las fuentes de conocimiento existente o estándares utilizados, los pasos tomados para asegurar que el prototipo cubre requisitos clave y sigue buenas prácticas, y la naturaleza de los problemas encontrados y los subsiguientes cambios realizados al diseño
- Contrastar el diseño con los requisitos

La evaluación es un paso esencial en el DCU y debe realizarse en todas las etapas del ciclo de vida del sistema. Se puede utilizar la evaluación para obtener feedback, el cual puede usarse para mejorar el diseño, para evaluar si los objetivos del usuario y de la organización se han alcanzado, y para observar el uso a largo plazo del producto o sistema.

Cuanto más cerca se está del comienzo del desarrollo, más se centran las actividades de evaluación en el objetivo de retroalimentación que guíe el diseño, mientras que más adelante en el desarrollo, cuando ya se tiene un prototipo completo, se pueden realizar evaluaciones contra los objetivos de usuario y de la organización.

Se debe elaborar un plan de evaluación que identifique:

5. Los objetivos de DCU.
6. Quien es el responsable de evaluación.
7. Que partes del sistema se evaluarán y como.
8. De qué forma se llevarán a cabo las evaluaciones y los procedimientos para realizar las pruebas.
9. Recursos necesarios para evaluación, análisis de resultados y acceso a los usuarios.
10. La planificación de actividades de evaluación en relación a la planificación del proyecto.
11. El feedback y utilización de los resultados en otras actividades de diseño.

La evaluación puede utilizarse para:

12. Demostrar que un diseño particular cumple los requisitos Centrados en el Usuario.
13. Evaluar conformidad con estándares (locales e internacionales).

Los resultados de evaluación deben ser registrados en forma sistemática.

Anexo III - Características analizadas por la ISO 9126-1

Tabla 35- Características ISO 9126-1 atributos de calidad

Funcionalidad	
Concepto	Comprende una serie de atributos que permiten calificar si un producto software maneja en forma adecuada el conjunto de funciones que satisfagan las necesidades para las cuales fue diseñado.
Pregunta base	Las funciones y propiedades satisfacen las necesidades explícitas e implícitas; esto es, el qué...?
Sub características	Adecuación: Capacidad del software de proporcionar un conjunto apropiado de funciones para tareas específicas y objetivos del usuario.
	Exactitud: Capacidad del software para proporcionar resultados correctos o que necesitan un determinado grado de precisión.
	Interoperatividad: Capacidad del software de interactuar con uno o más sistemas especificados.
Confiabilidad	
Concepto	Aquí se agrupan un conjunto de atributos que se refieren a la capacidad del software de mantener su nivel de ejecución bajo condiciones normales en un período de tiempo establecido.
Pregunta base	¿Puede mantener el nivel de rendimiento, bajo ciertas condiciones y por cierto tiempo?
Sub características	Madurez: Permite medir la frecuencia de falla por errores en el software.
	Tolerancia a fallas: se refiere a la habilidad de mantener un nivel específico de funcionamiento en caso de fallas del software o de cometer infracciones de su interfaz.
	Recuperación: Se refiere a la capacidad de restablecer el nivel de operación y recobrar los datos que hayan sido afectados directamente por una falla, así como al tiempo y el esfuerzo necesario para lograrlo
Usabilidad	
Concepto	Se refiere a la capacidad de un producto de software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso.
Pregunta base	¿El software es fácil de usar y aprender?
Sub características	Comprensibilidad: Se refiere al esfuerzo requerido por los usuarios para reconocer la estructura lógica del sistema y los conceptos relativos a la aplicación del software.
	Facilidad de aprender: Establece atributos del software relativos del esfuerzo que los usuarios deben hacer para aprender a usar la aplicación.
	Operatividad/Operabilidad: Capacidad del producto software que permite al usuario controlar y usar la aplicación software.
	Software atractivo: Capacidad de atraer el usuario.
Eficiencia	
Concepto	Esta característica permite evaluar la relación entre el nivel de funcionamiento del software y la cantidad de recursos usados.

Pregunta base	¿Es rápido y minimalista en cuanto al uso de recursos?
Sub características	Comportamiento respecto al tiempo: Atributos del software relativos a los tiempos de respuesta y de procesamiento de los datos.
	Uso de recursos: Atributos del software relativos a la cantidad de recursos usados y la duración de uso en la realización de sus funciones.
Portabilidad	
Concepto	Se refiere a la habilidad del software de ser transferido de un ambiente a otro, tanto a nivel software y hardware, como aquel entorno relacionado a la organización.
Pregunta base	¿Es fácil de transferir de un ambiente a otro?
Sub características	Adaptabilidad: Capacidad del producto software para ser adaptado a diferentes entornos especificados sin aplicar modificaciones.
	Facilidad de instalación: Es el esfuerzo necesario para instalar el software en un ambiente determinado.
	Coexistencia: Capacidad del producto software de coexistir con otros programas independientes en un entorno común y compartiendo recursos.
	Capacidad de replazo: Se refiere a la oportunidad y el esfuerzo usado en sustituir el software por otro producto con funciones similares.
Mantenibilidad	
Concepto	Se refiere a los atributos que permiten medir el esfuerzo necesario para realizar modificaciones al software, ya sea por la corrección de errores o por el incremento de funcionalidad.
Pregunta base	¿Es fácil de modificar y verificar?
Sub características	Facilidad de análisis: relativo al esfuerzo necesario para diagnosticar las deficiencias o causas de fallas, o para identificar las partes que deberán ser modificadas.
	Capacidad de modificación: mide el esfuerzo necesario para modificar aspectos del software, remover fallas o para adaptar el software para que funcione en un ambiente diferente.
	Estabilidad: Permite evaluar los riesgos de efectos inesperados debidos a las modificaciones realizadas al software.
	Facilidad de prueba: se refiere al esfuerzo necesario para validar el software una vez que fue modificado.

Anexo IV – Descripción reporte Estándar ISO/IEC/TR 9126-2

Este informe proporciona al usuario una guía de métricas para la evaluación de planificación, selección de métricas, diseño de métricas, aplicación de métricas e interpretación de medidas de datos, la cual puede realizarse de tres maneras:

- Medida directa: cuando la medida de un atributo no depende de las medidas de otros atributos.
- Medida indirecta: la medida es derivada de medidas de uno o más atributos.
- Indicadores: cuando las medidas pueden ser estimadas o predichas desde otras medidas.

Es deseable que las métricas cuenten con propiedades como Fiabilidad, Indicabilidad, Disponibilidad, Corrección, Imparcialidad y todas están caracterizadas por los siguientes elementos:

- A. Nombre.
- B. Objetivo de uso.
- C. Método con el cual se usa.
- D. Medida, fórmula y cómputo de datos.
- E. Interpretación del valor medido.
- F. Tipo de escala
- G. Tipo de medida.
- H. Fuente de medida.
- I. Beneficiarios de la métrica

Los objetivos del uso de métricas para medir características de calidad externa son:

- Representar la calidad de un producto de software, en los estados de evolución intermedios y finales ejecutables, respecto a las características y sub características del modelo 9126-1.
- Predecir el nivel de calidad externo del producto.
- Prevenir problemas en el uso del producto, descubriendo anticipadamente potenciales defectos.

Como ejemplos de métricas externas se pueden tomar:

- Tiempos de respuesta
- Tasa de errores
- Uso de memoria
- Uso del procesador
- Número de accesos al sistema de archivos
- Uso de la Red
- Conexiones a BBDD

Anexo V – Consideraciones de la ISO/IEC/TR 9126-3

Los pasos que se sugiere la norma ISO/IEC/TR 9126-3 son los siguientes:

- 1- Identificación de los requisitos de calidad.
- 2- Especificación de la evaluación.
- 3- Diseño de la evaluación.
- 4- Ejecución de la evaluación.
- 5- Retroalimentación a la organización.

Algunos ejemplos de métricas internas:

- Trazabilidad.
- Número ciclomático.
- Complejidad del flujo de información.
- Modularidad.
- Tamaño del programa.
- Enunciados condicionales.
- Referencia unificada de datos.
- Adecuidad de nombre de variables.
- Proporción de acoplamiento entre módulos por datos.
- Enunciados del programa.
- Tamaño promedio de módulo.
- Proporción de acoplamiento entre módulos por funciones.

La ISO 9126 se basa en que el objetivo no es necesariamente alcanzar una calidad perfecta, sino la necesaria y suficiente para cada contexto de uso a la hora de la entrega y del uso del software por parte de los usuarios y es necesario comprender las necesidades reales de los usuarios con tanto detalle como sea posible.

A raíz de esto se definen los diferentes aspectos de calidad, interpretando la calidad interna con métricas que no dependen de la ejecución del software (medidas estáticas) generalmente como una combinación de métricas elementales aplicadas a código fuente, diagramas UML o DFD, gráficos, etc. La calidad externa, con métricas aplicables al software

en ejecución, métricas que miden el comportamiento del software en producción y estudia diferentes atributos como el rendimiento en una máquina determinada, el uso de la memoria o el tiempo de funcionamiento entre fallos. Esto implica que, para poder comenzar a tomar estas métricas, es necesario disponer de una versión ejecutable del software que, una vez instalado en un equipo con unas características definidas permitan estimar cual será el comportamiento en el entorno de producción real. Y por último la calidad en el uso, con métricas durante la utilización efectiva por parte del usuario.

Anexo VI – Consideraciones de la ISO/IEC/TR 9126-4

Proporciona las métricas de la calidad en uso para medir los atributos definidos en el modelo de calidad en la parte 1, con el siguiente objetivo: "Verificar la capacidad de un producto de satisfacer las exigencias de los usuarios en un escenario de uso dado, en relación con los objetivos previstos".

Estas métricas son en general combinación de métricas elementales aplicadas a la interacción entre usuario y sistema (medidas mediate field tests, inspecciones, walkthrough, etc).

Se describe a continuación las características de cada una de las anteriores:

- **Efectividad:** Capacidad del software para permitir a los usuarios alcanzar objetivos específicos con exactitud y completitud.
- **Productividad:** Capacidad del producto software para permitir a los usuarios utilizar una cantidad adecuada de recursos respecto a la eficacia alcanzada.
- **Seguridad:** La capacidad del producto software para alcanzar niveles aceptables de riesgo hacia la gente, negocio, software, propiedad o medio ambiente.
- **Satisfacción:** La capacidad del producto software para satisfacer al usuario en un contexto específico de uso.

Estas métricas miden entonces, la extensión en la que un producto alcanza las necesidades expuestas por el usuario de forma específica en relación a los objetivos de efectividad, seguridad, productividad y satisfacción.

Es por tanto indispensable, para poder recoger estas métricas, que los usuarios finales utilicen el software en una serie de escenarios de uso que permitan probar el software desde el punto de vista de las diferentes tareas operativas asociadas al mismo - instalación y configuración, back-ups, etc. - como desde las distintas funcionalidades, priorizando aquellas relacionados con las tareas más comunes para cada tipo de usuario.

Algunos ejemplos de estas métricas son:

- % de tareas completadas.
- % de tareas completadas en el primer intento.
- % de usuarios que completan todas las tareas.
- N° de veces que se acude a la ayuda.
- Tiempo empleado en cada tarea.
- Tiempo empleado en recuperarse de los errores.
- Número de acciones requeridas para completar cada tarea.

Además, se complementa con un cuestionario que recoja información subjetiva respecto a diversos factores relacionados con la usabilidad:

- ¿Le ha parecido fácil instalar el software?
- ¿Le ha parecido fácil trabajar con el software?
- ¿Le han parecido adecuadas las ayudas?
- ¿Considera que el software se adapta a sus necesidades (bueno), o que él tiene que adaptarse a las restricciones del software (malo)?
- ¿Cómo se siente al terminar la tarea (bajo tensión, satisfecho, molesto)?
- ¿Qué calificación le otorga respecto a versiones anteriores o respecto a software de la competencia?

Anexo VII – Consideraciones sobre Realidad Virtual

La realidad virtual es un campo de estudio cuyo objetivo es crear una experiencia sintética, ilusoria o virtual. Al apodar a la experiencia como sintética, ilusoria o virtual se hace referencia a que la simulación sensorial para el usuario se sintetiza y genera por algún tipo de sistema.

La realidad virtual brinda al usuario la posibilidad de interactuar con la imagen de un mundo que se manifiesta a los sentidos de la misma forma en que se percibe el mundo real, o la realidad física.

Con el fin de convencer al cerebro que este mundo sintético es auténtico, la simulación por ordenador controla los movimientos del usuario y ajusta los, dispositivos de salida sensorial para que el usuario pueda tener la sensación de estar inmerso o estar presente en la simulación. En otras palabras, se puede decir que la realidad virtual es un medio que por el cual el usuario se involucra físicamente en entornos sintéticos, que en algunos casos pueden ser muy diferentes a la realidad.

Investigadores del tema aportan diversas definiciones sobre la realidad virtual, una de las más aceptadas en la comunidad es la siguiente:

“Un medio compuesto de simulaciones interactivas por computadoras que detectan la posición y las acciones de los usuarios, proporcionando información sintética a uno o más sentidos. Dando la sensación de estar inmerso o estar presente en la simulación.” [31].

Esto establece que una experiencia de realidad virtual proporciona estímulos sintéticos a uno o más sentidos del usuario; es decir que el usuario experimenta diferentes estímulos sintéticos a partir de las acciones y decisiones que tome en el mundo virtual que lo rodea.

Inicios de la Realidad Virtual

Desde hace décadas la imaginación humana sueña con la realidad virtual. Sin embargo, es en el año 1957, cuando, para muchos el padre de la realidad virtual, Morton Heiling empieza a desarrollar una implementación práctica; el Sensorama. Esta máquina ofrece como

experiencia montar una bicicleta, el usuario sentado, puede escuchar ruidos de la ciudad, sentir vibraciones y percibir ciertos olores [31].

“No hay razón para que los objetos mostrados por una computadora tengan que seguir las reglas ordinarias de la realidad física con la que estamos familiarizados.” [32]

En 1968, Ivan Sutherland desarrolla un casco HMD conectado a un entorno virtual. Este dispositivo sensorial llamado *Sword of Damocles* consiste en un anteojito con dos pequeñas pantallas, las cuales juntas dan una ilusión de una visión en tres dimensiones. El usuario al mover la cabeza puede cambiar el punto de vista del entorno. A través de las pantallas parcialmente transparentes el usuario puede ver ambos mundos en simultáneo, el real y el virtual. Este dispositivo es considerado el primer ejemplo de realidad aumentada ya que brinda un estímulo sintético superpuesto a un estímulo del mundo real [33].

Tanto el dispositivo *Sword of Damocles* como el *Sensorama* permiten al usuario una experiencia virtual usando diferentes sentidos, sin embargo, no pueden interactuar con el medio. Alrededor de 1970 Myron Krueger usa desde sensores de presión en el piso a cámaras de video. Con esto logra que el entorno virtual reconozca las actividades de los usuarios los cuales pueden mover objetos en el entorno virtual, así los objetos virtuales actúan como si son reales, además múltiples usuarios pueden interactuar con el entorno sintético en simultáneo. Este es el primer ejemplo de interactividad múltiple [32]. La creación más famosa de Krueger es el *Videoplace Environment* el cual incluye actividades artísticas como dibujar objetos virtuales. Krueger también define el reconocimiento de las actividades del usuario y la generación de la retroalimentación la cual refuerza la ilusión de las actividades que toman parte en un entorno virtual [32].

A principios de la década de 1970 sale a la luz el desarrollo de *Grape I-III systems* el cual permite al usuario mover moléculas en una pantalla usando una interfaz táctil especial. Este sistema es actualizado por Krueger. A partir de la actualización, el usuario puede afectar los objetos directamente cuando los toca [32]. Inmediatamente surge *Sayre Glove*, un dispositivo táctil el cual se construye a partir de sensores que permiten detectar el movimiento de los dedos [34].

En la década de 1990 aparece *Cave Automatic Virtual Environment CAVE*, un cuarto donde las paredes consisten en pantallas que muestran un entorno sintético y los usuarios se

pueden ver en él. Anteojos especiales que dan una ilusión de profundidad, objetos que flotan, sensores electromagnéticos que permiten la medición de movimientos y un sonido envolvente [35].

Elementos de la experiencia de Realidad Virtual

Los elementos claves en la experiencia de realidad virtual, o cualquier realidad para el caso, son un mundo virtual, inmersión, retroalimentación sensorial (para responder a la entrada del usuario), y la interactividad [36].

Mundo Virtual

El mundo virtual “es el contenido del medio propuesto, puede existir en la mente de su creador o ser transmitido de una manera tal que pueda ser compartida con otros” [36]. Es decir que un mundo virtual es un conjunto de objetos computacionales organizados espacialmente, también conocidos como objetos virtuales, los cuales se presentan al usuario a través de distintos sistemas sensoriales.

Este mundo virtual puede o no estar inspirado en la realidad, existen mundos virtuales totalmente abstractos, futuristas, ficticios, históricos. Es decir que un mundo virtual es un espacio imaginario representado a través de un medio, donde existe una colección de objetos y reglas que gobiernan esos objetos.

El mundo virtual está determinado por su contenido, el cual se presenta al usuario a través de diferentes modalidades, por ejemplo, visual, auditivo, táctil y percibido por el usuario a través de la visión, audición y tacto.

“Como en el mundo real, los objetos en un entorno virtual tienen también sus propiedades como forma, peso, color, textura, densidad y temperatura. Estas propiedades se pueden observar utilizando diferentes sentidos” [32].

Inmersión

La inmersión es una característica muy importante para la realidad virtual. Se da cuando un usuario es capaz de percibir algo más que el mundo real, ya sea mediante la representación de un entorno alternativo, o el mundo real desde otro punto de vista. Un entorno alternativo puede ser la representación de un espacio real, existente en otras partes; o podría ser algo abstracto, totalmente imaginario.

Inmersión es la “sensación de pertenecer a un entorno; puede ser puramente un estado mental o puede ser logrado a través de medios físicos: la inmersión física es una característica definitoria de la realidad virtual; inmersión mental es probablemente el objetivo de la mayoría de los creadores” [36].

En otras palabras, la inmersión en realidad virtual es la desconexión de los sentidos del mundo real y la conexión de los mismos en el mundo virtual, así como la capacidad del sistema de aislar al usuario del mundo real y proveer información coherente y multi-sensorial, con la que el usuario se percibe a sí mismo en el entorno virtual.

Para que la inmersión pueda ser verdaderamente realista, el sistema debe ser capaz de crear una simulación sensorial lo más completa posible, es decir que debe brindar la mayor cantidad de estímulos que pueda al usuario en sus diferentes sentidos. La inmersión se basa en las capacidades sensoriales y motoras del usuario en todos los casos de realidad virtual.

En la inmersión se deben describir dos factores más que importantes, coherencia y mapeo. La coherencia tiene que ver con sincronizar y asegurar temporalmente una coherencia espacial entre los sensores de la simulación, y el tiempo de respuesta del sistema, es decir entre una acción y la retroalimentación sensorial que corresponde a esta acción. Con respecto al mapeo, se refiere a la relación entre el usuario y el mundo virtual. Este es un problema de interfaz, pero abarca todo el filtrado de los datos sensoriales, el cual se condiciona fuertemente por el comportamiento del usuario en el mundo virtual [37].

Retroalimentación Sensorial

La realidad virtual permite que el usuario se posicione y desde su punto de vista interactúe a través de su cuerpo, el cual afecta eventos en el mundo virtual. Esta característica

ayuda a que la experiencia sea más convincente y así experimentar una realidad imaginaria con muchos de los sentidos físicos.

La retroalimentación sensorial es un elemento primordial para la realidad virtual, provee retroalimentación sensorial directa a los usuarios, para ello se basa en su posición física. En la mayoría de los casos, esta retroalimentación es visual, aunque existen entornos virtuales donde sus dispositivos de salida sensoriales son exclusivamente experiencias hápticas, es decir de tacto.

Cuanto mayor sea la cantidad de indicadores propioceptivos involucrados en la retroalimentación, mejor será el sentido de inmersión que se vive. Un sistema típico de realidad virtual permite que el usuario pueda ver en la imagen virtual una representación morfológica de una parte de su cuerpo como ser un brazo, una mano, o su cabeza; esto le sirve de guía espacial en el entorno [36][38].

Interactividad

Para que la realidad virtual luzca auténtica, debe responder a las acciones del usuario, es por esto que en la definición de la realidad virtual se menciona como un componente necesario la interactividad.

La habilidad de afectar o modificar un mundo sintético es una forma de interactividad, otra puede ser la habilidad del usuario para ver el mundo sintético desde otro punto de vista, y que de esa manera se pueda mover física y libremente a través de él. En la literatura del área se encuentran referencias sobre implementaciones de mundos virtuales en los cuales el usuario es capaz de ver, oír, y el entorno se mueve; pero no es capaz de controlar ese movimiento; así como también existen mundos virtuales donde el usuario puede modificar objetos, explorar el entorno, experimentar diversos sentidos en él.

Existe una forma de interactividad múltiple, un ambiente colaborativo, el cual se refiere a múltiples usuarios que interactúan con el mismo entorno virtual. Los usuarios en cuestión pueden percibir a los demás en el entorno simulado, el cual permite la interacción mutua [39], [40].

Tipos de Realidad Virtual

Cuando se trata de realidad virtual se hace referencia a una gran variedad de técnicas que poseen una serie de elementos en común, por lo tanto, describir un tipo de realidad virtual resulta complicado ya que cada sistema adquiere una forma diferente con características propias, e involucra tecnología de distinta naturaleza las cuales normalmente son diseñadas para diversos fines.

Para tipificar la realidad virtual se tiene en cuenta la taxonomía propuesta por Jerry Isdale. “Una distinción importante de los sistemas de realidad virtual es el modo con el que interactúa con el usuario.” [41].

Sistema de Ventanas (WoW)

Se trata de sistemas que presentan el entorno digital en la pantalla del ordenador. El usuario se puede desplazar e interactuar en él. En ocasiones se pueden utilizar anteojos de visión estereoscópica si lo requiere la aplicación. Se busca que la visualización del ambiente sea lo más real posible. Normalmente son plataformas adecuadas para sistemas avanzados de visualización 3D.

Mapeo de Video

Se trata de sistemas los cuales proporcionan la sensación de inmersión mediante la proyección de imágenes del mundo virtual. Es similar a WoW, solo que agrega una silueta del usuario para provocar un estímulo de inclusión en el entorno sintético. Es decir, el usuario ve un monitor que muestra la interacción de su cuerpo con el mundo.

Sistemas Inmersivos

Estos sistemas de realidad virtual permiten la inmersión total del usuario. La idea es generar la mayor cantidad de estímulos, de esta manera el usuario se aísla por completo del mundo real. Para ello se requiere cierto equipamiento como ser guantes especiales, cascos de

realidad virtual el cual debe generar estímulos visuales y auditivos. Los sistemas de inmersión son los más relacionados a la realidad virtual.

Telepresencia

Es el uso de la realidad virtual para colocar al usuario en un lugar distante al suyo. El usuario tiene la capacidad de interactuar directamente (la mayoría de las veces a través de un medio computarizado) con este lugar independientemente de dónde se encuentre, a unos pocos metros o a miles de kilómetros de distancia. Un ejemplo de esto son los robots móviles que se usan para explorar entornos peligrosos, como Marte, la Luna o algunos otros en el planeta Tierra. Entonces se dice que ubica al usuario en una realidad remota. El usuario observa y escucha a través de las cámaras y micrófonos del medio.

Anexo VIII – Nota de conformidad

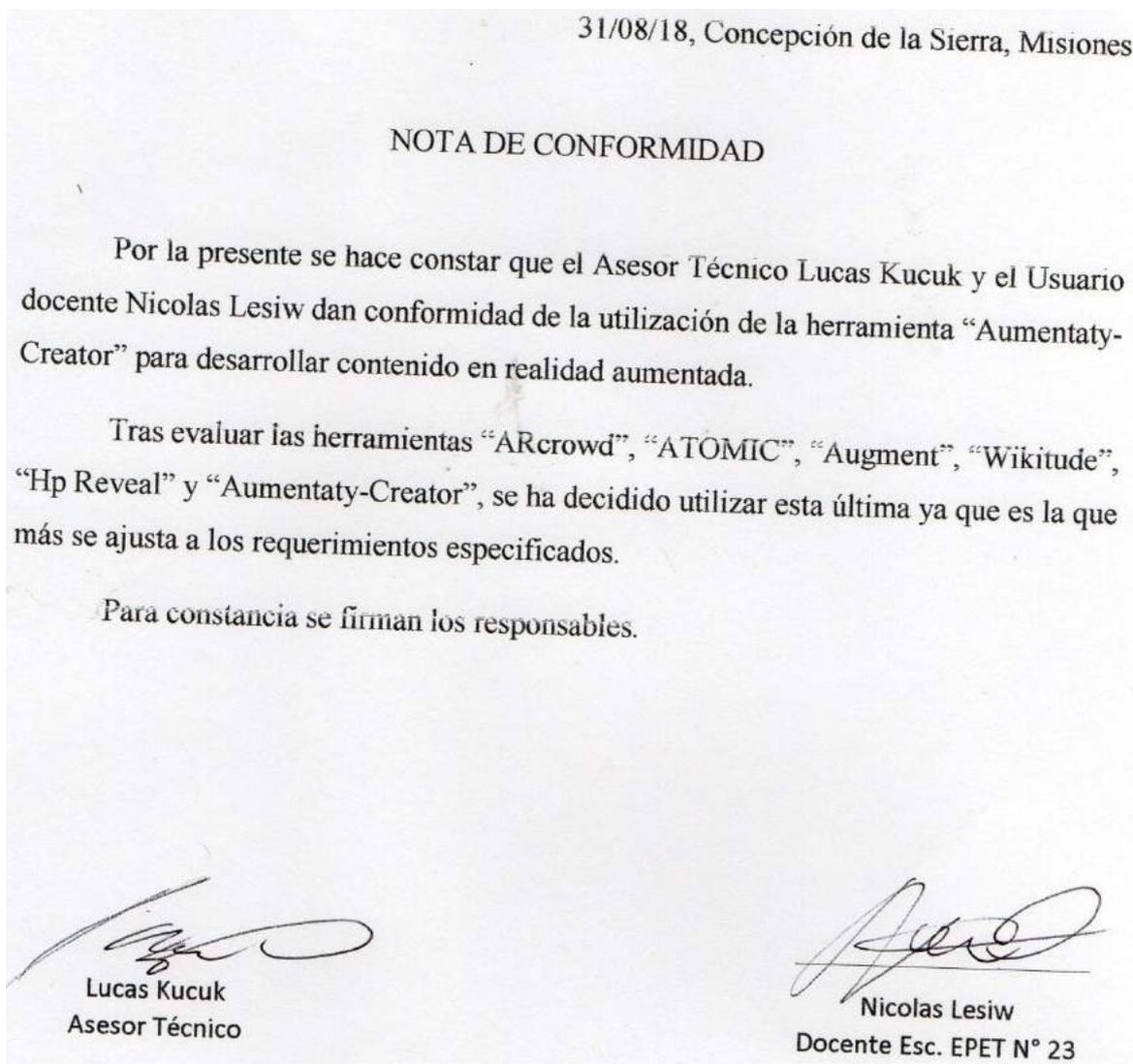


Figura 36- Nota de conformidad sobre la utilización de la herramienta Aumentaty-Creator

Anexo IX – Instructivo para la utilización del framework

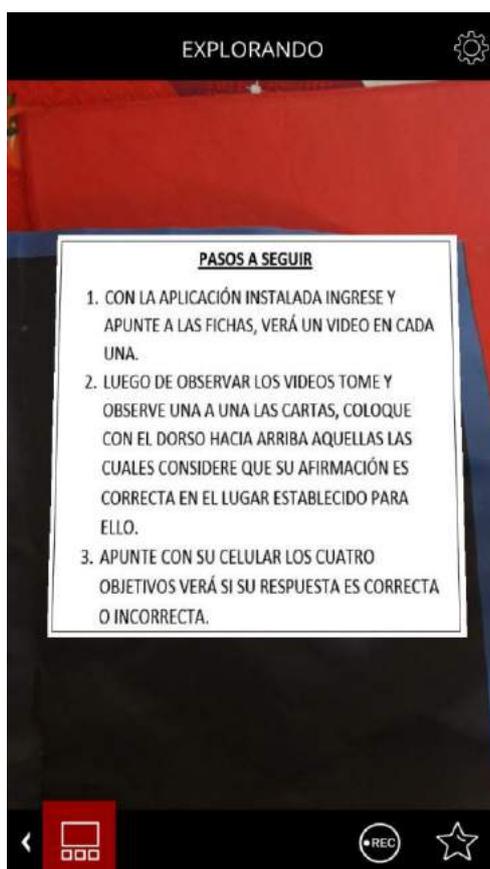


Figura 37 - Captura del instructivo generado en el tablero

Instructivo Técnico:

Requerimientos mínimos: Smartphone con S.O. Android

Cámara

40 Mb de memoria

Instrucciones:

1. diríjase a su gestor de descargas de aplicaciones
2. Buscar, descargar e instalar la aplicación “Scope”.
3. Ingresar a la aplicación en la opción “Invitado”.
4. Busque el proyecto “Edutecnica”.
5. Hacer click sobre el proyecto, hacer click en la opción “descargar”.
6. Haga click en el ícono de cámara fotográfica.
7. Apunte con su celular al instructivo dispuesto en el tablero.

Anexo X – Tabla de Dimensiones tabulada – Respuestas Usuario Docente

Tabla 36- Tabla de Dimensiones evaluadas tabulada

ID	Dimensión Criterio	ID	Preguntas o características referidas a la dimensión	A	B	C	D	E
C1	Objetivos y coherencia didáctica	P1	El OA especifica con claridad los objetivos didácticos, las destrezas a desarrollar, el tipo/nivel/necesidad los destinatarios y sugerencias sobre su posible explotación didáctica (instrucciones) para el profesor y/o para el estudiante.		X			
		P2	Existe coherencia entre los objetivos, destrezas y destinatarios.		X			
		P3	La explotación didáctica se puede llevar a cabo teniendo en cuenta los objetivos, destrezas y destinatarios que se han definidos.		X			
		P4	Existe coherencia entre los objetivos, destinatarios, destrezas y explotación didáctica y los contenidos del OA.		X			
C2	Calidad de los contenidos	P5	La presentación del contenido es clara. Rápidamente se localizan cada uno de los apartados e ideas que se exponen.	X				
		P6	Si en el contenido se incluyen actividades, las instrucciones para el alumno sobre cómo realizar y evaluar la actividad se presentan con claridad.	X				
		P7	El número y distribución de los conceptos e ideas es equilibrado. No aparecen secciones con una gran concentración de conceptos y otras secciones con pocos conceptos y demasiado explicados.		X			
		P8	Se destacan las ideas clave de forma que el alumno percibe intuitivamente cuáles son las ideas fundamentales.		X			
		P9	El contenido es adecuado al nivel de conocimiento de los destinatarios.					
		P10	El contenido es coherente con los objetivos, destrezas a desarrollar y modos de explotación.		X			
		P11	La información es veraz, exacta y se presenta con un nivel de detalle suficiente para los destinatarios.		X			
		P12	El contenido está actualizado.	X				

		P13	El contenido no presenta sesgo ideológico, es objetivo.	X				
C3	Capacidad de generar reflexión, crítica e innovación	P14	El OA estimula la reflexión sobre las ideas presentadas			X		
		P15	El OA fomenta la capacidad crítica. Cuestiona al alumno y estimula que el alumno se cuestione sobre las ideas que se le presentan.		X			
		P16	El OA promueve/facilita que el alumno descubra/genera/adquiera las ideas de aprendizaje de forma autónoma.	X				
		P17	Se fomenta, en el alumno, la capacidad de relacionar conceptos ya aprendidos con los nuevos conceptos. Se promueve la creación de nuevas ideas y la búsqueda de nuevos procedimientos/técnicas/métodos para la resolución de tareas, de problemas o de generación de conocimiento.	X				
		P18	El contenido que se presentan al alumno está relacionado con las preguntas, respuestas o acciones que éste haya realizado previamente.	X				
C4	Interactividad y adaptabilidad del OA	P19	El contenido que se presenta depende del conocimiento previo del alumno o de sus necesidades.	X				
		P20	El alumno siente que realmente controla y maneja su aprendizaje.	X				
		P21	La presentación condicionada del contenido puede ser automática, mediante programación, o manual, mediante unas instrucciones de uso del OA.	X				
		P22	El OA propone diferentes contenidos y actividades.	X				
		P23	El profesor o el alumno pueden usar el OA independientemente del método de enseñanza o aprendizaje que utilicen.	X				
		P24	En el OA se hacen referencias directas a su utilidad en el mundo real. El alumno percibe que lo que aprende es relevante/significativo en su entorno vital, profesional y/o social. El OA responde a sus intereses personales o profesionales.		X			

		P25	El OA presenta de forma innovadora o atractiva los contenidos o los procedimientos didácticos.	X				
		P26	Los criterios 2º, calidad del contenido, 3º, reflexividad, crítica y creatividad, y 4º, interactividad y adaptabilidad contribuyen a la motivación.		X			
C6	Formato y Diseño	P27	El diseño organizado, claro y conciso. Si contiene varios archivos éstos están bien organizados y nombrados.	X				
		P28	El formato y diseño de los contenidos audiovisuales favorece la comprensión y asimilación del conocimiento que contienen. Los contenidos audiovisuales se complementan y completan mutuamente.	X				
		P29	Se utilizan formatos multimodales, texto, imagen, audio, vídeo, para aprovechar las diferentes formas de aprendizaje.	X				
		P30	El OA es estéticamente adecuado para el estudio y la reflexión. Por ejemplo, no tiene exceso de colores, audios, vídeos molestos o que distraigan la atención.	X				
		P31	Los textos, imágenes y los audios son de buena calidad	X				
C7	Usabilidad	P32	Es fácil navegar en el contenido digital del OA. Se encuentran rápidamente los contenidos buscados.		X			
		P33	La forma de utilizar el OA, la interfaz, es intuitiva e informa implícitamente al alumno cómo interactuar con él, o bien existen instrucciones de uso que son claras.	X				
		P34	Todos los enlaces funcionan correctamente, no hay enlaces rotos o que conduzcan a un contenido erróneo.	X				
C8	Reusabilidad	P35	Reusabilidad de contenido. El OA se organiza modularmente, de forma que todos o alguna de sus partes puede volver a utilizarse para construir otros OA.		X			
		P36	Reusabilidad de contexto educativo. El OA o alguno de sus módulos puede utilizarse en más de una disciplina o grupos de alumnos.	X				

		P37	Reusabilidad de entorno. El OA o alguno de sus módulos puede utilizarse en diversos entornos de aprendizaje: presencial, virtual, mixto.	X				
C9	Interoperabilidad	P38	El contenido del OA se ha creado en formatos que son de uso general o estándar de facto; por ejemplo, texto (txt), word, pdf, wav, mp3, mp4, flash, jpeg, gif entre otros.		X			
		P39	El OA puede utilizarse en cualquier entorno web y en cualquier máquina. Si es necesario algún software para utilizarlo, éste es sencillo de obtener.		X			
		P40	El OA tiene elementos que lo identifiquen como el título, el autor (es), los objetivos didácticos, destinatarios, destrezas, etc. Los metadatos facilitan la localización y selección de los OA.	X				