







EDITORIAL UNIVERSIDAD DE CALDAS



# **Realidad virtual inmersiva y aprendizaje basado en problemas:**

Un estudio de caso con linieros de la central hidroeléctrica de  
Caldas – CHEC -

Yasaldez Eder Loaiza Zuluaga, Bibiana García Duque,  
Carlos Mario López Gutiérrez



EDITORIAL UNIVERSIDAD DE CALDAS

Catalogación en la fuente, Biblioteca Universidad de Caldas

Loaiza Zuluaga, Yasaldez Eder

Realidad virtual inmersiva y aprendizaje basado en problemas: Un estudio de caso con linieros de la central hidroeléctrica de Caldas -CHEC-/ Yasaldez Eder Loaiza Zuluaga, Bibiana García Duque, Carlos Mario López Gutiérrez. -- Manizales : Universidad de Caldas, 2023.  
380 p. : il. --(Libros de investigación)

ISBN: 978-958-759-433-1

ISBN Pdf: 978-958-759-434-8

Linieros -Tecnología de la realidad virtual/Formación de linieros/Diseño de lineamientos para trabajo en alturas de los lineamientos/Realidad virtual como una herramienta de aprendizaje integral/Prácticas de entrenamiento en línea/Realidad virtual en la educación/Tecnología de la información y la comunicación/Realidad virtual/García Duque, Bibiana, coautora, López Gutiérrez, Carlos Mario, coautor/Tit./CDD 621.319 2/L795

Reservados todos los derechos  
© Universidad de Caldas

Primera edición: 2023  
*Libros de investigación*

ISBN: 978-958-759-433-1  
ISBN Pdf: 978-958-759-434-8

Editorial Universidad de Caldas  
Calle 65 N.º 26-10  
Manizales, Caldas –Colombia  
<https://editorial.ucaldas.edu.co/>

Editor: Jorge Ivan Escobar Castro  
Coordinadora editorial: Yolanda González Gil  
Diseño de colección: Luis Osorio Tejada  
Corrección de estilo: Jorge Ivan Escobar Castro  
Diagramación de páginas: Luis Osorio Tejada  
Diseño de cubierta: Edward Leandro Muñoz Ospina

Impreso y hecho en Colombia  
*Printed and made in Colombia*

Todos los derechos reservados. Este libro se publica con fines académicos. Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta publicación, así como su circulación y registro en sistemas de recuperación de información, en medios existentes o por existir, sin autorización escrita de la Universidad de Caldas.

Universidad de Caldas | Vigilada Mineducación.  
Creada mediante Ordenanza Nro. 006 del 24 de mayo de 1943 y elevada a la categoría de universidad del orden nacional mediante Ley 34 de 1967. Acreditación institucional de alta calidad, 8 años: Resolución N.º 17202 del 24 de octubre de 2018, Mineducación.

# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>17</b>
<b>Realidad virtual inmersiva</b>	<b>27</b>
Evolución tecnológica: principales momentos . . . . .	27
Aproximación conceptual: Realidad Virtual Inmersiva – RVI . . . . .	39
Clasificación y arquitectura . . . . .	43
Características . . . . .	45
<b>Aprendizaje basado en problemas – ABP</b>	<b>49</b>
Principales perspectivas de aprendizaje . . . . .	49
Aproximación conceptual del ABP . . . . .	60
Realidad virtual inmersiva y aprendizaje . . . . .	69
Criterios para la selección de contenidos . . . . .	71
<b>Los linieros</b>	<b>73</b>
Hitos relacionados con la formación de linieros . . . . .	73
Los factores de impacto en la administración del activo eléctrico . . . . .	75
Evaluación de la competencia del personal que realiza trabajos en tensión . . . . .	77
Formación de linieros . . . . .	79
De la protección y la salud en el trabajo . . . . .	83
Profesiograma . . . . .	86
<b>Segunda parte: Referente metodológico</b>	<b>91</b>
<b>Diseño mixto</b>	<b>93</b>
<b>Enfoque hermenéutico</b>	<b>95</b>

<b>Métodos, técnicas e instrumentos</b>	<b>101</b>
Exploratorio . . . . .	102
Estudio de caso . . . . .	102
Técnicas e instrumentos . . . . .	102
<b>Entrevista a profundidad</b> . . . . .	<b>102</b>
Encuesta . . . . .	103
Grupos focales . . . . .	103
Observación . . . . .	104
<b>Ruta metodológica</b>	<b>105</b>
Etapa 1: especificación del marco de referencia . . . . .	106
Etapa 2: implementación del proyecto de evaluación . . . . .	106
<b>Elaboración de instrumentos de recolección de información</b> . . . . .	<b>107</b>
Etapa 3: la formulación del proyecto de evaluación . . . . .	107
<b>El objeto de evaluación</b> . . . . .	<b>108</b>
Etapa 4: ejecución de la evaluación . . . . .	108
<b>Implementación de la metodología</b>	<b>109</b>
Etapa 1: especificación del marco de referencia . . . . .	110
Etapa 2: implementación del proyecto de evaluación . . . . .	119
<b>Elaboración de instrumentos de recolección de información</b> . . . . .	<b>119</b>
Consentimiento informado . . . . .	121
Fichas de observación y grupos focales . . . . .	122
Entrevistas en profundidad . . . . .	123
Encuestas en fase formativa . . . . .	124
Encuestas en fase sumativa . . . . .	126
<b>Tercera parte</b>	<b>129</b>
<b>Análisis de información</b>	<b>129</b>
<b>Etapa 3. La formulación del proyecto de evaluación</b>	<b>131</b>
Propuesta metodológica para el desarrollo de ambientes VR para el ABP . . . . .	131
1. Gestión del proyecto . . . . .	132
<b>1.1. Roles y responsabilidades</b> . . . . .	<b>132</b>
<b>1.2. Perfiles de usuarios</b> . . . . .	<b>133</b>
<b>1.3. Seguimiento a las actividades</b> . . . . .	<b>134</b>

2. Análisis del contexto: ABP . . . . .	.136
2.1. Caracterización de la población . . . . .	.137
2.3. Gamificación . . . . .	.145
2.4. Análisis del entorno . . . . .	.151
Variables en ejecución de las maniobras . . . . .	.154
2.5. Contextualización de las maniobras . . . . .	.156
2.6. Alcance temático . . . . .	.164
Configuración general . . . . .	.166
Procedimiento operativo . . . . .	.168
3. Diseño del ambiente . . . . .	.176
3.1. Fundamentos teóricos de Diseño . . . . .	.177
3.2. Escenarios . . . . .	.181
3.3. Herramientas, equipos, elementos de protección personal y colectivos . . . . .	.182
3.4. Tutor: acompañante . . . . .	.183
3.5. Diseño de interfaz . . . . .	.185
4. Análisis funcional . . . . .	.191
4.1. Entorno Tecnológico . . . . .	.191
4.2. Modelo Conceptual . . . . .	.193
4.3. Arquitectura del sistema . . . . .	.194
4.4. Modelo de Bases de Datos . . . . .	.194
4.5. Requerimientos funcionales y no funcionales . . . . .	.196
4.6. Documentación: manuales de usuario . . . . .	.201
5. Implementación / pruebas / ajustes . . . . .	.202
5.1. Programación por componentes . . . . .	.202
5.2. Repositorios y manejo de versiones . . . . .	.203
5.3. Modelo de validación y pruebas de aceptación . . . . .	.203
5.4. Esquema de comunicación de los participantes del proyecto . . . . .	.204
<b>Etapa 4. Ejecución de la evaluación</b>	<b>223</b>
Procesamiento de la información . . . . .	.224
Resultados fase preformativa . . . . .	.225
Entrevistas en profundidad: empleado – aprendiz . . . . .	.225
Información personal del entrevistado . . . . .	.226
Entrevistas en profundidad: supervisor – experto . . . . .	.237
Observación reentrenamiento linieros . . . . .	.257
Principales aportes . . . . .	.258
<b>Resultados fase formativa</b>	<b>263</b>
Encuesta: empleados aprendiz . . . . .	.263
Encuesta: empleados aprendiz: ganador del liniero de oro . . . . .	.272
Encuesta: familiares de los linieros aprendices . . . . .	.274

Otra observación, sugerencia o información complementaria que quiera proporcionar . . . . .	.282
Encuesta: usuarios del sector eléctrico . . . . .	.282
Otra observación, sugerencia o información complementaria que quiera proporcionar . . . . .	.292
Ejemplo de Grupo focal: expertos en Gamification . . . . .	.293
Ejemplo de Grupo focal: expertos en habilidades blandas para el personal del sector eléctrico. . . . .	.294
Ejemplo Grupos focales: Equipo de Diseño Visual, Expertos Supervisores CHEC . . . .	.295
Principales aportes: . . . . .	.295
<b>Resultados fase sumativa</b>	<b>299</b>
Información en relación a la realidad virtual Inmersiva – RVI y el aprendizaje basado en problemas – ABP . . . . .	.301
<b>Características principales del contenido</b> . . . . .	.315
<b>Características de diseño del ambiente</b> . . . . .	.318
<b>Características que se deben tener en cuenta en una metodología para el desarrollo y evaluación de software educativo</b> . . . . .	.323
La Organización de Estándares Internacionales (ISO) define 6 características de alto nivel para el desarrollo del software (ISO/IEC 9126) . . . . .	.328
<b>Observaciones, sugerencias o información complementaria entregada por los entrevistados</b> . . . . .	.330
Análisis comparativo de las estrategias de aprendizaje tradicionales y los ambientes VR . . . . .	.332
<b>Determinación de la muestra y población objetivo</b> . . . . .	.332
Análisis comparativo de las estrategias de aprendizaje tradicionales y los ambientes de realidad virtual inmersiva . . . . .	.341
<b>Conclusiones</b>	<b>345</b>
Identificar el contexto, las experiencias y las necesidades de aprendizaje de los linieros . . . . .	.345
Diseñar y desarrollar un ambiente de realidad virtual inmersiva para el ABP de los linieros . . . . .	.347
Caracterizar las concepciones que inciden en el fortalecimiento de ambientes de realidad virtual inmersiva para el ABP en la formación de linieros . . . .	.348
Interpretar los componentes esenciales de un modelo de RVI que posibilite la formación de linieros . . . . .	.349
Algunas conclusiones adicionales . . . . .	.350
<b>Recomendaciones y trabajo futuro</b> . . . . .	.351
<b>Referencias</b>	<b>353</b>

## Lista de tablas

<b>Tabla 1:</b> actividades principales del proyecto . . . . .	110
<b>Tabla 2:</b> clasificación de los participantes en el proyecto. . . . .	111
<b>Tabla 3:</b> rol - E13: gestión del proyecto. . . . .	112
<b>Tabla 4:</b> rol: gestión del proyecto . . . . .	113
<b>Tabla 5:</b> Rol – E11: usuarios del sector eléctrico. . . . .	115
<b>Tabla 6:</b> roles en el marco del desarrollo de los ambientes. . . . .	116
<b>Tabla 7:</b> participantes involucrados en el desarrollo de los ambientes. . . . .	116
<b>Tabla 8:</b> Expertos externos al proceso de desarrollo del proyecto. . . . .	118
<b>Tabla 9:</b> instrumentos de recolección de información para cada objetivo . . . . .	119
<b>Tabla 10:</b> escala de valoración de cumplimiento de los principios de aprendizaje . . . . .	312
<b>Tabla 11:</b> escala de valoración de las características del diseño del ambiente. . . . .	318
<b>Tabla 12:</b> escala de valoración de las características que debe tener en cuenta una metodología. . . . .	324

## Lista de ilustraciones

<b>Ilustración 1:</b> estereoscopio de Sir Charles Wheatstone . . . . .	28
<b>Ilustración 2:</b> estereoscopio lenticular de Brewster. . . . .	29
<b>Ilustración 3:</b> fotografía estereoscópica de la reina Victoria de Inglaterra . . . . .	30
<b>Ilustración 5:</b> linterna mágica, proyección en sala, los espectadores con lentes de colores para apreciar el relieve . . . . .	32
<b>Ilustración 6:</b> el Kaiserpanorama de Fuhrmann . . . . .	32
<b>Ilustración 18:</b> Toshiba Head Dome . . . . .	37
<b>Ilustración 7:</b> cuadrante de estilos de aprendizaje, Kolb 1984 . . . . .	60
<b>Ilustración 8:</b> análisis comparativo: ABP, Problemas y Retos. (Larmer, 2015). . . . .	67

<b>Ilustración 9:</b> desarrollo del proceso de ABP . . . . .	.68
<b>Ilustración 10:</b> hitos por siglo relacionados con la formación de linieros . . . . .	.75
<b>Ilustración 11:</b> tipos de Mantenimientos . . . . .	.76
<b>Ilustración 12:</b> técnicas de mantenimiento en línea energizada. . . . .	.78
<b>Ilustración 13:</b> herramientas de simulación para la formación de operarios . . .	.81
<b>Ilustración 14:</b> organización de la protección de la salud y el trabajo . . . . .	.84
<b>Ilustración 15:</b> profesigramas de Linieros . . . . .	.87
<b>Ilustración 16:</b> modelo de trabajo de Linieros . . . . .	.88
<b>Ilustración 17:</b> apéndice A4, elementos de dirección de los trabajos en tensión (AISS) . . . . .	.90
<b>Ilustración 18:</b> adaptación de la ruta metodológica y los objetivos del proyecto (2020). . . . .	.109
<b>Ilustración 19:</b> propuesta metodológica para el desarrollo de ambientes VR para el ABP (2021). . . . .	.131
<b>Ilustración 20:</b> Gestión del proyecto (2021). . . . .	.132
<b>Ilustración 21:</b> características de alto nivel para la calidad del software - ISO/IEC 9126 . . . . .	.135
<b>Ilustración 22:</b> 2. Análisis del contexto: ABP (2021). . . . .	.136
<b>Ilustración 23:</b> Grabación con drones de la ejecución de las maniobras en campo (2021). . . . .	.138
<b>Ilustración 24.</b> Orden de trabajo (2021). . . . .	.138
<b>Ilustración 25.</b> Temática de los reentrenamientos (2021). . . . .	.142
<b>Ilustración 26:</b> registro fotográfico reentrenamiento SETET – 2019 (2021). . .	.143
<b>Ilustración 27:</b> Modelo de gamificación aplicando Octalysis . . . . .	.149
<b>Ilustración 28:</b> acondicionamiento físico, previo a realizar las maniobras. . . .	.152
<b>Ilustración 29:</b> Modelo de Iceberg-Objetivos de Aprendizaje (2021). . . . .	.164
<b>Ilustración 30:</b> formato de levantamiento de información general del proyecto (2021). . . . .	.168
<b>Ilustración 31:</b> formato de levantamiento de información del procedimiento operativo (2021).. . . . .	.170
<b>Ilustración 31:</b> formato de levantamiento de información del procedimiento operativo (2021).. . . . .	.172

<b>Ilustración 32:</b> 3. diseño del ambiente (2021)..	176
<b>Ilustración 33:</b> experiencia de Usuario, según Makela y Fulton . . . . .	177
<b>Ilustración 34:</b> experiencia de Usuario, según Hassenzahl y Tractinsky. . . . .	178
<b>Ilustración 35:</b> UX Design Tips from a User Experience. . . . .	179
<b>Ilustración 36:</b> Análisis del contexto: abp (2021) . . . . .	181
<b>Ilustración 37:</b> herramientas, equipos, elementos de protección personal y colectivos (2021) . . . . .	182
<b>Ilustración 38:</b> primera propuesta de personaje tutor (2021). . . . .	184
<b>Ilustración 39:</b> evolución de personaje tutor (2021). . . . .	184
<b>Ilustración 40:</b> actitudes básicas del tutor acompañante (2021).. . . . .	185
<b>Ilustración 41:</b> Objetivos al diseñar pantallas . . . . .	186
<b>Ilustración 42:</b> referencia colores corporativos CHEC (2021).. . . . .	187
<b>Ilustración 43:</b> consideraciones generales de interfaz (2021). . . . .	187
<b>Ilustración 44:</b> fondo de pantalla para el menú principal (2021). . . . .	188
<b>Ilustración 45:</b> estandarización para el diseño de íconos (2021) . . . . .	189
<b>Ilustración 46:</b> mecanismos y zonas de comunicación de la interfaz (2021). . .	190
<b>Ilustración 47:</b> tipos de interactividad, actividades y cuestionarios en la interfaz (2021). . . . .	190
<b>Ilustración 48:</b> 4. análisis funcional (2021). . . . .	191
<b>Ilustración 49:</b> modelo conceptual del proyecto (2021). . . . .	193
<b>Ilustración 50:</b> arquitectura del sistema del proyecto (2021).. . . . .	194
<b>Ilustración 51:</b> modelo de base de datos del proyecto (2021). . . . .	195
<b>Ilustración 52:</b> 5. Implementación / pruebas / ajustes (2021). . . . .	202
<b>Ilustración 53:</b> técnica TDD, Test Driven Development. . . . .	203
<b>Ilustración 54:</b> esquema de comunicación de los participantes del proyecto (2021). . . . .	204
<b>Ilustración 55:</b> ingreso al sistema y menú principal (2021). . . . .	205
<b>Ilustración 56:</b> selectores y menú de acceso a los ambientes VR (2021). . . . .	206
<b>Ilustración 57:</b> ambientes de adaptación a la tecnología VR (2021). . . . .	207
<b>Ilustración 58:</b> minijuegos para el desarrollo de conductas y comportamientos de los linieros (2021).. . . . .	207
<b>Ilustración 59:</b> selector y configuración de las maniobras (2021).. . . . .	208

<b>Ilustración 60:</b> mensaje de bienvenida y uso de controles (2021).	. . . . .	.211
<b>Ilustración 61:</b> mensaje que habilitan o inhabilitan la ejecución de las maniobras (2021).	. . . . .	.211
<b>Ilustración 62:</b> zona de planeación de la maniobra (2021).	. . . . .	.212
<b>Ilustración 63:</b> ejecución de las Maniobras (2021)	. . . . .	.213
<b>Ilustración 64:</b> ejemplo de distractores comunes a todas las maniobras (2021).	. . . . .	.214
<b>Ilustración 65:</b> preguntas y atípicos en la ejecución de las maniobras (2021).	. . . . .	.215
<b>Ilustración 66:</b> variables en ejecución de las maniobras (2021).	. . . . .	.215
<b>Ilustración 67:</b> presentación de resultados en la ejecución de la maniobra (2021).	. . . . .	.216
<b>Ilustración 68:</b> módulo de gestión de linieros (2021).	. . . . .	.218
<b>Ilustración 69:</b> módulo de gestión de procesos de selección (2021).	. . . . .	.219
<b>Ilustración 70:</b> módulo de gestión de cuestionarios (2021).	. . . . .	.219
<b>Ilustración 71:</b> módulo de empresas cliente (2021).	. . . . .	.220
<b>Ilustración 72:</b> módulo de gestión de Usuarios (2021).	. . . . .	.220
<b>Ilustración 73:</b> módulo de gestión de reportes (2021).	. . . . .	.221
<b>Ilustración 74:</b> malla hipertextual de análisis del empleado aprendiz (2019).	. . . . .	.226
<b>Ilustración 75:</b> relación de las edades de los empleados aprendices (2019).	. . . . .	.226
<b>Ilustración 76:</b> nivel de formación de los empleados aprendices (2019)	. . . . .	.227
<b>Ilustración 77:</b> tiempo de experiencia en el área de los empleados aprendices (2019).	. . . . .	.227
<b>Ilustración 78:</b> información del contexto de los empleados aprendices (2019).	. . . . .	.228
<b>Ilustración 79:</b> lugar de formación complementaria de los empleados aprendices (2019).	. . . . .	.228
<b>Ilustración 80:</b> <i>categorias de</i> relación con las TIC de los empleados aprendices (2019).	. . . . .	.232
<b>Ilustración 81:</b> relación con la realidad virtual inmersiva de los empleados aprendices (2019)	. . . . .	.233
<b>Ilustración 82:</b> relación con la realidad virtual inmersiva de los empleados aprendices (2019).	. . . . .	.233
<b>Ilustración 83:</b> malla hipertextual de análisis del supervisor experto (2019).	. . . . .	.238

<b>Ilustración 84:</b> relación de las edades de los supervisores expertos (2019) . . .	.238
<b>Ilustración 85:</b> nivel de formación de los supervisores expertos (2019). . . . .	.239
<b>Ilustración 86:</b> tiempo de experiencia en el área de los supervisores expertos (2019). . . . .	.239
<b>Ilustración 87:</b> información relacionada con el contexto de los supervisores expertos (2019). . . . .	.240
<b>Ilustración 88:</b> Relación con la realidad virtual inmersiva de los supervisores expertos (2019). . . . .	.247
<b>Ilustración 89:</b> evidencia fotográfica. Grupo focal: expertos en aprendizaje en medios virtuales y ABP (2019).. . . . .	.253
<b>Ilustración 90:</b> Linieros CHEC realizando el reentrenamiento anual (2020).. . . . .	.258
<b>Ilustración 91:</b> ejemplo de ficha de registro de los reentrenamientos anuales . . . . .	.260
<b>Ilustración 92:</b> Modificaciones en el personaje tutor . . . . .	.295
<b>Ilustración 93:</b> pruebas de los ambientes VR (2020). . . . .	.297
<b>Ilustración 94:</b> malla hipertextual fase sumativa (2020). . . . .	.299
<b>Ilustración 95:</b> malla hipertextual de las principales categorías de análisis (2020).. . . . .	.300
<b>Ilustración 96:</b> <i>relación de RVI – ABP</i> (2020). . . . .	.301
<b>Ilustración 97:</b> principios de aprendizaje en relación al ambiente (2020). . . . .	.312
<b>Ilustración 98:</b> <i>valoración de cumplimiento de los principios de aprendizaje</i> (2020). 313	
<b>Ilustración 99:</b> malla hipertextual respecto al contenido (2020). . . . .	.315
<b>Ilustración 100:</b> malla hipertextual respecto al Diseño (2020) . . . . .	.318
<b>Ilustración 101:</b> valoración de las características de Diseño (2020). . . . .	.319
<b>Ilustración 102:</b> características de una metodología de desarrollo (2020).. . . . .	.323
<b>Ilustración 103:</b> valoración de las características de una metodología (2020). . . . .	.324
<b>Ilustración 104:</b> malla hipertextual de la gestión de calidad del software (2020). . . . .	.328
<b>Ilustración 105:</b> gráfica de desempeño individual en la maniobra carro canasta . . . . .	.335
<b>Ilustración 106:</b> gráfica de desempeño de liniero 1 en la maniobra carro canasta (2021). . . . .	.336

<b>Ilustración 107:</b> gráfica de desempeño de liniero 2 en la maniobra carro canasta . . . . .	.337
<b>Ilustración 108:</b> gráfica de desempeño de liniero 3 en la maniobra carro canasta (2021). . . . .	.337
<b>Ilustración 109:</b> gráfica de desempeño de liniero 4 en la maniobra carro canasta (2021). . . . .	.338
<b>Ilustración 110:</b> gráfica de desempeño de liniero 5 en la maniobra carro canasta (2021). . . . .	.339
<b>Ilustración 111:</b> gráfica de desempeño de los linieros en la maniobra carro canasta (2021). . . . .	.340

## Introducción

El estudio del aprendizaje vive un cambio continuo y busca indagar cómo se adquieren y modifican el conocimiento, las habilidades, estrategias, creencias o comportamientos de los individuos (Schunk, 1997); no obstante, el consenso sobre los métodos de aprendizaje es difícil de lograr, sobre todo si se atiende a las características particulares de cada uno de los contextos en los cuales, las personas deben interactuar con el conocimiento.

Gagné (1979, p.2) afirma que: “el aprendizaje es un cambio en las disposiciones o capacidades humanas, que persiste durante cierto tiempo y que no es atribuible solamente a los procesos de crecimiento”. La topología del aprendizaje es una de las teorías de procesamiento de la información, que junto al Conectivismo de Siemens (2000), que se encarga de ofrecer una explicación sobre los procesos de interconexión que se presentan en el aprendizaje, explican el efecto de la tecnología y las ventajas que tiene la gestión del conocimiento. El Conectivismo hace parte de la denominada era digital y hace alusión a la inmensa posibilidad que tiene el individuo para saber más y permanecer informado, actualizado y con disposición para compartir el conocimiento.

En la actualidad, se estudia a profundidad el efecto de la neurociencia en el aprendizaje. Autores como Byrness (2001), Jensen (2005) y Trenton (2007) se han encargado de realizar prácticas educativas en torno a un modelo de aprendizaje basado en problemas, ABP, simulaciones y juego de roles, con el objetivo de medir el funcionamiento del cerebro y su comportamiento durante periodos cruciales y específicos como lo son el sensorio motor, auditivo, visual, emocional y lingüístico.

Es a partir de las situaciones complejas que surgen de la realidad del contexto, que los problemas vitales deben ser comprendidos o resueltos de forma creativa; dado que esta es una de las lógicas educativas que favorecen el desarrollo de competencias y habilidades; tal como lo respaldan los trabajos de Pentón, Patrón, Hernández y Rodríguez (2012; en consonancia con lo anterior, como una apuesta en procesos educativos que busquen aportar de mejor manera a los procesos de enseñanza y aprendizaje, en diferentes modalidades, surgen los métodos basados en el ABP (Aprendizaje Basado en Problemas); dado que éstos ayudan a desarrollar conscientemente el proceso de aprendizaje, ya que fortalecen la comprensión de problemas reales que hacen parte de la cotidianidad. Este puede ser, entonces, punto de partida para promover una actitud investigativa y problematizadora que se encuentra cercana al pensamiento autónomo, crítico y creativo, así como también puede considerarse el origen de la interdisciplinariedad.

La investigación del cerebro ha demostrado que las teorías multifacéticas del aprendizaje parecen explicar mejor la situación real y teniendo en cuenta la pertinencia para el presente proyecto de temas como resolución de problemas, adquisición de habilidades y simulaciones, estos serán abordados con mayor profundidad en el referente teórico.

Actualmente, los entornos de realidad virtual se han hecho más accesibles como medios de entretenimiento para el público en general, prueba de esto es el reciente auge en el desarrollo de periféricos de realidad virtual inmersiva como el Oculus Rift (Oculus, 2016), las Gear VR de Samsung

y Google CardBoard que ponen estas tecnologías, de nuevo, como punto central para el desarrollo de aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento. Ante este panorama tecnológico, es importante tener en cuenta lo planteado por Sergio Epelbaum (2010, p. 67): “La clave principal de todos estos sistemas es el contenido. Por más perfecto que sea el sistema de proyección, si el contenido es malo el espectador relacionará indirectamente este contenido malo con el método de proyección”.

En virtud de lo anterior, es claro que el contenido es de vital relevancia en cualquier sistema o mediación tecnológica que se pretenda desarrollar o utilizar; y muy especialmente en el campo educativo; en esta perspectiva, cuando la tecnología no se usa de manera rigurosa y, con los contenidos adecuados, se convierte en un distractor del desempeño, razón por la cual hay que tener en cuenta que muchos de los softwares educativos que son empleados por docentes, no siempre están vinculados con las necesidades e implicaciones formativas en la educación, ni con las necesidades específicas de los estudiantes (o de la población); si no más bien con las inquietudes y preferencias de quienes lo diseñan y quienes deciden utilizarlos. Estas necesidades que podrían ser resueltas por medio de la realidad virtual inmersiva, en tanto la inmersión facilita una nueva perspectiva ontológica, los que comúnmente teleológica y comunicativa de la identidad de los seres humanos en el tiempo presente con el fin de aportar de mejor manera en los procesos educativos y formativos.

Ahora bien, frente a la pregunta ¿cómo el sistema educativo puede aprovechar esta contingencia para mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje?; pregunta que se suma al creciente interés en el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la educación y que; seguramente continuará en aumento dado el avance en el campo tecnológico y las necesidades pedagógicas y didácticas particulares de estas nuevas generaciones; se debe considerar que la tecnología como una mediación debe estar pensada desde asuntos con un buen diseño, un buen contenido y un acceso apropiado para quienes puedan usarla y aprovecharla

en bien de lograr mejores aprendizajes. En tal sentido, la incorporación de las TIC en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, no se puede ver limitada a la dotación de equipos y acceso a internet; si no al uso racional y eficiente de los recursos tecnológicos, pero, sobretodo, con las mediaciones adecuadas y ajustadas a las necesidades de las áreas de formación y los objetos de aprendizaje.

En concordancia, Pérez y Ontiveros (2011) plantean que las soluciones entonces no deben limitarse a tomar en cuenta las potencialidades que proporciona la realidad virtual, tienen que fomentarse transformaciones más profundas que den soluciones puntuales a necesidades del contexto y que aprovechen de mejor manera las habilidades digitales de los sujetos y que potencien el uso de la tecnología para lograr mejores resultados; en esta perspectiva; bien vale la pena retomar lo expuesto por Cerneiro Toscano y Díaz (2021, p. 63): “el posible cambio de las estructuras de aprendizaje que se puede observar en las nuevas generaciones que tempranamente se ven expuestas al uso de tecnologías digitales y generan nuevas formas de adquirir habilidades, manejar información y construir nuevos aprendizajes; tiene consecuencias estructurales para el sistema escolar”.

Desde esta perspectiva, en las aulas se mantendrían estructuras obsoletas para la obtención de aprendizajes en estudiantes que cuentan con nuevas habilidades no consideradas en la didáctica tradicional”, asunto más que relevante en los procesos de enseñanza para lograr mejores aprendizajes; es decir, se requiere de docentes con conocimiento en el uso de mediaciones tecnológicas; pero sobretodo con capacidad para desarrollar y potenciar las habilidades de los estudiantes, de tal suerte que se promueva una mejor apropiación del conocimiento.

Las TIC como plantean Zea et al. (2006, p. 2); “no solo ponen al alcance de docentes y de estudiantes grandes volúmenes de información, que utilizan diversos canales de información” sino que promueven el desarrollo de destrezas y habilidades esenciales como son la búsqueda, selección y

procesamiento de información, así como la capacidad para el aprendizaje autónomo y “... amplían las fronteras del aprendizaje al poner a disposición nuevos recursos así como la forma para aprender con otros, incluyendo comunidades remotas” (Luzardo, Jaimes y Aguilar, 2014, p. 35).

Ahora bien, en empresas del sector eléctrico los procedimientos de operación y mantenimiento realizados en las redes de distribución de energía son en algunos casos complejos y críticos, requieren de personal calificado e idóneo. Los linieros, que es como se conocen a quienes ejecutan esta labor, específicamente las que se realizan en redes aéreas y subterráneas, implican la ejecución de procedimientos operativos que resultan críticos para la organización, no solo porque hacen parte de la experticia de los trabajadores (conocimiento tácito), sino que se desarrollan en ambientes no seguros donde las personas están expuestas a riesgos eléctricos y biológicos, siendo consideradas tareas de alto riesgo. La adecuada ejecución de estos procedimientos operativos, resulta vital para la organización, puesto que, de una adecuada instalación depende el buen funcionamiento del sistema eléctrico de las ciudades.

Uno de los principales factores de éxito de estas organizaciones es la confiabilidad humana, haciéndolas competitivas y sostenibles, por esta razón, las empresas gastan grandes cantidades de sus presupuestos en capacitación (O’Leonard, 2014). Lo que implica para la organización la continua creación de conocimiento, entendida como el desarrollo y fortalecimiento de las competencias individuales requeridas para el desempeño del cargo, así como la gestión de estrategias de transferencia y almacenamiento que garanticen la permanencia del conocimiento potencial a nivel organizacional (conocimiento explícito).

La capacitación de la fuerza laboral en cualquier momento y lugar es una opción que resulta atractiva para cualquier empresa porque reduce costos de desplazamiento y tiempo, es decir, se puede formar a los operadores dentro del propio espacio de trabajo. En este contexto, la realidad virtual se presenta como una alternativa que ofrece una simulación de las actividades

asociadas al cargo que un trabajador tiene dentro de la empresa con una ventaja que termina siendo determinante: los errores no tienen efecto en la realidad laboral. En el caso del trabajo de alto riesgo, como el que realizan los linieros, la capacitación inmersiva planificada mejora no solo sus habilidades y su práctica, también benefician su capacidad para recordar y genera un reconocimiento del ambiente que se traduce en mayor experiencia.

La Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC Grupo EPM) empresa dedicada al negocio de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, ilumina las vidas de los habitantes de 40 municipios de los departamentos de Caldas y Risaralda, lo que implica un talento humano cualificado para entregar un servicio ágil y de calidad a los usuarios. Actualmente, los procesos de formación y cualificación de los empleados, realizados por la CHEC para la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos, como los trabajos con tensión, se venían realizando de manera tradicional, es por ello que cobró relevancia la investigación realizada, para lo cual se busco apoyo y, en el mejor sentido de la palabra, apropiación y adquisición de conocimientos; a partir del juicio y trayectoria de expertos; quienes a través de su formación y; especialmente de sus experiencias y prácticas aportaron información relevante para la consolidación de la propuesta educativa centrada en educación virtual inmersiva, como un proceso innovador en la entidad; que a su vez permite ir abandonando la lógica de un modelo transmisionista centrado en el ensayo y error; lo que presenta y genera algunas limitantes como la poca interacción de los participantes, riesgos eléctricos, mínima evaluación, procedimientos no estandarizados, costos de la formación y cupos limitados de asistentes.

En tal sentido, innovar en los procesos de cualificación, perfeccionamiento y entrenamiento de los trabajadores que ejecutan tareas de alto riesgo en las actividades propias de la CHEC se convirtió una de las necesidades y apoyo a la necesidad de realizar el proyecto. Es por ello que, a partir de reconocer las necesidades y descubrir las posibilidades de apostar por procesos formativos mediados por la tecnología; se apostó por el uso y

apropiación de las tecnologías emergentes como la realidad virtual inmersiva, la cual reviste una innovación en los procesos de entrenamiento para el sector eléctrico colombiano incluso a nivel latinoamericano.

De esta forma, mediante esta propuesta se pretende generar nuevo conocimiento diseñando y validando un modelo de aprendizaje de la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos, mediados por ambientes de realidad virtual inmersiva, que dé respuesta a las necesidades de aprendizaje particulares de la población a impactar, los linieros, responsables de la operación y mantenimiento de las redes de distribución de energía eléctrica.

Así mismo, se desarrollan nuevos ambientes de realidad virtual inmersiva en redes aéreas (trabajos en tensión y técnica-contacto) y en la operación de herramientas (brazo grúa y carro canasta), facilitando el desarrollo de capacidades en ambientes controlados de aprendizaje, en los cuales se simulan las maniobras operativas que resultan más críticas en la gestión del negocio de distribución de energía, con procedimientos estandarizados, además, teniendo en cuenta el diagnóstico y retroalimentación que entrega el software para que el liniero fortalezca los conceptos y metodologías referentes al tema de estudio. Es importante resaltar que resulta crítico integrar de forma eficiente el trabajo interdisciplinario de los participantes de las diferentes áreas: expertos en pedagogía, ingenieros de software, diseñadores e ingenieros y operarios del sector eléctrico.

Este libro se desarrolla teniendo en cuenta que la literatura científica sobre este tema se encuentra fragmentada y desconectada, lo que dificulta la construcción de conceptos teóricos, sin embargo, en el primer capítulo se realiza una revisión de este tema explicando la evolución tecnológica y aproximación conceptual de la realidad virtual inmersiva, su clasificación, arquitectura, características principales y las perspectivas actuales. En el capítulo II se presentan las principales perspectivas de aprendizaje y acercamiento al Aprendizaje Basado en Problemas, ABP y su relación con la RVI y los criterios para la selección de contenidos. En el Capítulo III: Los

Linieros, se analizan los hitos relacionados con la formación de linieros, los factores de impacto en la administración del activo eléctrico, evaluación de la competencia del personal que realiza trabajos en tensión, formación de linieros, de la protección y la salud en el trabajo y el profesiograma.

En la segunda parte, sobre el referente metodológico y teniendo en cuenta las características del estudio, este se enmarca en un diseño mixto, con un enfoque hermenéutico. A su vez, se han retomado los lineamientos generales de la investigación evaluativa desde lo descriptivo y lo comprensivo con la intención de saber las causas y así realizar ajustes en el desarrollo e implementación del ambiente de realidad virtual inmersiva. Los métodos que se emplearon son el exploratorio y estudio de caso, permitiendo obtener resultados en las fases preformativa, formativa y sumativa.

Por último, se presentan las conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro, así como los resultados que mostraron tres enfoques: aplicación en educación, empresas del sector eléctrico y propuesta de diseño metodológico para el desarrollo de realidad virtual inmersiva. La realidad virtual es una herramienta que permite hacer el seguimiento y formación a los empleados, disminuyendo los costos y riesgos de algunas actividades y permite así, la gestión del conocimiento.

Por todo lo anterior, se plantea en esta investigación el objetivo de comprender y definir las necesidades de formación de los linieros a partir de un modelo de realidad virtual inmersiva(RVI), para el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) de la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos en redes subterráneas y aéreas para trabajos con tensión en CHEC.

Primera parte  
Referente teórico



## CAPÍTULO 1.

# Realidad virtual inmersiva

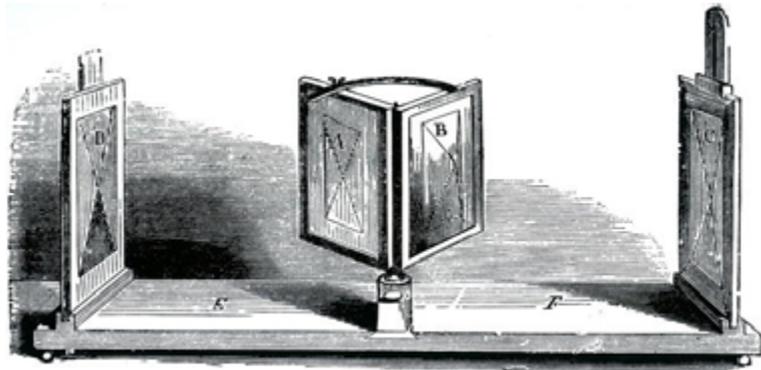
### **Evolución tecnológica: principales momentos**

Para empezar, es importante mencionar las diferentes señales visuales que el cerebro utiliza para la percepción del 3D, como tamaño de la imagen sobre la retina para calcular la distancia a la que estamos de un objeto, la perspectiva o puntos de fuga, la superposición y tamaño de objetos conocidos y, por último, la *estereopsis* (de los conceptos griegos *stereo* y *opsis*: visión sólida), que es la capacidad del cerebro para generar una visión tridimensional, a partir de la apreciación en cada ojo de dos imágenes ligeramente diferentes, un fenómeno que nos permite calcular el volumen, distancia y profundidad de los objetos (Epelbaum, 2010). El 3D no es una moda nueva. La posibilidad de atrapar al usuario con la ilusión de “realidad paralela” o realidad virtual, se presenta hoy impulsada por el cine y los nuevos artefactos de interacción, casi doscientos años después de ser presentada por primera vez. A continuación, se destacan algunas fechas importantes de su evolución:

Euclides (300 a. C.), matemático y geómetra, en su *Tratado de óptica* explicó cómo captamos la profundidad gracias a que el cerebro fusiona en una imagen lo que vemos a través de los ojos; posteriormente, el médico

Galeno de Pérgamo, en el siglo II adoptó el tratado de Euclides para describir la binocularidad y cómo cada ojo ve una imagen distinta para luego combinarlas en una impresión visual unificada. Alhazen (1000) asoció la sensación de profundidad con la convergencia binocular, como Kepler en 1611 y Descartes en 1637.

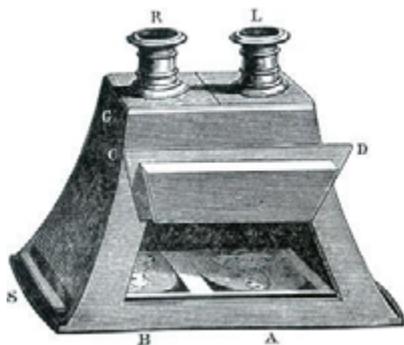
En el Renacimiento Leonardo Da Vinci codificó los puntos de profundidad monocular, entre ellos las reglas de la perspectiva rectilínea que le permitió tener una pintura más realista (Epelbaum, 2010). Pero, de acuerdo con Macedo (2009), es hasta 1840 que Charles Wheatstone, matemático, físico e ingeniero británico, se destacó durante la época victoriana por sus aportes a la criptografía, electricidad e invención del telégrafo. Fue galardonado con la Medalla Real de la Royal Society por su explicación de la visión binocular, además de presentar el estereoscopio; un aparato para poder ver imágenes tridimensionales que constaba de grandes espejos que reflejaban dos imágenes, creando ilusión de profundidad. Su uso estaba orientado básicamente al ámbito académico, pero no tuvo éxito comercial dada su complejidad, pues solo cumplía su objetivo si se observaba desde una posición concreta (ver Ilustración 1).



**Ilustración 1:** estereoscopio de Sir Charles Wheatstone

Fuente: Epelbaum (2010)

Posteriormente, en 1845, David Brewster, científico, naturalista, inventor y escritor escocés, quien realizó investigaciones en el campo de la óptica e inventó el caleidoscopio, perfecciona el estereoscopio, reemplazando los espejos por unos lentes correctivos que permitían al usuario enfocar imágenes cercanas, dando una apariencia más adecuada y portable, lo que permitió que la compañía francesa Dubosq & Soleil hiciera su producción en serie (ver Ilustración 2).



**Ilustración 2:** estereoscopio lenticular de Brewster

Fuente: Epelbaum (2010).

En la exposición de 1851 que se realizó en el Crystal Palace de Londres, Brewster aprovecha el interés de la reina Victoria de Inglaterra por la fotografía estereoscópica, le regala un estereoscopio, algo que popularizó su uso, iniciando así el marketing del 3D. En los siguientes 5 años se vendieron alrededor de 500.000 estereoscopios en Inglaterra y el continente americano (ver Ilustración 3).

La primera fotografía estereoscópica se logró con una sola cámara, moviéndola 6 cm (distancia interocular o interpupilar) entre una foto y otra. Es entonces cuando se generaliza la comercialización de imágenes en blanco y negro de diferentes empresas como la London Stereoscopic Company, que ofrecía la posibilidad de recorrer el mundo a través de imágenes sin salir de casa. Surgió un nuevo entretenimiento y también un instrumento

pedagógico, las personas se reunían en sus casas y escuelas para observar estos estereogramas que presentaban temas como geografía, zoología, astronomía, costumbres o historia natural que permitían disfrutar de una experiencia casi real. Las primeras fotografías estereoscópicas que se fabricaron eran impresas en cobre y vidrio, pero tiempo después se abarató su coste al usar una base de cartón, su tamaño era de 18 centímetros de largo por 9 de ancho e incluso se fabricaron de forma curvada, dado que el fotógrafo Benjamin West Kilburn demostró que una ligera torsión podía aumentar el efecto de profundidad (Macedo, 2009).



**Ilustración 3:** fotografía estereoscópica de la reina Victoria de Inglaterra

Fuente: Macedo (2009).

Epelbaum (2010) expone cómo en 1859, gracias al auge de esta tecnología, el poeta y médico norteamericano Oliver Wendell Holmes diseñó un estereoscopio con forma de gafas que estableció las bases para el desarrollo de los cascos o gafas de realidad virtual actuales o HMD (Head Mounted Display) (ver Ilustración 4). Además, fue uno de los principales impulsores de la creación de fondos y bibliotecas de fotografías tridimensionales. El aparato, fabricado y perfeccionado en Boston por Joseph L. Bates, evolucionó con