



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Optimizando el diseño instruccional mediante algoritmos genéticos

Erick Sebastián Cárdenas Benavides

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencia Económicas, Departamento de Administración
Bogotá, Colombia
2024

Optimizando el diseño instruccional mediante algoritmos genéticos

Erick Sebastián Cárdenas Benavides

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Administración

Directora:

Ph.D. Liliana Alejandra Chicaiza Becerra

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencia Económicas, Departamento de Administración
Bogotá, Colombia
2024

Resumen

Optimizando El Diseño Instruccional Mediante Algoritmos Genéticos

El entrenamiento de empleados es crucial, pero las dificultades en el diseño instruccional (DI) reducen su efectividad. Estas dificultades incluyen la falta de evidencia empírica, la dependencia en expertos y sesgos. El DI como problema de optimización busca maximizar el aprendizaje y minimizar costos. Los algoritmos genéticos pueden resolver este problema. El objetivo es crear un algoritmo genético que compita con expertos en diseño instruccional. Usando una metodología descriptiva comparativa, se evaluaron diseños de expertos y un algoritmo genético. Resultados muestran que el algoritmo crea entrenamientos 50.3% más económicos que expertos y diseños superiores en 97.8% de casos. Concluyendo, la implementación de algoritmos genéticos para diseños instruccionales no solo es factible, sino que ofrece beneficios significativos.

Palabras clave: Entrenamiento, optimización, algoritmo, diseño instruccional, genético.

Abstract

Optimizing Instructional Design through Genetic Algorithms

Employee training is crucial, but difficulties in instructional design can reduce its effectiveness. These problems include a lack of empirical evidence, dependence on experts, and biases. Instructional design as an optimization selection problem aims to maximize learning and minimize costs. Genetic algorithms can help solve this problem. The goal is to create a genetic algorithm that can compete with experts in instructional design. Using a comparative descriptive methodology, expert designs and the GTD algorithm were evaluated. 9 training cases were analyzed, evaluated by 5 experts and the algorithm. The results show that the algorithm creates training that is 50.3% more economical than experts and designs that are superior in 97.8% of cases. In conclusion, the implementation of genetic algorithms for instructional designs is not only feasible, but it also offers significant benefits.

Keywords: Training, optimization, algorithm, instructional design, genetic.

Contenido

	Pág.
Resumen	3
Abstract	4
Contenido	5
Lista de tablas	8
Introducción	1
1. ¿Qué es el entrenamiento de empleados?	4
2. El entrenamiento en las organizaciones	7
3. Cómo se ejecutan los programas de entrenamiento	10
3.1 Aproximaciones a la implementación de los programas de entrenamiento	10
3.2 Retos en el diseño de los programas de entrenamiento	13
3.3 El problema del criterio en el diseño instruccional	17
3.4 Una aproximación empírica al problema del criterio en el diseño instruccional	19
3.4.1 Los mejores métodos de entrenamiento	20
3.4.2 Opciones de entrenamiento existentes	21
3.4.3 Evidencia empírica sobre los métodos de entrenamiento	22
3.4.4 ¿Cómo escoger entre las diferentes opciones de entrenamiento?	23
4. Una nueva aproximación al diseño instruccional	25
4.1 Un problema no trivial	25
4.2 Resolviendo un problema de optimización	28
4.2.1 Diferentes aproximaciones para la resolución de problemas de optimización	28
4.2.2 Algoritmos genéticos	29
5. Propuesta de investigación	32
5.1 Problemática	32
5.2 Pregunta de investigación	32
5.3 Objetivo general	32
5.3.1 Objetivos específicos	33
5.3.1.1 Diseñar: Crear un Algoritmo Genético que encuentre la solución óptima para diseños instruccionales para el entrenamiento de empleados.	33
5.3.1.2 Prueba: Crear un conjunto de casos para determinar si el algoritmo propuesto cumple con su objetivo.	33
5.3.1.3 Contrastar: Comparar los resultados del algoritmo propuesto con los diseños establecidos por expertos en la materia.	33
5.3.1.4 Evaluar: Interpretar cómo y por qué los resultados del algoritmo difieren de los resultados de los expertos en la materia.	33

6. Metodología	34
6.1 Tipo de investigación	34
6.2 Participantes	34
6.3 Procedimiento e instrumentos	34
6.3.1 Diseño	34
6.3.2 Prueba	35
6.3.3 Casos para el contraste	35
6.3.4 Encuesta y reclutamiento de los expertos	36
6.3.5 Compilación y evaluación de los diseños	36
6.3.6 Contraste	37
6.4 Procesamiento de la información	37
6.4.1 Estadísticos descriptivos	37
6.4.2 Comparación de medias	37
6.4.3 Estimación del tamaño del efecto	38
6.5 Consideraciones éticas	38
7. Resultados	40
7.1 Diseño	40
7.1.1 Definición de requisitos	40
7.1.1.1 Inputs	40
7.1.1.2 Procesamiento de la información	41
7.1.1.3 Output	41
7.1.2 Diseño	42
7.1.3 Implementación	43
7.1.4 Pruebas	43
7.2 Prueba	43
7.3 Contraste	44
7.3.1 Caracterización de los expertos	44
7.3.1.1 Datos demográficos y experiencia relevante	44
7.3.1.2 Variación de los diseños entre condiciones	45
7.3.2 Pruebas de contraste	46
7.3.2.1 Criterios de calidad	46
7.3.2.2 Comparación de medias	47
7.3.2.3 Estimación del tamaño del efecto	49
7.4 Evaluación	50
8. Discusión	51
8.1 Implicaciones prácticas	51
8.2 Implicaciones teóricas	54
8.3 Otros enfoques	57
9. Conclusiones	59
9.1 Diseño, prueba y contraste	59

9.2 Utilidad	59
9.3 Limitaciones e investigaciones futuras	60
A. Anexo: Opciones de entrenamiento	61
B. Anexo: Casos evaluados	64
C. Anexo: Consentimiento informado	73
D. Anexo: Flujo de información del algoritmo	74
E. Anexo: Matriz de evidencia de impacto de aprendizaje de cada opción de entrenamiento	75
10. Bibliografía	77

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 7-1: Comparación de medias para la prueba del algoritmo.....	44
Tabla 7-2: Porcentaje de entrenamientos completos, en presupuesto y la eficiencia promedio por condición.....	45
Tabla 7-3: Eficiencia por caso - Test Comparación de Medias.....	46
Tabla 7-4: Porcentaje del cumplimiento de los criterios de calidad de los expertos y el algoritmo.....	47
Tabla 7-5: Eficiencia de los expertos y del algoritmo por cada caso.....	48
Tabla 7-6: Test de comparación de medias de la eficiencia entre el algoritmo y los expertos.....	49
Tabla 7-7: Estimación de la diferencia entre las eficiencias de los expertos y el algoritmo.....	49

Introducción

El entrenamiento es uno de los temas más críticos en la gestión personal (Salas, Tannenbaum, Kraiger, Smith-Jentsch 2012; Slavković & Slavković 2019). Las iniciativas, los recursos y el tiempo que las organizaciones invierten en programas de entrenamiento para sus empleados tienen un gran impacto en varios niveles dentro de la organización. Según Aguinis & Kraiger (2009), es posible observar al menos tres niveles de impacto: el individual (incluido el impacto a nivel de tareas), el organizacional e incluso el impacto en la sociedad. A nivel individual, existe evidencia significativa de cómo la cantidad y calidad del entrenamiento impactan en dimensiones como la satisfacción laboral (Marzec & Austen 2021), el clima organizacional (Chahar, Hatwa y Sen 2019) o el compromiso (Khushk, Zengtian, Amoah, Grace 2021). A nivel de tareas es posible observar cómo el entrenamiento tiene un impacto en la calidad del resultado del trabajo (Pohlman & Fletcher 2010), en el rendimiento del trabajo en equipo (Hayne, Smith & Vijaysarathy 2005) e incluso en la gestión del tiempo de los empleados (Green & Skinner 2005). A nivel organizacional existe una relación positiva entre el entrenamiento y el desempeño organizacional (Glaveli & Karassavidou 2011), mejoras financieras (Mabey & Ramírez 2005) y una relación negativa con la rotación de empleados (Jehanzeb, Abdul Hamid & Rasheed 2015). Finalmente, como beneficios para las sociedades, Aguinis & Kraiger (2009) indican que: "Además del crecimiento económico y otros resultados financieros relacionados, las actividades de entrenamiento tienen el potencial de producir beneficios como la inclusión del país en bloques económicos poderosos" (pp. 459).

El entrenamiento de los empleados es un elemento crucial para cualquier organización que desee tener éxito en un entorno empresarial altamente competitivo como el de hoy en día. En el contexto de la mejora de procesos, Chin (2000) argumenta que el entrenamiento es esencial para abordar los diversos factores humanos que entran en

juego durante las iniciativas de mejora. Además, según un informe de la Universidad de Twente, el entrenamiento de empleados es necesario para introducir nuevas tecnologías y procedimientos, que son fundamentales para las empresas que buscan mantenerse a la vanguardia en un mundo en constante evolución por la cuarta revolución industrial. El cumplimiento normativo es otra área crucial donde el entrenamiento puede marcar una gran diferencia, ya que diferentes industrias y sectores requieren estándares específicos de entrenamiento para empleados. Mariscal et al. (2019) informan que existe una relación negativa entre la calidad y cantidad de entrenamiento y el número y gravedad de los accidentes en varias industrias. Además, Al-Halal (2017) señala que las empresas pueden utilizar tecnologías de entrenamiento para construir una reserva de talento, lo que reduce los costos de adquisición de talento y garantiza que las organizaciones cuenten con las habilidades necesarias para los roles futuros. Finalmente, Castellanos & Martin (2011) encontraron que el entrenamiento tiene un impacto significativo en la estrategia organizacional, siendo fundamental que las empresas adopten diferentes enfoques de entrenamiento para lograr diferentes objetivos estratégicos. En resumen, el entrenamiento de empleados es crucial para la mejora de procesos, la introducción de nuevas tecnologías y procedimientos, el cumplimiento normativo, la prevención de accidentes, la adquisición de talento y la estrategia organizacional.

Este tema también es importante por sus dimensiones monetarias y sus costos. El tamaño del negocio del entrenamiento de empleados es difícil de estimar con precisión, ya que incluye una amplia gama de proveedores y métodos de entrega, tanto virtual como presencialmente. Sin embargo, se estima que el mercado global de entrenamiento corporativo tenía un valor de alrededor de 126 mil millones de dólares en 2016 con expectativas de continuo crecimiento. (Rodríguez & Walters 2017)

Respecto a cuánto gastan las empresas en entrenar a sus empleados, la cantidad exacta puede variar ampliamente según el tamaño de la organización, la industria y las necesidades de entrenamiento específicas. Sin embargo, según Rodríguez & Walters (2017), las organizaciones en Estados Unidos gastaron un promedio de \$1,252 dólares por empleado en entrenamiento y desarrollo. Esta cifra varía según la industria, siendo

algunas como la de la salud y las finanzas, las que suelen gastar más en entrenamiento debido a la naturaleza del trabajo y los requisitos normativos. En general, el entrenamiento de los empleados es una inversión significativa para las empresas, pero puede tener un retorno importante en términos de mejora de la productividad, retención de empleados y éxito organizacional general.

De esto se puede concluir que el entrenamiento de los empleados es un proceso muy importante en las organizaciones. Y para seguir explorando es importante responder: ¿qué se entiende por el entrenamiento de empleados?.

1. ¿Qué es el entrenamiento de empleados?

Por las dimensiones de su costo y por el impacto en las organizaciones, podemos deducir que el entrenamiento es muy importante, en este sentido, es significativo comprender qué es. Sin embargo, simplemente elegir y adoptar una definición de entrenamiento de los empleados no es una opción. Al menos ya desde la década de 1940, ha habido importantes debates académicos y prácticos sobre este concepto. Como muestran Somasundaram & Egan (2004) históricamente ha habido al menos tres enfoques académicos para definir entrenamiento. El primero establece que es una práctica científica que tiene una definición universal y sostiene que dicha definición debería estar en un marco teórico que permita mejorar la teoría y las prácticas con el tiempo. El segundo enfoque analiza el entrenamiento como una práctica contextual y cultural que varía en gran medida de una cultura a otra, y afirma que crear una definición universal no es un ejercicio práctico. En este sentido, se propone un uso contextual del concepto de manera teórica y empírica. El tercer enfoque propone que cualquier definición del entrenamiento simplemente reduce las posibilidades y oportunidades para los profesionales y aboga por un enfoque más pragmático para comprender el término.

Esta investigación se enmarca en la segunda corriente: es importante reconocer que el entrenamiento de los empleados obedece a múltiples factores y se lleva a cabo en un contexto. Sin embargo, una buena definición es útil para comunicar resultados empíricos y teóricos y permitir su replicación. Tras revisar la literatura, está claro que la mayoría de las definiciones son funcionales. No obstante, para comprender una práctica compleja como el entrenamiento también se requiere una definición estructural y operativa.

Desde un punto de vista funcional es posible definir el entrenamiento como: "...una función dentro de la gestión de Recursos Humanos utilizada para cubrir las brechas entre el desempeño actual y el esperado" (Elnaga & Imran, 2013; Nassazi, 2013). Según Business Dictionary (entrenamiento, s.f.), el entrenamiento es una "actividad organizada destinada a impartir información y/o instrucciones para mejorar el desempeño del receptor o ayudarlo a alcanzar un nivel requerido de conocimiento o habilidad" (en

Rodríguez & Walters, 2017, pp. 207). Desde una perspectiva estructural toda iniciativa de entrenamiento tiene tres componentes necesarios y dos componentes complementarios. Los componentes necesarios son: 1) El objetivo de aprendizaje, que son los factores emocionales, conductuales o cognitivos en los que se interviene en el empleado, 2) un marco de tiempo, que es la cantidad de tiempo en la que se debe lograr el objetivo de aprendizaje y, 3) los recursos, que son los contenidos y métodos de entrega utilizados para alcanzar el objetivo de aprendizaje. Los componentes opcionales son: 1) Un marco pedagógico, que es el proceso asumido que explica cómo aprenden los empleados, y 2) un indicador de eficacia, que es una medida de cuánto logra el empleado el objetivo de aprendizaje. Finalmente, desde una perspectiva operativa, el entrenamiento puede definirse mediante tres procedimientos: 1) La evaluación de las necesidades de entrenamiento, que es la forma en que se define qué debe entrenarse en el empleado, 2) el diseño instruccional, que es la concepción de las actividades y el contenido del entrenamiento utilizado, y 3) la ejecución del entrenamiento, que es el desarrollo de actividades de entrenamiento con los empleados. Estos procedimientos pueden ejecutarse de manera explícita o implícita, pero siempre estarán presentes (Campbell & Kuncel, 2002). Es posible agregar el procedimiento de evaluación de eficacia, pero desafortunadamente, esto no se ejecuta la mayoría de las veces o se realiza de manera deficiente. La falta de calidad en este procedimiento es la razón por la que las organizaciones no pueden crear programas de entrenamiento rentables.

Un enfoque final para definir entrenamiento es describir las características que comparten diferentes definiciones. Milhem, Abushamsieh & Pérez (2014), con el fin de realizar una revisión bibliográfica presentan varias de ellas. Una de esas definiciones presentadas es la propuesta por Beardwell & Holden (2001):

.... training is a planned process that is used to change attitudes, knowledge, skills, and behavior through the learning experience in order to achieve effective performance in a specific activity or range of activities. Its purpose, in the work context, is to develop the abilities of individuals and to satisfy the current and future needs of the organization. (p.

13)

Todas las definiciones recopiladas para Milhem, Abushamsieh y Pérez (2014) comparten el contenido y la estructura de la definición de Beardwell y Holden (2001):

1. Objetivo final: El objetivo final del entrenamiento es mejorar el desempeño de los empleados en sus roles.
2. Proceso intencional: El entrenamiento es un proceso planificado, en términos de cómo se lleva a cabo y los resultados esperados.
3. Orientado a metas: El entrenamiento debe tener un impacto en las actitudes, conocimientos, habilidades y comportamientos relacionados con el trabajo.
4. Coherencia organizativa: El entrenamiento debe estar diseñado para atender las necesidades de la organización en cuanto a las habilidades que los trabajadores requieren para alcanzar los objetivos de sus roles.

Además, después de analizar treinta y cinco definiciones distintas, Somasundaram & Egan (2004) han descubierto que la mayoría de las definiciones tienen un área de enfoque. Aquí, un área de enfoque se entiende como aquello en lo que el entrenamiento debería provocar: un cambio en los empleados. A partir de las definiciones analizadas, la mayoría se ubica en al menos uno de estos enfoques: 1) conocimiento, como algo adquirido a través de la formación y que sirve a los procesos cognitivos que dictan cómo se realiza el trabajo; 2) la habilidad como una capacidad de desempeño que determina la cantidad de capacidad que los trabajadores tienen para ejecutar sus tareas; 3) rendimiento, la formación se centra en los resultados finales más que en el proceso subyacente que los define.

Aunque la aproximación teórica para entender qué es el entrenamiento, desde sus definiciones y aproximaciones conceptuales, es muy importante y útil si se quiere entender aún mejor, explorar cómo se da este en las organizaciones.

2.El entrenamiento en las organizaciones

Como se mencionó en la sección anterior, el entrenamiento es una práctica contextual, esto significa que las características de la organización influyen en cómo se realiza. En la literatura académica y profesional es posible observar dos características críticas de la organización, que impactan los programas de entrenamiento: la industria y el tamaño de la organización.

Según la International Standard Industrial Classification of All Economic Activities, editada por las Naciones Unidas (2008), la industria es un grupo de actividades económicas que, en términos generales, también están relacionadas con los productos o servicios creados en dichas actividades. Esto es relevante porque la industria afecta el diseño del entrenamiento de los empleados a través de dos factores principales: el tipo de trabajo involucrado y la demografía de la industria. El tipo de trabajo involucrado se refiere a las acciones y actividades que los empleados realizan en la creación del producto o servicio. Esto se puede observar en datos informados por Ridoutt, Hummel, Dutneall, & Smith (2002), quienes, después de comparar las prácticas de entrenamiento de los empleados en tres industrias diferentes, concluyen que "Los modelos de desarrollo de habilidades y el apoyo del empleador para el entrenamiento varían, no solo entre industrias sino también entre empresas, aunque existen algunas prácticas de entrenamiento comunes dentro de las industrias" (p. 27). Esta afirmación está respaldada por los datos presentados por Tracey et al. (2014).

También, como se muestra en Ridoutt, Hummel, Dutneall, & Smith (2002), la demografía de la industria incluye el número de trabajadores activos en esa industria, el grado de cualificación (educación formal) y los rangos de edad de los empleados. Este factor es relevante porque la demografía de la industria define en parte cómo deben entrenar a los empleados. Según los datos reportados por Vogtenhuber (2015), se puede concluir que el grado de cualificación tiene un impacto en la eficacia de los programas de entrenamiento. Y, como muestra Bausch, Michel, & Sonntag (2014), los rangos de edad

también influyen en cómo reaccionan los empleados a diferentes opciones de entrenamiento.

La relevancia e impacto de la industria en el entrenamiento de empleados son evidentes debido a la cantidad de investigaciones realizadas sobre este tema. Es posible encontrar una caracterización de los programas de entrenamiento por cada industria: servicios financieros (Bushman, Fretwell, Byrd, & Cumbest 1994), medios impresos (Quarney 2012), tecnología (Agarwal, Pande, & Ahuja 2015), construcción (Misra & Mohanty 2020), hospitales (Waqanimaravu & Arasanmi 2020) y hoteles (Chiang, Back & Canter 2005).

Como se mencionó anteriormente, el tamaño de la empresa es otra característica de la organización que afecta a los programas de entrenamiento. Existen investigaciones sobre este tema y, en general, se ha encontrado que cuanto más pequeña es la empresa, menos relevancia se otorga a dichos programas. Por ejemplo, Vásquez-Torres (2017) muestra que: "...en comparación con las pequeñas empresas, las empresas medianas dan mayor importancia o valor a todos los elementos que constituyen el entrenamiento". En su investigación, las pequeñas empresas valoran el entrenamiento de los empleados un 20% menos que las empresas medianas (p. 155). Esta observación es respaldada por otros estudios (Holtman & Idson 1991) e incluso se explica en términos de los recursos monetarios disponibles que suelen ser mayores en las empresas más grandes (Black, Noel y Wang, 1999).

Siguiendo estas ideas y la evidencia empírica de investigaciones pasadas, es posible afirmar que los estudios sobre entrenamiento son en cierta medida extensibles a todas las organizaciones, ya que es posible encontrar las condiciones necesarias para diseñar e implementar algún tipo de programa de entrenamiento en prácticamente todas las organizaciones.

El hecho de que se brinden programas de entrenamiento en casi todas las organizaciones y se evidencie su impacto en las mismas, lleva a la pregunta ¿qué tan

efectivos son estos programas de entrenamiento? Para esta pregunta existe ya una respuesta. Desde un punto de vista académico la respuesta es satisfactoria ya que se puede establecer con un buen grado de certeza que los programas de entrenamiento no son tan efectivos. Por ejemplo, en un meta-análisis realizado por Uslu, Marcus & Kisbu-Sakarya (2022), se mostro que el tamaño del efecto (cohen's d) de los entrenamientos ronda el 0.36. Lo que significa que el impacto de los entrenamiento es medio tendiendo a bajo. Esto sin considerar que suelen haber sesgos de publicación positiva (mostrar resultados esperados) y que los programas que cuentan con estudios rigurosos son la excepción y no la norma. Pero esto no es de extrañar, en tanto proceso el entrenamiento es complejo y multivariado. Lo que significa que hay una gran cantidad de variables que no están en las manos de quienes ejecutan los entrenamientos lo que reduce su efectividad. Desde el punto de vista de la práctica esta respuesta no es nada satisfactoria. Al respecto, Daniels (2003) afirma que "El entrenamiento de los empleados representa un gasto significativo para la mayoría de las organizaciones, sin embargo, para la mayoría de ellas no logra obtener los mejores resultados posibles" (p. 39). Cabe entonces la pregunta ¿qué sucede en las organizaciones para que los programas de entrenamiento no sean efectivos?

3. Cómo se ejecutan los programas de entrenamiento

En esta sección se expondrán algunas metodologías usadas en las organizaciones para implementar programas de entrenamiento, se señalarán los pasos más recurrentes en estas metodologías y se describirán algunos retos en cada uno de estos pasos. Se hará énfasis en el diseño instruccional y en el problema del criterio ya que este paso es independiente del contexto en el que se da el entrenamiento. Finalmente, se expondrá cómo este problema puede ser resuelto.

Como se mencionó en la sección anterior, el entrenamiento es una práctica presente en casi todas las organizaciones, desde pequeñas empresas hasta grandes compañías, y presente en todos los sectores económicos. Esto también significa que existe una voluntad en la mayoría de las organizaciones de invertir tiempo y recursos en la implementación de estos programas. Y esta intención se refleja en los pasos que la organización toma para implementar estos programas. Esto implica que debería haber patrones y esquemas compartidos por las organizaciones en dicha implementación. Es posible encontrar estos patrones en la literatura académica y en la investigación empírica. Esta sección presenta una muestra de enfoques de ejecución de programas de entrenamiento, un ejercicio relevante para el objetivo de esta investigación, ya que ayuda a definir las posibles oportunidades de mejora que existen en el proceso de entrenamiento de los empleados.

3.1 Aproximaciones a la implementación de los programas de entrenamiento

Existen múltiples aproximaciones a la implementación de los programas de entrenamiento, estos pueden variar de industria a industria e incluso de compañía a compañía. Sin embargo, se puede afirmar que esta variabilidad es pequeña ya que lo que se encuentra en los principales cuerpos teóricos y evidencia empírica, es que hay

recurrencia de algunos pasos en la concepción e implementación de los programas de entrenamiento.

En la edición de 2001 del Handbook of Industrial, Work & Organizational Psychology editado por la American Psychology Association (APA), Campbell & Kuncel (2001) mencionan cuatro pasos en el entrenamiento de empleados: 1) Determinar las necesidades de entrenamiento, 2) Especificar los objetivos de entrenamiento, 3) Especificar el contenido del entrenamiento y 4) Especificar los métodos instructivos y los medios de entrenamiento. En contraste, en la versión de 2011 del mismo Handbook, Brown & Sitzmann (2011), caracterizan el diseño de entrenamientos en dos fases compuestas por acciones: la primera fase es la evaluación de necesidades, compuesta por el análisis de la organización, análisis de tareas, análisis de personas y objetivos de entrenamiento. La segunda fase es el diseño de entrenamiento compuesto por métodos instructivos, medios de entrenamiento y entrega por parte del instructor.

En el libro Instructional Design for Action, Geri McArdle (2010) adopta un enfoque más orientado a los negocios, y define 5 etapas en el proceso de diseño de entrenamientos con una sexta utilizada para controlar la calidad del diseño. Las primeras 5 etapas incluyen la justificación empresarial, el análisis, el diseño, el desarrollo e implementación. En la sexta etapa de evaluación, McArdle (2010) propone evaluar el entrenamiento en términos del retorno de inversión esperado.

En el libro Human Resource Management, John Barneson (2020) describe un marco de diez pasos para diseñar un programa de entrenamiento de empleados que incluye: la evaluación de necesidades y objetivos de aprendizaje, la consideración de estilos de aprendizaje, el modo de entrega, el presupuesto, el estilo de entrega, la audiencia, el contenido, plazos, la comunicación y medición de la efectividad del entrenamiento.

Estos enfoques para el diseño e implementación de entrenamientos son ampliamente conocidos y utilizados, y han sido investigados para probarlos. En este sentido, Lacerenza, Reyes, Marlow, Joseph y Salas (2017), después de llevar a cabo un metaanálisis sobre la efectividad de los programas de entrenamiento en liderazgo, muestran que desarrollar un análisis de necesidades impacta la calidad del entrenamiento, y describen cómo factores como el tiempo entre sesiones, la integración de un maestro, el método de entrega y el contenido seleccionado impactan la calidad del entrenamiento. Estos resultados son relevantes ya que permiten confirmar cómo el proceso de diseño tiene un gran impacto en el resultado final de este. Pero la investigación no se limita a probar estos enfoques, sino también a mejorarlos. Chang (2011) señala la necesidad de integrar, en la etapa de diseño, a los usuarios finales del entrenamiento, utilizando un enfoque de investigación basado en el diseño. Este diseño integra 6 etapas como la evaluación de necesidades, el diseño, el desarrollo, la implementación, el rediseño y el lanzamiento del producto. El autor argumenta que este enfoque de diseño es mejor ya que la aportación del usuario final y la naturaleza iterativa del proceso permiten solucionar o mejorar problemas en el diseño final.

Esta revisión respalda y es coherente con la definición operativa de entrenamiento presentada en la sección dos. Como se establece en dicha sección, este puede entenderse desde un punto de vista operativo. Comprender el entrenamiento de los empleados desde este punto significa enumerar y describir en orden secuencial los pasos que se deben seguir para crear un entrenamiento. En esa sección se describieron los siguientes pasos: 1) La evaluación de las necesidades del entrenamiento, que es la forma en que se define qué se debe entrenar en los empleados. 2) El diseño instruccional, que es la concepción de las actividades de entrenamiento y el contenido utilizado. 3) La ejecución del entrenamiento, que es el desarrollo de las actividades de entrenamiento con los empleados. También se estableció que estos procedimientos pueden llevarse a cabo de manera explícita o implícita, pero siempre estarán presentes (Campbell & Kuncel 2011). Es posible agregar el procedimiento de evaluación de eficacia, pero desafortunadamente esto no se hace la mayor parte del tiempo o se hace de manera deficiente.

En resumen, aunque hay muchas metodologías y aproximaciones al diseño de entrenamientos se pueden encontrar tres pasos comunes: 1) La evaluación de las necesidades de entrenamiento 2) El diseño instruccional 3) La ejecución del entrenamiento. La sección 3.2 expone los principales retos en cada uno de estos pasos.

3.2 Retos en el diseño de los programas de entrenamiento

Retomando la afirmación y evidencia presentada al final de la sección 2: "El entrenamiento de los empleados representa un gasto significativo para la mayoría de las organizaciones, sin embargo, la mayoría de ellas no logra obtener los mejores resultados posibles" (Daniel 2003 p. 39) y siguiendo la idea de la sección 4.1, existen tres pasos recurrentes en la creación de entrenamientos (1. La evaluación de necesidades, 2. El diseño instruccional, 3. La ejecución), es posible deducir que muy probablemente la causa de la poca efectividad de los programas de entrenamiento resida en estos pasos que se dan en su creación.

Al comprender las prácticas más comunes en el diseño y la implementación será posible identificar las fallas y proponer acciones correctivas. Para hacer esto, será necesario presentar diferentes enfoques utilizados en su diseño y analizar sus características.

Como se presentó en la sección anterior, existen diferentes enfoques para el diseño de entrenamientos, y comparten los siguientes pasos: 1) La evaluación de necesidades, 2) El diseño instruccional y 3) La entrega del entrenamiento. La definición de estos pasos como los principales en el proceso de diseño de entrenamiento está respaldada por los datos presentados por el Grupo de Investigación en Desarrollo de Talento (Miller. Ed) en 2015, en los cuales profesionales y expertos están de acuerdo en que un proceso de

diseño de entrenamiento debería incluir 1) Diseño de material(es) instructivo(s) (80%), 2) Diseño de un currículo, programa o solución de aprendizaje (80%) y 3) La evaluación de necesidades (78%).

Con relación a la evaluación de necesidades, los problemas se definen principalmente por cómo llevarla a cabo y la calidad de los datos recopilados. Gupta (2001) afirma que: "La mayoría de los expertos están de acuerdo en que el aprendizaje humano, el entrenamiento y las iniciativas de mejora del rendimiento deben comenzar con una evaluación de necesidades" (p. 13). Este acuerdo existe porque una buena definición de las áreas que deben ser entrenadas conduce a un mejor diseño del entrenamiento. Campbell & Kuncel (2001) definen la evaluación de necesidades de entrenamiento como una reflexión de "las deficiencias actuales o previstas en los determinantes del rendimiento que pueden remediarse, al menos en parte, mediante una intervención de entrenamiento" (p. 282). Brown & Sitzmann (2011) complementan esta afirmación señalando que "La evaluación de necesidades de entrenamiento es un proceso utilizado para determinar dónde y cuándo una organización debe asignar recursos para el entrenamiento" (p. 477). Gupta (2007) define cuatro desafíos principales para realizar una buena evaluación de necesidades de entrenamiento: 1) Definir el problema esperado que se resolverá con la evaluación de necesidades de entrenamiento. 2) Definir de forma clara la brecha entre los comportamientos esperados y reales de los empleados. 3) Definir el marco de tiempo en el cual se debe ejecutar la intervención y mostrar resultados. 4) Debe haber un diagnóstico adecuado del problema antes de considerar una evaluación de necesidades de entrenamiento. Esto está respaldado por resultados empíricos. Othayman, Mulyata, Meshari y Debrah (2022) informan datos adquiridos en el sector educativo que muestran que, después de las decisiones de gestión, el principal problema con la evaluación de necesidades de entrenamiento es la recopilación de datos precisos que describan las necesidades del entrenamiento.

En cuanto al diseño instruccional, los problemas se centran especialmente en los recursos disponibles para los profesionales y las prácticas inadecuadas basadas en la falta de una educación idónea de dichos profesionales y practicantes. Según Campbell &

Kuncel (2001), el diseño instruccional se define como "el conjunto de métodos instruccionales que deben utilizarse para enseñar o promover el dominio del contenido. Utilizamos el término 'métodos instruccionales' para referirnos a los métodos de enseñanza genéricos o eventos de aprendizaje que un entrenador potencialmente tiene a su disposición" (p. 286). De manera similar, Brown & Sitzmann (2011) utilizan esta definición: "El diseño del entrenamiento se refiere al proceso de planificar eventos para facilitar el aprendizaje (Gagné, Briggs & Wager, 1992)". Estos enfoques conceptuales están respaldados por la investigación, cuando los profesionales y practicantes enumeran 1) la identificación de enfoques de aprendizaje apropiados, 2) el diseño de material(es) instructivo(s) y 3) el diseño de un plan de estudios, programa o solución de aprendizaje, como las tres acciones más importantes y frecuentes en el proceso del diseño instruccional (Miller. Ed 2015).

La investigación empírica sobre los desafíos en el diseño instruccional es amplia en contenido y enfoques. Por ejemplo, en el informe "Habilidades, desafíos y tendencias en el diseño instruccional", el Grupo de Investigación de ATD (Miller Ed. 2015) descubrió que los profesionales y practicantes enfrentan problemas con mayor frecuencia relacionados con 1) el tiempo para diseñar, 2) la falta de evaluación de entrenamientos anteriores y 3) un presupuesto insuficiente en la fase de diseño instruccional. Esto significa que existen desafíos ejecutivos en el diseño instruccional. Sin embargo, la investigación empírica también ha demostrado cómo los diseñadores instruccionales apoyan su ejercicio en herramientas cognitivas importantes que son muy valiosas en la práctica diaria y en un contexto determinado, pero que no son demasiado sistematizables (Dicks y Ives, 2008). Además, los practicantes tienden a utilizar un marco particular para abordar el diseño instruccional en lugar de un enfoque empírico basado en evidencia científica (Boling et al., 2017). En otras palabras, los practicantes y profesionales en diseño instruccional se han adaptado a la práctica diaria, lo cual es bueno porque les permite ser efectivos en sus tareas, pero también evidencia la falta de estandarización en el proceso. Esto es coherente con el contexto de investigación presentado por Reed Lechner (2015), quien señala y presenta investigaciones empíricas sobre la falta o inexistencia de buenas prácticas educativas en el diseño instruccional.

Investigaciones sobre buenas prácticas también han sido encontradas, Wilson et al (2024) muestran como el entrenamiento en técnicas de diseño instruccional ayudan a mejorar la calidad percibida y la calidad final de los diseños instruccionales. Zhu, Zhu & Yua (2024) también presentan resultados que muestran como considerar el feedback de los estudiantes sobre las prácticas pedagógicas tiene un impacto positivo sobre el compromiso de los estudiantes y los resultados de aprendizaje. Otras investigaciones discuten la aplicabilidad de la implementación de prácticas del diseño instruccional en contextos de aprendizaje asistidos por inteligencias artificiales (Weng & Chiu, 2023)

Con relación a la entrega de entrenamiento, el principal problema es la calidad de la ejecución. La ejecución del entrenamiento se define en cómo llevar a cabo las acciones de aprendizaje definidas en el diseño del entrenamiento. Brown & Sitzmann (2011) recuerdan que "La efectividad del entrenamiento puede verse influenciada por la forma en que los instructores entregan el material, así como por la efectividad de los métodos instructivos" (p. 483). Y en este sentido, Campbell & Kuncel (2001) indican que:

...the effectiveness of the training is defined by (a) provide appropriate goals for the learner (trainer-generated, self-generated, or cooperatively determined), (b) provide appropriate guidance for goal accomplishment, (c) provide the opportunity for appropriate kinds of practice, (d) provide the appropriate types of feedback, and (e) keep the learner motivated and interested. (p. 288)

Como se puede apreciar, estas cuatro acciones deben llevarse a cabo en el momento del entrenamiento, ya que son acciones que involucran al empleado como aprendiz y a las actividades.

Con esta evidencia es posible observar que la evaluación de necesidades y la entrega de entrenamiento son problemas de disponibilidad de talento. En el caso de la evaluación de necesidades es importante encontrar expertos que puedan conceptualizar y definir el

problema. Y en la ejecución del entrenamiento, el problema radica en encontrar expertos que puedan poner a disposición de manera adecuada los entrenamientos para los empleados. Sin embargo, para el diseño instruccional, el problema es estructural porque está relacionado con los criterios utilizados para definir cómo deberían darse las actividades de aprendizaje. Como se verá este problema, aunque parezca, no necesariamente debe estar relacionado con la disponibilidad de talento. En otras palabras, los problemas en el diseño instruccional se pueden solucionar estableciendo criterios sistemáticos y objetivos para seleccionar las mejores opciones de entrenamiento. Y como se mostrará, incluso los problemas relacionados con la especificidad del caso, por ejemplo, el presupuesto, pueden resolverse eligiendo los criterios adecuados. Esto significa que resolver el problema de los criterios para el diseño instruccional puede ayudar a los profesionales y practicantes sin restringirse por las características contextuales que puedan definir el diseño instruccional.

3.3 El problema del criterio en el diseño instruccional

Como se mencionó en la sección anterior, el diseño instruccional es el proceso mediante el cual se definen cómo se dan las actividades de aprendizaje. A partir de esto, es posible deducir que el diseño instruccional es una tarea exigente, ya que debe tener en cuenta una gran cantidad de factores y dimensiones. Esta deducción se apoya en la cantidad significativa de evidencia sobre el número y la complejidad de los factores que deben considerarse durante el proceso de diseño instruccional para crear el mejor entrenamiento posible. Por ejemplo, la experiencia, el conocimiento laboral o la edad se encuentran en la dimensión del empleado. La metodología, los materiales y el número de sesiones forman parte de la dimensión de entrenamiento. Los objetivos de aprendizaje, los plazos de tiempo o los presupuestos son parte de la dimensión contextual. Y existe evidencia significativa que respalda cómo estas dimensiones afectan los resultados de los entrenamientos. Por ejemplo, la apertura de los empleados hacia los métodos de aprendizaje es una variable muy importante. Tsai, Rendon y Cornell (2001) demuestran que dos empresas reaccionaron de manera diferente a un diseño de entrenamiento similar. Además, Tai (2016) muestra que la motivación y la autoeficacia en los empleados

afectan el resultado final de los entrenamientos. En cuanto al diseño del entrenamiento en sí mismo, en términos de la estructura y entrega, investigaciones como las de EL Hajjar & Alkhanaizi (2018) demuestran que el contenido del entrenamiento, el estilo de presentación, el horario, las instalaciones, los materiales, y el entorno son características internas que tienen un impacto en los resultados finales de aprendizaje. Resultados similares también son respaldados cuando los datos son informes subjetivos. Por ejemplo, Lin y Sharif (2008) informan que los empleados consideran que el entrenador, los materiales de entrenamiento, el programa de entrenamiento, la organización, el entorno de trabajo y la tecnología son condiciones que afectan los resultados del aprendizaje. Por último, Ridoutt, Hummel, Dutneall y Smith (2002) muestran que diferentes factores interactúan entre sí y esa interacción afecta el resultado final del entrenamiento.

Además de la evidencia empírica sobre los factores que influyen en el diseño instruccional, la importancia del diseño instruccional en contextos académicos y organizacionales ha llevado a la propuesta de una cantidad significativa de teorías y modelos que definen qué y cómo se debe realizar el diseño instruccional (Botturi, 2003). C.M. Reigeluth (1999) define una teoría de diseño instruccional como "una teoría que ofrece orientación explícita sobre cómo ayudar mejor a las personas a aprender y desarrollarse" (pp. 5). Según Reigeluth (1999), todas las teorías de diseño instruccional tienen cuatro características: primero, se centran en las herramientas y medios para enseñar y no en los resultados esperados, (esto no significa que la teoría no considere esa relación); segundo, definen métodos a utilizar en diferentes situaciones; tercero, hay especificidad en cada método propuesto en la teoría y, cuarto, todos los métodos son probabilísticos y no deterministas (pp. 6-7). En otras palabras, es importante contar con una gran cantidad de conocimiento y experiencia para definir el diseño instruccional que se debe utilizar en un contexto dado. Esta experiencia es la que permite a los profesionales y practicantes trabajar en el contexto y ser efectivos, pero también desemboca en la falta de sistematización en este campo.

Estos enfoques teóricos y evidencia empírica sugieren que el diseño instruccional es una tarea multidimensional que requiere mucho conocimiento y experiencia. Por lo que a pesar de las décadas de investigación y desarrollo, los métodos y procedimientos para el diseño instruccional son muy variados y dependen del experto para utilizar el enfoque adecuado en el diseño de un programa de entrenamiento que resulte efectivo y eficiente. Pero esto no es sorprendente, ya que, como se mencionó anteriormente, la cantidad de factores y variables que se deben tener en cuenta para diseñar un programa de entrenamiento es considerable y puede abrumar rápidamente a cualquier experto. Además, como señaló Reigeluth (1999), el diseño instruccional también cambia cuando la sociedad y los individuos cambian. (p. 17-18). Este problema tiende a empeorar cuando los profesionales no entienden ni utilizan la evidencia y la investigación académica. En esta línea, Wortham (1994) muestra cómo algunos diseñadores de entrenamiento no utilizan la teoría o los modelos para guiar el proceso de diseño instruccional porque no reconocen esos modelos como útiles para su organización. Según la definición de Morrison (2012), el diseño instruccional debe respaldar sus métodos con evidencia empírica y esta debe encontrarse en la investigación académica o en el conocimiento de la organización.

Pero el diseño instruccional no solo cambia cuando cambian la sociedad y el individuo sino también cuando cambia la tecnología. Yunjo An (2021) presenta una revisión histórica del impacto de la tecnología en el diseño instruccional. An (2021) señala que se pueden observar saltos periódicos al menos cada dos décadas en los que los paradigmas tecnológicos afectaron los procesos de diseño instruccional. Estos periodos son de 1990 a 1930, de 1930 a 1970, de 1980 a 1990, y del 2000 a la actualidad. An (2021) describe como la tecnología dominante en cada una de estas décadas impacto de manera significativa el diseño instruccional al introducir nuevos mecanismos de interacción pedagógica y nuevas herramientas pedagógicas. Por ejemplo, refiriéndose a las redes sociales An (2021) señala: “Social media has the potential to create learner-centered learning environments by empowering learners to become knowledge creators and producers and providing opportunities for interaction and collaboration (Downes, 2005; Gikas & Grant, 2013; Greenhow, 2011; Richardson, 2009).” (p. 8)

De esta manera, es posible observar que el diseño instruccional se enfrenta a un problema de criterio. En la práctica, el diseño instruccional debe considerar muchos factores y opciones de entrenamiento que generalmente se evalúan a través de la experiencia del diseñador instruccional, y sin tener en cuenta la evidencia empírica. Este es el problema de criterio en el diseño instruccional, es un problema de criterio porque es posible definir los mejores métodos instruccionales para el diseño utilizando un principio de evaluación estándar que integre evidencia empírica, eliminando así la necesidad de la experiencia del diseñador para reconocer las mejores opciones de entrenamiento.

3.4 Una aproximación empírica al problema del criterio en el diseño instruccional

Teniendo en cuenta la sección anterior, surge una pregunta importante: ¿cómo definir criterios en el proceso de diseño instruccional a partir de la evidencia empírica para seleccionar las mejores opciones de entrenamiento? Responder esta pregunta demanda cuatro definiciones. En primer lugar, es importante definir qué significa "mejor" en el contexto del diseño instruccional; en segundo lugar, definir qué opciones de entrenamiento existen; en tercer lugar, definir qué evidencia empírica existe sobre la efectividad de las opciones de entrenamiento; y, en cuarto lugar, definir cómo es posible elegir una opción sobre los demás.

3.4.1 Los mejores métodos de entrenamiento

Como se establece en la sección uno y siguiendo a Bardwell & Holden (2001) (en Milhem, Abushamsieh & Pérez 2014), el entrenamiento se define como:

.... a planned process that is used to change attitudes, knowledge, skills, and behavior through the learning experience in order to achieve effective performance in a specific activity or range of activities. Its purpose, in the work

context, is to develop the abilities of individuals and to satisfy the current and future needs of the organization. (p. 13)

Esto implica que el objetivo final del entrenamiento es cambiar algunas características en los empleados (actitudes, conocimientos, habilidades). Esto significa que un mejor entrenamiento tendrá un mayor impacto en las características del empleado. Específicamente en el diseño instruccional y siguiendo a C.M. Reigeluth (1999), quien define una teoría de diseño instruccional como "una teoría que ofrece orientación explícita sobre cómo ayudar mejor a las personas a aprender y desarrollarse" (p. 5), es posible observar que el objetivo es mejorar el proceso de aprendizaje. Existe una relación directa entre el cambio de algunas características en los empleados y el aprendizaje del empleado. Esta idea es reforzada por Campbell & Kuncel (2001), quienes afirman que el diseño del entrenamiento es la definición del "conjunto de métodos instruccionales que se deben utilizar para enseñar o promover el dominio del contenido. Se utiliza el término métodos instruccionales para referirnos a los métodos de enseñanza genéricos o eventos de aprendizaje que un entrenador potencialmente tiene a su disposición" (p. 286).

A partir de esto, es posible deducir que, en el diseño instruccional, las mejores opciones de entrenamiento son aquellas que tienen un mayor impacto en el aprendizaje del empleado.

3.4.2 Opciones de entrenamiento existentes

Existen muchas opciones de entrenamiento disponibles y cada una está diseñada para abordar objetivos de aprendizaje y resultados específicos. Una de las razones por las que existen diferentes opciones es que algunas pueden ser más efectivas para ciertos tipos de habilidades o conocimientos que otras. Por ejemplo, una opción interactiva de entrenamiento como el juego de roles o la simulación puede ser más efectiva para desarrollar habilidades interpersonales, mientras que una opción de entrenamiento basada en conferencias puede ser más apropiada para transmitir conocimientos técnicos.

Las diferentes opciones de entrenamiento disponibles tienen sus propios beneficios y desventajas. Algunos ejemplos comunes incluyen el entrenamiento en-sitio, el entrenamiento en el aula, el entrenamiento virtual o las mentorías. El entrenamiento en-sitio implica aprender mientras se realizan tareas laborales reales, mientras que el entrenamiento en el aula tiene lugar en un entorno de aula tradicional. El entrenamiento virtual implica utilizar recursos on-line y tecnología para impartir el contenido del entrenamiento. Solo por nombrar algunos.

Con el ánimo de categorizar las opciones de entrenamiento de una manera clara y rápida en esta investigación se hará referencia a dos conceptos: las características del entrenamiento y las opciones de entrenamiento. Las características del entrenamiento son atributos discretos que todos los entrenamientos deben tener para ser considerados entrenamiento en sí mismos. Cada una de estas características puede presentarse en distintas opciones, estas opciones de entrenamiento son las formas en las que las características pueden ser definidas dentro de un entrenamiento. Estas opciones son excluyentes entre sí, lo que significa que cada característica solo puede ser representada por una opción.

Con el ánimo de delimitar el alcance de esta investigación solo se tomarán en cuenta 5 características, representadas por 13 opciones de entrenamiento. Para una exposición completa de las características, y las opciones de entrenamiento aquí contempladas por favor revise el anexo A.

3.4.3 Evidencia empírica sobre los métodos de entrenamiento

La investigación empírica sobre las opciones de entrenamiento generalmente se puede dividir en dos corrientes.

La primera corriente se centra en probar la efectividad de diferentes opciones de entrenamiento para industrias o roles laborales específicos. Este tipo de investigación busca identificar las mejores opciones para distintos tipos de habilidades y conocimientos, teniendo en cuenta las necesidades y desafíos específicos de la industria o el rol. Por esta razón, en la sección cuatro se mencionó que es posible encontrar investigaciones sobre métodos de entrenamiento para diferentes industrias: servicios financieros (Bushardt, Fretwell, Byrd, & Cumbest 1994), medios impresos (Quartey 2012), tecnología (Agarwal, Pande & Ahuja 2015), construcción (Misra & Mohanty 2020), hospitales (Waqanimaravu & Arasanmi 2020) o hoteles (Chiang, Back y Canter 2005). La segunda corriente implica realizar una comparación entre diferentes opciones para determinar cuál es el más efectivo. Este tipo de investigación generalmente involucra comparar los resultados de diferentes opciones, por ejemplo, comparar el entrenamiento en-sitio versus el entrenamiento virtual, o el entrenamiento dirigido por un instructor versus un entrenamiento sin instructor.

Ambas corrientes de investigación son importantes para comprender la mejor manera de desarrollar y entrenar a los empleados. Sin embargo, cuando se habla de seleccionar las mejores opciones de entrenamiento es más fácil enfocarse en la segunda corriente ya que esta está comprando opciones directamente. Esta comparación se realiza usualmente definiendo cual es la diferencia entre los índices de impacto sobre el aprendizaje, este índice de impacto es definido como la magnitud de cambio que hay en los sujetos antes y después de los entrenamientos. Lo que significa que la evidencia empírica sobre las mejores opciones debe permitir definir cuál es el impacto sobre el aprendizaje de una u otra opción. Esto se relaciona directamente con el argumento presentado en la sección 3.4.1., y se relaciona de forma que esta evidencia empírica es la que permite definir de manera numérica cuál es la mejor opción de entrenamiento. Mientras que en la sección 3.4.1. se establece a nivel conceptual qué significa ser la mejor opción de entrenamiento y en este apartado se establece el cómo. En el anexo E se podrá encontrar los impactos de aprendizaje usados en esta investigación y basados en la evidencia empírica.

3.4.4 ¿Cómo escoger entre las diferentes opciones de entrenamiento?

Para responder a la pregunta planteada en la sección 4.4, a saber: ¿cómo definir criterios en el proceso de diseño instruccional a partir de la evidencia empírica para seleccionar las mejores opciones de entrenamiento? Se ha definido que la mejor opción de entrenamiento es aquella que tiene un mayor impacto en el aprendizaje ya que este es el objetivo último del diseño instruccional (Sección 4.4.1), se ha definido también que existen múltiples opciones de entrenamiento que se pueden categorizar en características que componen los diseños finales de entrenamiento (Sección 3.4.2). Finalmente se ha definido que existe evidencia empírica que permite comparar cuál opción de entrenamiento es mejor respecto a otra en la misma característica. (Sección 3.4.3).

Estas definiciones permiten establecer el siguiente flujo para determinar la mejor forma de entrenamiento:

1. Definir qué características tiene un entrenamiento
2. Definir qué opción de entrenamiento se escoge en cada característica
3. Calcular el costo final
4. Calcular el impacto en el aprendizaje
5. Organizar de manera descendente por el índice de impacto en el aprendizaje todas las opciones de entrenamiento.

Sin embargo, esta aproximación está limitada por la capacidad del diseñador de evaluar la cantidad total de formas finales de entrenamiento. Como se mencionó en la sección 3.4.2 existen muchas características de entrenamientos y muchas opciones dentro de ellos. Por ejemplo, si se define Instructor como la característica que determina si un entrenamiento tiene o no instructor tenemos una característica con dos opciones de entrenamiento. Ahora bien, si hipotéticamente consideramos que los entrenamientos

pueden tener 5 características, cada una con dos opciones, tendríamos que el diseñador debería evaluar 32 formas finales de entrenamiento. Esto no parece demasiado a primera vista, pero es posible plantear opciones de entrenamiento con muchas características y muchas de ellas con muchas opciones de entrenamiento. Esto hace que el ejercicio del diseñador sea inmanejable. Más aún cuando el diseñador debe proponer o evaluar más de un entrenamiento para una persona, o empieza a considerar el costo o el tiempo del entrenamiento, lo que también cambiaría la cantidad de opciones que debe evaluar.

Esta aproximación soluciona el problema del criterio en el diseño instruccional e integra la evidencia empírica en el proceso del diseño, pero plantea el problema de la cantidad de opciones a evaluar. La sección 4 propone analizar este problema desde una perspectiva matemática, específicamente desde un punto de vista de optimización.

4. Una nueva aproximación al diseño instruccional

En la sección anterior se estableció que los enfoques tradicionales de diseño instruccional enfrentan el problema del criterio. Adoptar un nuevo enfoque para el diseño instruccional permitiría resolver este problema. En esta sección, se presenta un enfoque matemático para abordar el diseño instruccional. Primero, se definirá el problema en términos matemáticos seguido del cual se propondrá la optimización como el campo en el que se sitúa el problema y su correspondiente solución.

4.1 Un problema no trivial

Es posible resumir el problema central a resolver de la siguiente manera: en el diseño instruccional los expertos deben elegir las mejores opciones de entrenamiento para enseñar. El criterio para definir la mejor opción de entrenamiento es el impacto que cada opción tiene en el aprendizaje del empleado. Pero el problema no se puede resolver simplemente listando en orden descendente las opciones de entrenamiento según su impacto en el aprendizaje, porque existen algunas condiciones intrínsecas en cada opción de entrenamiento que cambian el impacto final que tienen sobre el aprendizaje. Con el ánimo de limitar el alcance de la investigación solo se discutirán las cuatro condiciones más relevantes, aquí se presentan, de la condición menos crítica, a la más crítica en términos del impacto en el aprendizaje del empleado.

La primera condición es que cada opción de entrenamiento requiere un marco de tiempo diferente para ofrecer los resultados esperados. Por ejemplo, un programa de entrenamiento en el aula tomará mucho más tiempo que un programa de micro entrenamiento. La segunda condición es que cada opción de entrenamiento tiene un costo monetario asociado que, según el presupuesto de la empresa, afectará la decisión de elegir una u otra opción. Por ejemplo, un entrenamiento con un entrenador que guíe el proceso de aprendizaje puede costar más que un entrenamiento sin entrenador. La tercera condición es que cada empleado puede tener características diferentes que

requieren ser capacitadas, y de esta manera será mejor elegir una u otra opción de entrenamiento. Por ejemplo, entrenar habilidades técnicas en un empleado es totalmente diferente a entrenar habilidades blandas en él mismo. La cuarta condición es que cada característica de entrenamiento puede configurarse de diferentes maneras, por ejemplo, es posible elegir un entrenamiento experiencial como la opción principal de entrenamiento, pero también es posible crear un entrenamiento experiencial con o sin un instructor. Además, también es posible definir si este entrenamiento será individual o grupal. Con solo estas tres opciones, el diseñador debería considerar cuatro opciones de entrenamiento diferentes, y este es solo un ejemplo básico. En este ejemplo es posible observar que se puede configurar un entrenamiento de diferentes formas y cada forma tendrá un impacto diferente en el aprendizaje del empleado.

En otras palabras, este es un problema de selección y combinación de opciones. Selección y combinación que se ven afectadas por el marco temporal, los costos y las formas en las que se pueden combinar las opciones de entrenamiento.

De los diferentes enfoques posibles para resolver este problema, uno matemático será muy útil ya que el problema puede describirse en términos formales con facilidad, y es posible encontrar herramientas matemáticas poderosas para resolverlo. De esta manera, los elementos formales que constituyen el problema son el conjunto de opciones que pueden integrarse para crear un entrenamiento que se mantenga en el tiempo y en presupuesto; el segundo es el conjunto de necesidades de entrenamiento definidas, y finalmente, se requiere estimar el impacto en el aprendizaje del empleado de cada posible entrenamiento que se pueda diseñar.

Como se mencionó en la sección anterior, este es un problema no trivial. En términos matemáticos, un problema es trivial cuando se deduce fácilmente a partir de la información del contexto (Catsigeras 2017). En otras palabras, existe una relación matemática entre el contexto y el problema, pero este problema es no trivial por dos

razones: en primer lugar, la forma en que interactúan las opciones de entrenamiento es independiente del contexto, lo que significa que el contexto no define el impacto de la opción en el aprendizaje de los empleados, y en segundo lugar, la cantidad de formas finales de entrenamiento crece con cada característica del entrenamiento y con cada opción en la que se expresa dicha característica. La no trivialidad del problema implica que su solución debe arrojar la mejor forma de entrenamiento, considerando todas las opciones de entrenamiento y arrojando un indicador sobre el impacto final del entrenamiento en el aprendizaje del empleado.

Siguiendo esta idea es importante definir en términos matemáticos qué tipo de problema es este. La propuesta aquí es que este es un problema de optimización, ya que cumple con todos los requisitos para serlo. Siguiendo a Evgrafov & Patriksson (2005), un problema de optimización debe tener una decisión que tomar, un valor que se utiliza para tomar la decisión, generalmente restringido a una cantidad numérica definida, un conjunto de variables como valores que representan los elementos involucrados en la decisión, una función matemática que relaciona las variables y restricciones como condiciones que deben seguirse para mantener la lógica del problema. Evgrafov & Patriksson (2005) definen la optimización como "tratar de llevar cualquier cosa con la que estemos lidiando hacia su último estado" (p. 3). En este caso, el último estado es el entrenamiento con el mayor valor de impacto en el aprendizaje de los empleados.

Con esto tendríamos que, en nuestro caso, la decisión a tomar es el conjunto de opciones de entrenamiento que conformarán la forma final del entrenamiento. El valor que ayuda a tomar la decisión es el impacto del entrenamiento sobre el aprendizaje del empleado. El conjunto de variables involucradas en la decisión son los conjuntos de los impactos de cada una de las opciones de entrenamiento sobre el aprendizaje y el conjunto de las opciones de entrenamiento en los empleados. La función matemática que relacione estas variables y permita estimar el impacto del entrenamiento, sobre el aprendizaje del empleado es lo que se debe definir. Y dentro del área de la optimización existe un amplio espectro de opciones para realizar esto.

4.2 Resolviendo un problema de optimización

Después de establecer que el problema de criterios en el diseño instruccional puede entenderse como uno de optimización, es importante definir los diferentes enfoques que existen en el campo de la optimización para elegir el mejor y resolver este problema. De esta manera, este capítulo presenta los diferentes enfoques para resolver problemas de optimización, el enfoque elegido y las razones por las cuales se eligió, así como las posibles consecuencias de aplicar ese enfoque al problema de criterios.

4.2.1 Diferentes aproximaciones para la resolución de problemas de optimización

La teoría de optimización es muy rica y ha experimentado un importante desarrollo en las últimas décadas. En este campo es posible encontrar dos enfoques principales para resolver problemas de optimización. Rao (2019) clasifica los métodos principales de optimización en cuatro grandes grupos utilizando el enfoque matemático como criterio de clasificación. De esta manera, propuso que los métodos de optimización pueden clasificarse en programación matemática, procesos estocásticos, métodos estadísticos y técnicas no tradicionales. Y entre estos métodos existen muchos algoritmos diferentes que se pueden aplicar directamente a los problemas, entre los tipos de algoritmos de optimización que Arora (2015) enumera, se encuentran: 1-D, sin restricciones, programación lineal, métodos de búsqueda aleatoria guiada, optimización con restricciones, optimización multiobjetivo, programación geométrica, optimización de diseño multidisciplinario, programación entera y programación dinámica. Esta situación lleva a la dificultad de definir el mejor algoritmo para un problema dado. Por lo que, Yang (2013) argumenta que uno de los principales problemas en la práctica de la optimización es elegir el algoritmo adecuado para cada problema: "Hay tres problemas principales en la optimización basada en la simulación y el modelado, y son: la eficiencia del algoritmo, la eficiencia y precisión de un simulador numérico, y asignar los algoritmos adecuados al problema adecuado. A pesar de su importancia, no hay una regla o pautas satisfactorias para estos problemas." (p. 3)

Dado que no hay reglas ni pautas para elegir el mejor algoritmo para cada problema, la decisión depende del contexto de este y la experiencia del investigador. Por eso es importante encontrar un algoritmo que: 1) pueda estimar el valor óptimo a partir de al menos un conjunto de variables (opciones de entrenamiento y necesidades de entrenamiento), 2) sea fácil de desarrollar y 3) sea fácil de implementar y probar (Mitchell 1999). Con esto en mente, los Algoritmos Genéticos son una excelente opción para optimizar diseños de entrenamiento debido a su facilidad de creación y programación, resultando beneficioso en términos de tiempo y recursos. También son muy flexibles, ya que pueden ajustar sus estructuras y estrategias a problemas complejos como el diseño de entrenamiento.

4.2.2 Algoritmos genéticos

Mitchell (1999) señala que "los algoritmos genéticos (AG) fueron inventados por John Holland en la década de 1960 y fueron desarrollados por Holland, sus estudiantes y colegas en la Universidad de Michigan en las décadas de 1960 y 1970" (p. 3). Aunque no existe un consenso general sobre la definición de los algoritmos genéticos según Mitchell (1999), hay 4 elementos que casi todos los AG comparten: poblaciones de cromosomas, selección según aptitud, cruce para producir nueva descendencia y mutación aleatoria de nueva descendencia (p. 7). Estos cuatro elementos permiten que el algoritmo alcance estados óptimos creando "comportamientos" que emulan los principios de la evolución darwiniana. De esta manera, la población de cromosomas implica que hay una forma de pasar información de los padres a la descendencia. La selección según aptitud implica que hay un protocolo para definir qué soluciones son mejores. El cruce para producir nueva descendencia implica que hay una forma de combinar la información de varias soluciones para crear una nueva. Y finalmente, la mutación aleatoria implica que hay una forma de cambiar de manera pseudoaleatoria la información en las soluciones.

La manera en la que se conceptualizó el problema se conoce como optimización con restricciones. Entra dentro de esta categoría ya que la solución óptima para cada problema se encuentra definida (restringida) por variables del problema como el

presupuesto. En este sentido el problema no entra en categorías como la de optimización libre ya que no son válidas las soluciones que sean soluciones válidas, estas deben cumplir una serie de características. Y el problema tampoco se puede definir como un problema de satisfacción restringida ya que no solo buscamos una solución que sea válida sino que sea una solución válida según una escala numérica y no solo una categoría. Esta definición del problema es muy importante por que definirá la estructura y la calidad de la solución que un posible algoritmo genético encuentre al problema del diseño instruccional. Esta importancia se encuentra definida en la misma naturaleza de los algoritmos genéticos. Eiben & Smith (2015) mencionan que se puede llegar a una u otra solución de un problema desde algoritmos genéticos: "...depending on the presence or absence of an objective function and constraints in the problem definition." (p. 7)

Como afirma Mitchell (1999), los principios de los Algoritmos Genéticos (AG) son bastante simples pero muy poderosos: cuando el software desarrolla "comportamientos" que emulan los principios de la evolución darwiniana, es posible lograr metas complejas. La capacidad para resolver problemas de este tipo de algoritmo se basa en tres características: el AG puede evaluar diferentes rangos de soluciones de manera muy eficiente, creando conjuntos de soluciones que convergen hacia la solución óptima. Además, el AG puede adaptar los conjuntos de soluciones en respuesta a cambios en el contexto, creando soluciones más flexibles y específicas.

Todos estos argumentos están respaldados por evidencia empírica y estudios de investigación. En 2007, Juang, Lin y Kao publicaron una investigación en el *Journal of Expert Systems with Applications*, en la que utilizaron un algoritmo genético para crear el contenido curricular de los entrenamientos de empleados. El objetivo del estudio era triple: "(1) construir un modelo matemático con una disposición de cursos adecuada, (2) resolver el modelo con algoritmos genéticos para obtener resultados óptimos y (3) desarrollar un sistema de entrenamiento asistido por computadora para facilitar la formación del personal en la industria de herramientas de máquinas" (p. 643). Lo que hicieron los investigadores fue crear un conjunto de categorías asignadas a cada curso

que describiera con qué frecuencia, qué tan importante y qué tan coherente era el curso teniendo en cuenta los cursos que el empleado ya había tomado. Al operar estas variables en un algoritmo genético, los investigadores pueden estimar el mejor curso a tomar para el empleado. En esta línea de pensamiento, la investigación actual es complementaria a la investigación de Juang, Lin y Kao (2007).

Desafortunadamente la investigación de Juang, Lin y Kao (2007) es el único reporte de investigación que se pudo encontrar en la literatura académica que relacione el entrenamiento y los algoritmos genéticos. Aunque es probable que alguna organización ya esté usando este tipo de herramientas, factores de propiedad intelectual pueden estar retrasando la publicación de estudios de casos que permitan observar como se da esto en la práctica. En este sentido, esta investigación es valiosa ya que genera contenido relacionando el entrenamiento y los algoritmos genéticos en el marco de un producto académico abierto a otros investigadores y empresas.

Es crucial definir si es posible crear un algoritmo genético que pueda definir el mejor diseño instruccional para el entrenamiento de empleados que ayude a mejorar los resultados de la formación y facilite el día a día de profesionales y practicantes.

5.Propuesta de investigación

Como se establece en la sección 3, el principal problema del diseño instruccional es la selección de las opciones de entrenamiento. Este es el problema al que pretende responder esta investigación. Y según lo observado en la sección 4, se espera resolver esta problemática usando un enfoque de optimización.

Esta sección describe el problema que esta investigación resuelve, la pregunta de investigación y definición metodológica. Además, se presentan los objetivos generales y específicos que ayudarán a responder la pregunta.

5.1 Problemática

El diseño instruccional, definido como la selección de las mejores opciones de entrenamiento se realiza de manera poco sistemática. Esto es un problema porque no permite definir más allá de la duda razonable si las mejores opciones de entrenamiento seleccionadas son realmente las mejores. Encontrar maneras sistemáticas de abordar esta problemática podría traer beneficios a las organizaciones y los diseñadores instruccionales. Este trabajo de investigación se propone definir si enfocar este problema desde la óptica de la optimización, específicamente usando los algoritmos genéticos, puede ser útil para resolverlo. Pero para que la investigación sea justificada, la solución debe tener la misma calidad que la propuesta por expertos.

5.2 Pregunta de investigación

¿Es factible utilizar un algoritmo genético para el diseño instruccional con el fin de diseñar programas de entrenamiento para empleados con al menos la misma calidad que expertos en la materia?

5.3 Objetivo general

Determinar si es factible utilizar un algoritmo genético para el diseño instruccional con el fin de diseñar programas de entrenamiento para empleados con al menos la misma calidad que expertos en la materia

5.3.1 Objetivos específicos

- 5.3.1.1** Crear un Algoritmo Genético que encuentre la solución óptima para diseños instruccionales para el entrenamiento de empleados.
- 5.3.1.2** Crear un conjunto de casos para determinar si el algoritmo propuesto cumple con su objetivo.
- 5.3.1.3** Comparar los resultados del algoritmo propuesto con los diseños establecidos por expertos en la materia.
- 5.3.1.4** Interpretar cómo y por qué los resultados del algoritmo difieren de los resultados de los expertos en la materia.

6. Metodología

6.1 Tipo de investigación

Dado que la respuesta a la pregunta de investigación implica la comparación de un estimador numérico de calidad, esta investigación adopta un enfoque cuantitativo con un método descriptivo comparativo.

6.2 Participantes

Teniendo en cuenta que el algoritmo debería ser al menos tan bueno como un experto en la materia, todos los participantes deben considerarse expertos en diseño de entrenamientos para empleados. Un experto en la materia se define como "...alguien que tiene experiencia en el tema de interés y posee cualificaciones reconocidas por la comunidad técnica, mientras que la opinión o juicio experto se define como datos proporcionados por dicho experto con relación a un problema específico" (Teferra, Shields, Hapij, & Daddazio 2014, pp. 14). Para el contexto de esta investigación, se considerará que un experto en la materia es alguien que ha trabajado más de dos años en departamentos o funciones relacionadas en entrenamiento de empleados.

6.3 Procedimiento e instrumentos

6.3.1 Diseño

Para el diseño del algoritmo se empleó una metodología en cascada. En esta metodología se siguen cuatro pasos para el desarrollo de software: estas etapas incluyen la definición de requisitos, el diseño, la implementación y las pruebas. En la fase de definición de requisitos se establecen las características que el software debe cumplir, en el diseño se define cómo el software alcanzará de manera lógica los requisitos, en la

implementación se escribe el código y finalmente, en las pruebas se garantiza que los requisitos se cumplan de manera satisfactoria.

6.3.2 Prueba

Una vez creado el algoritmo es importante establecer si este realmente llega a los entrenamientos óptimos. Para ello, se diseñaron un conjunto de 25 casos de pruebas que permitieron estimar el grado de éxito del algoritmo.

6.3.3 Casos para el contraste

Considerando que el punto de contraste es la comparación de los diseños de expertos y del algoritmo, estese creó con un conjunto de casos que pudieran ser evaluados, tanto por los expertos como por el algoritmo, con esto, cabe notar que hay una diferencia substancial entre el algoritmo y el de los expertos. Por la comprensión limitada del algoritmo es importante definir cómo la cantidad de información que se da a los expertos puede permitirles generar diseños con una calidad distinta. Esto, sumado a la evidencia presentada en la sección 4.3, que establece que los expertos suelen usar heurísticos, sesgos cognitivos y estrategias predefinidas para el diseño de los entrenamientos, podría significar que la cantidad de información ofrecida a los expertos para el diseño de los casos es un factor relevante que impacta la calidad de estos.

Es por lo anterior que se establece que los casos presentados deberían categorizarse en tres condiciones, estas condiciones están definidas por la cantidad de información presentada para que el experto diseñe los casos. La primera condición se definió como condición descriptiva, esta se presenta el caso de entrenamiento en la forma de un párrafo sobre el que los expertos deben proponer el diseño. En esta descripción se define la compañía en la que trabaja el sujeto hipotético a entrenar, el objetivo del entrenamiento y las características a entrenar. La segunda condición es denominada numérica, ya que solo se presentan los indicadores de impacto en el aprendizaje de cada opción de entrenamiento, junto con la cantidad de características a entrenar. Finalmente, la tercera condición denominada completa presenta una descripción del caso junto con los indicadores de impacto en el aprendizaje de cada opción de entrenamiento. Para

completar los casos se presentaba el presupuesto asignado con la instrucción de diseñar el entrenamiento sin sobrepasar dicho presupuesto y el costo asignado a cada opción de entrenamiento. Para mantener la neutralidad en la asignación de costos, el presupuesto y los costos de cada opción de entrenamiento fueron designados de manera aleatoria.

Con la intención de tener suficientes diseños se plantearon tres casos distintos por cada condición, mantener sólo tres casos por condición fue preciso para obtener suficientes diseños y a la vez no requerir más de una hora tiempo de los expertos.

6.3.4 Encuesta y reclutamiento de los expertos

Los casos diseñados se presentaron en una encuesta virtual. Esta se compone de las siguientes secciones: descripción, en la que se detalla el objetivo y el contexto de la investigación, consentimiento informado, donde se obtenía el consentimiento de los participantes y se garantiza la confidencialidad de su participación y datos personales, datos de caracterización, en los que se indagaba por la experiencia, edad y conocimiento de los expertos, y finalmente, se presentan los casos junto con las opciones de entrenamiento y su respectiva descripción que aseguraba que todos los participantes tuvieran las mismas definiciones sobre las opciones de entrenamiento.

El reclutamiento de los expertos se realizó por medio de la red social LinkedIn y su participación fue voluntaria y no remunerada. La selección fue a conveniencia para garantizar que los expertos contaran con los criterios de selección establecidos en la sección 7.2. Para garantizar que el uso de expertos cumple con buenos criterios metodológicos se usó la guía de Drescher & Edwards (2019) para el uso de conocimiento de expertos. Los autores mencionan 6 etapas para el correcto uso del conocimiento de expertos. Estas son Identificación, selección, elicitación, integración, evaluación y consideraciones éticas. Estas etapas son descritas en la sección de resultados.

6.3.5 Compilación y evaluación de los diseños

Una vez obtenidos los diseños de los expertos, estos se procesaron de manera manual para obtener el costo final del diseño. Este costo se computó como la suma de los costos de las opciones de entrenamiento elegidas, también se calculó el impacto final del diseño sobre el aprendizaje como la suma de los índices de impacto, sobre el aprendizaje de las opciones de entrenamiento seleccionadas. Finalmente, se calculó la eficiencia de los diseños como el cociente de la división del índice de impacto, sobre el aprendizaje entre el costo total del entrenamiento.

Para definir los diseños del algoritmo se incluyeron el presupuesto y las necesidades de entrenamiento a nivel numérico. La interfaz del algoritmo da como resultados el costo total del diseño, las opciones del diseño y el impacto final del diseño sobre el aprendizaje.

6.3.6 Contraste

Para contrastar la calidad de los diseños se comparó el porcentaje de diseños que cumplen con el presupuesto asignado y se consideran diseños completos, y se compararon las medias de la eficiencia de cada caso por medio de una prueba de comparación de medias y un estimador de tamaño del efecto.

6.4 Procesamiento de la información

6.4.1 Estadísticos descriptivos

Se usaron estadísticos descriptivos en dos momentos, el primer momento fue el de la caracterización de los expertos en donde se expone el porcentaje de participantes que cumplen con las características de experto. El promedio de años de experiencia según las categorías usadas, la edad promedio y el nivel de educación formal promedio. El segundo momento describe el porcentaje de casos que se mantienen en presupuesto y el porcentaje de casos en los que se presentaron diseños de entrenamiento completos.

6.4.2 Comparación de medias

La comparación de medias tiene la finalidad de determinar si hay una posibilidad más allá del azar de que los datos presentados se deban a diferencias reales entre los conjuntos de datos contrastados. En esta investigación se usó la comparación de medias para definir si existe una diferencia significativa entre la media de la eficiencia de los expertos y el puntaje de eficiencia del algoritmo en cada caso. Esta comparación permitirá definir si fueron los expertos o el algoritmo quienes presentaron diseños más eficientes.

Dado que se quieren comparar los puntajes entre casos, se establece que hay solo nueve pares de datos, lo que impide el uso de estadísticos paramétricos, no sea una opción, por lo que se usaron estadísticos no paramétricos que sí permiten muestras tan pequeñas. Esto, sumado a la consideración de que solo se quieren comparar dos muestras de datos independientes, se permite establecer que el test estadístico adecuado para esta comparación de medias es el test Mann-Whitney U. Mientras que, para la comparación de la eficiencia de los expertos, se usó el test Kruskal-Wallis.

6.4.3 Estimación del tamaño del efecto

Aunque el Test Mann-Whitney U permita estimar si existe una diferencia real entre los puntajes de la eficiencias este no permite establecer qué tan grande es dicha diferencia, por lo tanto, se usará un estimador del tamaño del efecto. Un estimador del tamaño del efecto mide "... la magnitud de la diferencia entre grupos" (Sullivan & Feinn, 2012, p. 279). El estimador de tamaño del efecto seleccionado en esta investigación es la "d" de Cohen, este índice es más apropiado, ya que estamos trabajando con medidas continuas. Según Sullivan y Feinn (2012): "El denominador estandariza la diferencia al transformar la diferencia absoluta en unidades de desviación estándar. El término "d" de Cohen es un ejemplo de este tipo de índice de tamaño del efecto" (p. 280).

6.5 Consideraciones éticas

Teniendo en cuenta que las tareas involucradas para los participantes son casos hipotéticos de entrenamiento que se ejecutan de manera virtual, no se concibe ni detecta ningún riesgo a la integridad de los participantes. En ese sentido, se usó un protocolo de anonimización para proteger su identidad y toda su información personal fue almacenada de manera virtual y protegida con contraseñas.

Todos los participantes estuvieron de acuerdo con los términos y condiciones de la investigación y fueron notificados por medio de un consentimiento informado que se puede leer en el anexo C.

7.Resultados

Esta sección describe los resultados obtenidos tras alcanzarse los objetivos específicos propuestos.

7.1 Diseño

Siguiendo la metodología en cascada propuesta en la sección 7.3.1 para el diseño del algoritmo se siguieron las subsecuentes fases:

7.1.1 Definición de requisitos

En esta fase se definieron cuáles son los inputs con los que el algoritmo puede contar, de igual forma, se definió como debería ser el procesamiento de la información y finalmente, se establecieron los outputs esperados.

7.1.1.1 Inputs

Para que el algoritmo funcione con la información que se puede obtener, un caso normal de entrenamiento debe poder integrar en su procesamiento los datos que definen el problema, a esto lo llamaremos inputs.

Listado de inputs:

1. Presupuesto: Es el valor asignado a cada caso y que determina que tantas unidades monetarias pueden ser usadas para crear el entrenamiento.
2. Habilidades por entrenar: Representación numérica de las características que el entrenamiento tiene el objetivo de mejorar.
3. Características de entrenamiento: Atributos discretos que todos los entrenamientos deben tener para ser considerados un entrenamiento completo.
4. Opciones de entrenamiento: Formas en las que las características pueden ser definidas dentro de un entrenamiento

5. Impacto sobre el aprendizaje de cada opción de entrenamiento: Representación numérica de la magnitud de cambio que hay en los sujetos antes y después de los entrenamientos
6. Costo de cada opción de entrenamiento: Unidades monetarias requeridas para poder usar cada opción de entrenamiento.

7.1.1.2 Procesamiento de la información

Considerando lo propuesto en la sección 4.4 el algoritmo debe cumplir con el siguiente proceso:

1. Definir qué opción de entrenamiento se escoge en cada característica
2. Calcular el costo final
3. Calcular el impacto en el entrenamiento
4. Organizar de manera descendente por el índice de impacto en el aprendizaje todas las opciones de entrenamiento.
5. Comunicar cuáles son las opciones de entrenamiento que compondrán el entrenamiento final.

7.1.1.3 Output

El output que se requiere para que el algoritmo sea útil es el siguiente:

Listado de outputs:

1. Costo total de entrenamiento: Es la sumatoria de los costos de las opciones de entrenamiento seleccionadas.
2. Impacto total esperado del entrenamiento: Es la sumatoria de los impactos de las opciones de entrenamiento seleccionadas.
3. Opciones de entrenamiento seleccionadas: Lista de las opciones de entrenamiento seleccionadas.

7.1.2 Diseño

Considerando los requisitos y el output esperado durante esta fase se planteó el siguiente diseño para el flujo del procesamiento de la información:

- I. Almacenamiento de los inputs: La interfaz del usuario permite ingresar las necesidades de entrenamiento y el presupuesto de entrenamiento de cada caso.
- II. Generación aleatoria de entrenadores: Se crea un número de entrenadores igual al parámetro de población. Cada entrenador selecciona un entrenamiento de manera aleatoria.
 - A. Estimación de los impactos sobre el aprendizaje: Cada agente estima el impacto total sobre el aprendizaje de su entrenamiento.
 - B. Estimación del costo del entrenamiento: Cada agente estima el costo total de su entrenamiento.
- III. Selección de los dos mejores entrenadores: De esta primera generación se seleccionan los dos mejores entrenadores, quienes se convierten en los padres de la siguiente generación.
- IV. Eliminación de los peores entrenadores: Los agentes que tienen un costo de entrenamiento mayor al presupuesto y no son padres, son eliminados del sistema (mueren).
- V. Reproducción de los dos mejores entrenadores:
 - A. Reproducción sin mutación: Una parte de la nueva población hereda directamente el entrenamiento de sus padres.
 - B. Reproducción con mutación: Una parte de la nueva población hereda el entrenamiento de sus padres con una mutación aleatoria en el entrenamiento.
- VI. Iteración desde el paso 3: La estimación, selección, y reproducción se repiten permitiendo al algoritmo iterar distintos entrenamientos y seleccionando los mejores de cada generación.
- VII. El algoritmo se detiene automáticamente luego de 30 ciclos de reproducción.

Para que un algoritmo genético funcione de la manera esperada debe cumplir una serie de características y parámetros. La selección es la capacidad del algoritmo de definir cuáles son los agentes con el mejor “fit” respecto a la tarea o el “ambiente”. Esto quiere decir que el algoritmo debe contar con un criterio para seleccionar los mejores agentes. El algoritmo diseñado cuenta con poblaciones de padres y madres. Estas poblaciones son meras categorías nominales para dos grupos de agentes que operan e interactúan de la misma manera. Sin embargo, para el propósito de selección y reproducción estas categorías son muy útiles. Como se mencionó anteriormente en este algoritmo el criterio de selección es la eficiencia de los entrenamientos. Aquí se define eficiencia como la razón entre el impacto al aprendizaje sobre el costo del entrenamiento. En palabras sencillas los agentes con los entrenamientos más eficientes tendrán un mayor impacto en el aprendizaje de los empleados con un costo muy bajo. Para lograr esto el algoritmo en la tercera etapa del ciclo organiza a los agentes del grupo de papas y de mamás según la eficiencia de sus entrenamientos y selecciona el mejor papa y la mejor mamá con la mayor eficiencia. Esos dos agentes se convierten en los padres de la siguiente generación.

La siguiente imagen muestra parte de la sección del código del algoritmo que selecciona al padre y la madre con las soluciones más óptimas.

```
To Sel
;;SELECCIONA MEJOR MAMA

if count MS > 0 [
  Let Peam max-one-of MS [FG]

  Set MGPR1 [PR1] of Peam
  Set MGPR2 [PR2] of Peam
  Set MGPR3 [PR3] of Peam

  Set BA1M [FG] of Peam
]
;;Selecciona mejor papa
If count PS > 0 [
  Let Peap max-one-of PS [FG]

  Set PGPR1 [PR1] of Peap
  Set PGPR2 [PR2] of Peap
  Set PGPR3 [PR3] of Peap

  Set BA1P [FG] of Peap
]
```

Otra característica de los algoritmos genéticos es que cuentan con mecanismos de reproducción y mutación. Estos mecanismos, según Eiben & Smith (2015), se denominan operadores de variación. Reciben esta denominación porque permiten a los agentes modificar la manera en la que operan los inputs para poder encontrar mejores soluciones. Por ejemplo, en la siguiente imagen se muestra solo un fragmento del código que sirve para hacer un cruce, entre los genes de las madres y los padres en la cantidad de habilidades a entrenar.

```

    ask n-of Hijos MS [

Set PR1 MGPR1
Set PR2 MGPR2
Set PR3 PGPR3
]

    ask n-of Hijos MS [

Set PR1 MGPR1
Set PR2 PGPR2
Set PR3 PGPR3
]

    ask n-of Hijos MS [

Set PR1 PGPR1
Set PR2 PGPR2
Set PR3 MGPR3
]

    ask n-of Hijos MS [

Set PR1 PGPR1
Set PR2 MGPR2
Set PR3 MGPR3
]

```

Los algoritmos genéticos también cuentan con mecanismos de selección basados en el “fit” respecto al “ambiente”, o en este caso respecto a las restricciones del problema. Por ejemplo la siguiente imagen muestra parte del código que “Elimina” a los agentes cuyos costos de las propuestas de entrenamiento sean superiores al presupuesto.

```

Ask MS [
  if GTRAC > Bu [
    set color 0
    Die]
]

Ask PS [
  if GTRAC > Bu [
    set color 0
    Die]
]

```

Finalmente estos algoritmos cuentan con metapámetros que definen las distribuciones de probabilidad sobre las que se ejecuta la variabilidad de su código genético. En este caso los metapámetros usados fueron la media y la desviación estándar para la variabilidad del código genético. Teniendo en cuenta que solo son dos metapámetros estos se ajustaron manualmente usando casos extremos como referencia para saber que el algoritmo estaba llegando a resultados aceptables. De la misma manera los tamaños de las poblaciones ideales se ajustaron manualmente usando casos extremos cuando se observaba que el algoritmo no tomaba tanto tiempo en llegar a una solución, que las poblaciones no se extinguieron antes de llegar a un óptimo y que el procesamiento no era muy demandante para la computadora usada.

7.1.3 Implementación

El primer paso para la implementación es la selección del lenguaje de programación. En este caso, se seleccionó NetLogo (Northwestern University 2022), un lenguaje de programación optimizado para simulaciones, y, por ende, muy efectivo para crear algoritmos genéticos. La implementación se realizó de manera local y todo el código fue escrito por el investigador.

El desarrollo del algoritmo tomó aproximadamente tres meses, y durante este tiempo se iteraron cuatro versiones antes de tener el código final. Teniendo en cuenta la naturaleza genética del algoritmo, y que su objetivo es diseñar entrenamientos, el algoritmo se nombró Genetic - Training Designer o por sus siglas GTD.

7.1.4 Pruebas

Para definir que los requisitos se cumplieran se realizaron pruebas locales sobre los distintos módulos que componen el algoritmo. De esta manera, se podía asegurar que

los inputs eran tomados correctamente, el flujo de la información era el adecuado y no presentaba fallos; y así mismo, garantizar que los outputs eran correctos.

7.2 Prueba

Con el ánimo de establecer que el algoritmo era confiable y válido, se creó una situación de prueba en la que compararon los puntajes de casos de entrenamiento hipotético con los resultados esperados. Para esto se crearon 25 casos de entrenamiento hipotéticos. Considerando que el algoritmo utiliza 4 inputs, el numero de habilidades blandas, el numero de habilidades duras, el numero de conceptos a enseñar y el presupuesto asignado, se crearon casos definiendo de manera aleatoria estos numeros. Se utilizo un generador de numeros pseudoaleatorios para reducir la posibilidad de sesgo en el algoritmo. Considerando que los parametros del algoritmo se distribuyen normalmente no se puede establecer de manera apriori que casos con valores extremos nos alteren la efectividad del algoritmo. Esto tambien nos ayuda a garantizar que el algoritmo es capaz de evaluar cualquier tipo de caso. Una vez que se generaron de manera aleatoria los 4 inputs necesarios se se calculó manualmente el coeficiente de impacto sobre el aprendizaje. Luego los mismos casos fueron evaluados por el algoritmo para finalmente comparar los resultados.

Dado que en esta prueba se esperaba que los puntajes arrojados por el algoritmo no fueran diferentes a los puntajes calculados manualmente, se utilizó una prueba de comparación de medias para establecer que no hay una diferencia estadística significativa entre los resultados esperados y los resultados obtenidos.

Tabla 7-1: Comparación de medias para la prueba del algoritmo

Test	Valor del test
Test Mann-Whitney U	Valor U = 239 Valor p = 0.1556

Los resultados estadísticos demuestran que no hay diferencia significativa entre los resultados esperados y los obtenidos. Esto significa que el algoritmo está arrojando resultados correctos a la hora de evaluar los casos de entrenamiento. Con estos resultados se concluye que el algoritmo puede pasar a una fase de prueba en campo contra expertos entrenadores.

7.3 Contraste

En esta sección se describe cómo se realizó la comparación entre los diseños de los expertos y los de GTD. También se presentan los resultados de la caracterización de los expertos y el contraste entre los resultados de la variación de diseños entre condiciones.

7.3.1 Caracterización de los expertos

7.3.1.1 Datos demográficos y experiencia relevante

En la investigación participaron 5 expertos que cumplen con las siguientes características: La edad promedio es de 39.0 años con una desviación estándar de 10.2 años. Con una edad mínima de 30 y una máxima de 54. En cuanto a su nivel educativo el 100% cuentan con un pregrado completo. El 40% de los expertos tiene entre cuatro (4) y seis (6) años experiencia relevante mientras que el 60% restante tiene más de seis (6) años de experiencia relevante. Esto significa que todos los participantes (100%) se pueden considerar expertos según nuestra definición en la sección 7.2.

La identificación de los expertos se realizó al evaluar la trayectoria y experiencia laboral de los expertos. Considerando el criterio de al menos dos años de experiencia se preseleccionaron algunos candidatos expertos. La información de sus perfiles se obtuvo de la red social linkedin. Como se mencionó previamente se seleccionaron 5 expertos al considerarse este un número apropiado para definir una cantidad apropiada de datos sin intentar crear una muestra significativa de expertos. Como se mencionó anteriormente los expertos no fueron remunerados y la participación fue totalmente virtual. Los datos

fueron recopilados en una encuesta que presentaba los casos de entrenamiento a evaluar. Los diseños de los expertos fueron agregados de manera matemática al promediar la eficiencia de los diseños. Pero también fue valuado individualmente. Para evaluar el conocimiento de los expertos el instrumento estaba dividido en 3 condiciones en las que se variaba la cantidad de información presentada en cada caso. Lo que se descubrió es que la cantidad de información presentada a los expertos no es relevante para su proceso de diseño, lo cual es coherente con la evidencia que existe sobre la toma de decisiones en el diseño instruccional. Las variables de protección de identidad y consentimiento informado fueron los ejes sobre los que se evaluó los principios éticos de esta investigación de cara a la participación de los expertos.

7.3.1.2 Variación de los diseños entre condiciones

Como se establece en la sección 7.3.3 es importante definir cómo la cantidad de información disponible para los expertos puede impactar la calidad de los diseños, por lo que se crearon tres condiciones en las que se presentaron los casos.

La siguiente tabla representa el porcentaje de entrenamientos completos, en presupuesto y la eficiencia promedio en cada condición.

Tabla 7-2: Porcentaje de entrenamientos completos, en presupuesto y la eficiencia promedio por condición

	Condición 1 (%)	Condición 2 (%)	Condición 3 (%)
Diseños Completos	73.3	66.7	66.7
Diseños en presupuesto	20.0	46.7	40.0
Eficiencia	30.8	25.4	23.0

Con la intención de definir si hay una diferencia significativa entre las eficiencias promedio de las distintas condiciones se utilizó el test Kruskal-Wallis que permite comparar diferencias entre dos o más grupos.

Tabla 7-3: Eficiencia por caso - Test Comparación de Medias

Test	Valor del Test
Kruskal-Wallis	Valor H = 0.6 (2, N=30) Valor p = 0.72

Con una significancia mayor al 0.05 estos resultados permiten concluir que no hay una diferencia significativa entre las eficiencias cuando se comparan las eficiencias entre condiciones. Esto significa que la cantidad de información que los expertos tienen disponible no impacta la calidad de los diseños. Como se discutirá más adelante esto es coherente con la investigación previa.

7.3.2 Pruebas de contraste

Esta sección presenta los resultados de las pruebas utilizadas para contrastar la calidad de los diseños de los expertos con los del algoritmo.

7.3.2.1 Criterios de calidad

Como se estableció anteriormente, los diseños deben cumplir dos criterios de calidad: el primero es que deben ser diseños completos y el segundo es que deben ser diseños que estén dentro del presupuesto.

De los 45 diseños propuestos por los SMEs solo el 68.9% pueden ser categorizados como completos y solo 35.6% se encuentran dentro del presupuesto. Adicionalmente, solo el 6.7% son diseños completos y cumplen con el presupuesto. Por otra parte, el 100% de los diseños propuestos por el GTD son diseños completos y cumplen con el presupuesto.

Tabla 7-4: Porcentaje del cumplimiento de los criterios de calidad de los expertos y el algoritmo

	Expertos (%)	GTD (%)
Diseños Completos	68.9	100
Diseños en presupuesto	35.6	100
Diseños completos y presupuesto	6.7	100

7.3.2.2 Comparación de medias

Como se mencionó en la sección 7.4.2 es posible estimar la eficiencia de los diseños propuestos. Esta eficiencia es el cociente del impacto final de aprendizaje de los diseños entre el costo total de este. Un mayor índice de eficiencia se interpreta como un mayor impacto en el aprendizaje de los empleados por cada unidad económica invertida.

Para cumplir de manera estricta la propuesta metodológica sólo se deberían considerar los casos completos y en presupuesto presentados por los expertos. Sin embargo, como se mencionó en la sección inmediatamente anterior solo el 6.7 por ciento de los casos cuentan con los requisitos para ser comparables. De este resultado se infiere que la media de las eficiencias de los diseños de GTD son significativamente mayores que los de los diseñadores, y que al ser diseños no válidos se puntuaron como 0.

Sin embargo, con el objetivo de extraer la mayor cantidad de información, se seleccionaron los casos completos (68.9%) y se contrastaron con el diseño de GTD. Este contraste pone inmediatamente en desventaja al algoritmo ya que les proporciona a los diseñadores la posibilidad de sobrepasar el presupuesto asignado. La siguiente tabla presenta la eficiencia promedio de los SMEs en cada caso con diseños completos y la eficiencia de los diseños propuestos por GTD.

Tabla 7-5: Eficiencia de los expertos y del algoritmo por cada caso

	Expertos	GTD
Caso 1	0.22	0.32
Caso 2	0.25	0.20
Caso 3	0.46	0.20
Caso 4	0.21	0.20
Caso 5	0.14	0.15
Caso 6	0.41	0.16
Caso 7	0.24	0.32
Caso 8	0.21	0.20
Caso 9	0.23	0.20
Promedio	0.26	0.22
Des Est	0.10	0.06

Con la intención de definir si hay una diferencia significativa entre las eficiencias de los diseños de los SMEs y los propuestos por GTD se debe realizar una comparación de medias. Para realizar esto se empleó el test Mann-Whitney U, dando como resultado lo siguiente:

Tabla 7-6: Test de comparación de medias de la eficiencia entre el algoritmo y los expertos

Test	Valor del Test
Test Mann-Whitney U	Valor U = 21 Valor p = 0.092

La significancia se evaluó a un nivel de 0.05.

Esto implica que no hay diferencias significativas entre las eficiencias de los expertos y las eficiencias del algoritmo con un contraste a dos colas. Esto quiere decir que los diseños del algoritmo son tan buenos como los diseños de los expertos, aun cuando a los expertos se les permite sobrepasar el presupuesto asignado, estableciendo que los expertos requieren de más dinero para presentar diseños tan buenos como los de GTD.

7.3.2.3 Estimación del tamaño del efecto

Con la intención de definir la magnitud de la diferencia entre las eficiencias de los diseños de los SMEs y los propuestos por GTD, se debe realizar una estimación del tamaño del efecto. Para realizar esto se utilizó el d de Cohen como estimador. Esta estimación se ve nuevamente afectada por el bajo número de casos válidos al que llegaron los expertos 6.7%, generando nuevamente un sesgo negativo para GTD. El resultado arrojado fue el siguiente:

Tabla 7-7: Estimación de la diferencia entre las eficiencias de los expertos y el algoritmo.

Estimador	Valor del estimador
Cohen's d	Valor d = 0.48

Este resultado indica que hay una diferencia mediana entre los resultados de los expertos respecto a los de GTD cuando se consideran los diseños de los expertos que sobrepasan el presupuesto.

7.4 Evaluación

La evaluación de los diseños presentados se puede realizar primero desde los criterios de calidad: finalización y costo. En cuanto al costo, se debe señalar que los diseños presentados por el algoritmo son 50.3% mas economicos que los presentados por los expertos. Y en cuanto a la finalización solo el 68.9% de los diseños presentados por los expertos se pueden considerar completos. En términos de eficiencia, los expertos solo presentaron un caso mejor que GTD, esto significa que en el 2.2% de los diseños hicieron un mejor trabajo que GTD, sin embargo, GTD hizo un mejor trabajo en el 97.8% de los casos. Estos resultados indican que, aunque es probable que los SME pueden presentar mejores diseños que GTD, la probabilidad de que esto suceda es sumamente baja.

GTD fue solo superado en el caso 5 por el experto 5 quien presentó un diseño con un mayor impacto en el aprendizaje ($IA = 1.46$), que el diseño presentado por el algoritmo ($IA = 1.37$), en este caso el SME presentó un diseño 6.1% mejor que GTD. Para este caso la eficiencia del experto fue de 16% mientras que la eficiencia de GTD fue del 15%. De los 3 diseños completos y en presupuesto presentados por los SME, 2 fueron presentados en el caso 7. El IA promedio de los SMEs fue de 2.77 y el IA de GTD fue 2.92, lo que implica que el diseño del algoritmo fue 4.9% mejor que los de los SMEs. No obstante, la eficiencia promedio de los diseños de los SMEs fue del 26% mientras que la eficiencia de GTD fue del 32.4%. Esto permite deducir que, aunque cercano en cuanto al

impacto de aprendizaje, el algoritmo encuentra soluciones más óptimas a nivel económico que los expertos.

8. Discusión

Esta investigación partió de la pregunta: ¿es factible utilizar un algoritmo genético para el diseño instruccional con el fin de diseñar programas de entrenamiento para empleados con al menos la misma calidad que expertos en la materia? Los resultados alcanzados permiten responder esta pregunta de manera afirmativa. Como se establece en la sección 8.4, GTD es mejor que los expertos en un 97.8% de los casos. De los resultados también se puede apreciar que GTD es capaz de presentar propuestas de diseño de entrenamiento 50.3% más baratas que los expertos, y, además, el algoritmo puede llegar a estos estándares de calidad presentando siempre diseños completos y dentro del presupuesto asignado.

En esta sección se discutirán algunos argumentos que explican y analizan las causas y las implicaciones que estos resultados tiene sobre la práctica en las organizaciones del diseño instruccional en las organizaciones y las implicaciones para las aproximaciones teóricas al diseño instruccional.

8.1 Implicaciones prácticas

Entre los resultados más sorprendentes de esta investigación tenemos la diferencia en el costo de los diseños presentados por los expertos y por GTD. Poder diseñar entrenamientos más baratos (50.3%) significa una optimización substancial en el uso de los recursos destinados al entrenamiento de los empleados, esto, teniendo en cuenta que los diseños de GTD siempre se encuentran dentro del presupuesto asignado, lo que implica que el uso de este tipo de algoritmos garantiza que no se incurran en sobre costos. Esta eficiencia financiera resulta invaluable para las organizaciones, ya que les permite canalizar recursos hacia otros proyectos, expandir sus operaciones o invertir en el desarrollo de nuevas iniciativas, todo ello mientras se garantiza un rendimiento óptimo en los programas de entrenamiento.

No obstante, los resultados también tienen implicaciones operativas para las organizaciones: incluir algoritmos dentro de los procesos de diseño implica un ahorro significativo de tiempo para la organización. El diseño, que puede necesitar desde varios días, hasta varias semanas, puede reducirse a unos pocos minutos; todo esto sin la necesidad de contratar expertos para que se dediquen exclusivamente a estas tareas de diseño y, sin embargo, la calidad de los resultados no solo no se vería reducida, sino que se vería mejorada. De esta manera, se optimizarán los procesos tanto en términos de tiempo y recursos y también estos algoritmos podrían servir para crear escenarios que lleven a una mejor toma de decisiones.

En otras palabras, el uso de este tipo de algoritmos se traduciría en una ventaja competitiva para las organizaciones porque trae múltiples beneficios, algunos como: mantener los costos bajos de entrenamiento, redireccionar recursos para otras iniciativas, reducir el tiempo en los procesos de diseño para usarlo en otras iniciativas que generen más valor. En el marco de una economía cada vez más global cualquier ventaja que se pueda tener sobre la competencia es invaluable, lo que significa que a largo plazo las organizaciones vean de forma clara la ventaja de usar de algoritmos y destinen recursos para la creación e implementación de estos.

Sin embargo estos beneficios deben matizarse en términos del uso que se le de al algoritmo en las organizaciones. Si bien es cierto que este tipo de herramientas pueden traer beneficios a las organizaciones pequeñas que no cuentan con tantos recursos para realizar un adecuado diseño instruccional, el mayor beneficio será para las compañías grandes que deben responder a múltiples necesidades de entrenamientos en distintos momentos e incluso en distintas culturas. Cuando se consideran compañías con operaciones diversas en múltiples países es fácil ver que el diseño instruccional debe responder a más demandas que en una compañía de pocas personas y pocos departamentos. Esto sin embargo plantea otro reto a las organizaciones y es el de realizar un ejercicio cociente y riguroso del algoritmo. Esto especialmente definido en términos de como mantiene el algoritmo actualizado. Considerando que el algoritmo depende de la información con el que se lo parametrize, esta parametrización es crítica

para garantizar que el algoritmo brindara resultados adecuados. Esto es un llamado de atención para las organizaciones ya que la aplicabilidad de este tipo de herramientas depende también del contexto y las situaciones en las que se. Esto último hace referencia especialmente a los factores humanos que puedan impactar en los entrenamientos. Por ejemplo, el algoritmo puede sugerir un entrenamiento virtual, pero si la población objetivo no tiene apertura a este tipo de entrenamientos entonces es probable que el entrenamiento fracase.

Pero las implicaciones y beneficios no solo son para las organizaciones y sus resultados, sino también para los empleados. La implementación de algoritmos como GTD permite que los empleados tengan acceso a mejores entrenamientos, ya que estos están diseñados para generar un mayor impacto sobre su aprendizaje, y a corto plazo, aumenten su participación y satisfacción con los entrenamientos.

Como se mencionó anteriormente, GTD puede ayudar a reducir los costos de entrenamiento, por lo que se podrían usar estos nuevos recursos disponibles para generar más entrenamientos; lo que se vería reflejado en el aprendizaje y la productividad de los empleados. Más entrenamientos para los empleados significa que ellos mejorarán su perfil y serán más deseables para el mercado laboral.

Un aumento significativo de la calidad, y cantidad de entrenamientos que los empleados puedan recibir, impactará de manera significativa su bienestar. Como se mencionó en las primeras secciones de este documento, hay una relación positiva entre la cantidad y la calidad de los entrenamientos con la satisfacción laboral, la productividad con el engagement. Todas estas variables impactan en qué tan feliz está el trabajador en su puesto.

Como se menciona el aumento en la productividad que traen los programas de entrenamiento puede traer cambios en la productividad de regiones económicas completas. Esto puede traducirse a largo plazo en el cambio del mercado laboral ya que

un amplio uso de herramientas como GTD cambiarán el nivel de preparación y el nivel de productividad de las personas en dichas regiones económicas.

Finalmente, las implicaciones prácticas de los resultados obtenidos en esta investigación se extienden a los profesionales de recursos humanos que se encargan del diseño instruccional de los entrenamientos en las organizaciones.

Una de las primeras implicaciones es un cambio en la aproximación que se tiene de los procesos que se ejecutan en los departamentos de entrenamiento. Un cambio en la aproximación, deducido de esta investigación, permite comenzar a ver los procesos y protocolos como resultados de la aplicación de investigación académica en los ámbitos prácticos. Es crucial crear puentes entre la academia y las empresas, ya que permitirá que el conocimiento generado en los ámbitos académicos sea implementado en beneficio de las organizaciones, y de igual manera, los problemas y datos que se generan en ellas serían fuentes para una mejor comprensión de los fenómenos que se dan en las organizaciones. Esta implementación mencionada se puede ver reflejada, por ejemplo, en la automatización de procesos que como ya se mencionó pueden ayudar a optimizar tiempos y recursos.

Considerando lo anterior, un cambio en la aproximación implicaría un cambio en el rol de los expertos que trabajan en las organizaciones diseñando entrenamientos. Tener una herramienta como GTD que permita dejar de lado lo operativo significa que la generación de valor de los expertos ya no estaría en cómo se diseñan los entrenamientos sino en cómo los entrenamientos impactan la operación, los resultados financieros y al bienestar de las personas que trabajan y componen la organización. Viéndolo en el contexto y teniendo en cuenta los actuales patrones de definición de los trabajos, esto quiere decir que los profesionales de recursos humanos y los entrenadores pasan a jugar otro tipo de roles y ejecutar otro tipo de tareas que potencien resultados como los diseños de los entrenamientos.

8.2 Implicaciones teóricas

Considerando los resultados obtenidos es posible observar algunas implicaciones sobre el enfoque sobre el diseño instruccional como un problema de optimización, la teoría que sostiene la práctica del diseño instruccional, y el rol que juegan los expertos en las organizaciones y cómo se toman decisiones en estas.

Como se expuso en la sección 5, el problema del diseño instruccional se puede categorizar como un problema de optimización ya que su objetivo es la selección de una serie de opciones de entrenamiento cuyo resultado debe ser el mayor impacto sobre el aprendizaje de los empleados, reduciendo la cantidad de unidades monetarias usadas. El hecho de que GTD presente mejores diseños que expertos en la materia, es un primer indicio de que enfocar el diseño instruccional como un problema de optimización es pertinente y útil para resolver los problemas que el diseño instruccional viene acarreado desde hace varias décadas. De los resultados obtenidos en esta investigación es posible definir que entre las ventajas que el uso de algoritmos como GTD tienen, son el aumento de la calidad de los diseños instruccionales, entendido este como el impacto final en el aprendizaje de los empleados; el impacto positivo sobre grupos de interés, ya que el uso de estos algoritmos afecta a las organizaciones, los empleados y a los profesionales de este ámbito; la reducción de los costos, entregando mejores entrenamientos por unidad monetaria invertida; la reducción de los tiempos, disminuyendo la duración del desarrollo del diseño de cada entrenamiento requerido; y la mejora en los procesos, al integrar conocimiento científico y automatizar los flujos de los procesos de decisión.

No obstante, también es posible reconocer algunas limitaciones de este enfoque: el uso de algoritmos como GTD puede permitir el uso indiscriminado, es decir, un uso inadecuado al no entender el contexto y las variables relevantes del problema que se

está tratando de solucionar. De manera más específica, es posible usar estas herramientas sin tener en cuenta el contexto. Esto es problemático porque puede llevar al uso inadecuado de recursos o la interpretación errónea del uso de este tipo de algoritmos. La tercera limitación es creer que un algoritmo como GTD puede reemplazar a los expertos en la materia: son justamente los expertos quienes pueden usar este tipo de herramientas teniendo en cuenta el contexto e identificando cuando es recomendable y cuando no hacer uso de estos algoritmos.

Como se expuso a lo largo de la sección 4, hoy en día los resultados del diseño instruccional están sesgados por dos prácticas; la primera, no considerar la evidencia científica sobre las opciones de entrenamiento disponible, y la segunda, relacionada con la primera, es basar los diseños en los criterios de expertos que a su vez están basados en sesgos y heurísticos. El uso de algoritmos como GTD permite transformar esta situación al implementar una herramienta que en primer lugar está basada fundamentalmente en la evidencia empírica sobre la efectividad de las distintas opciones de entrenamiento existentes. La situación también se transformaría en términos de la objetividad del proceso, pues al eliminar el factor humano del proceso de decisión, no hay lugar en el proceso del diseño para ser afectado por sesgos o heurísticos.

Esto también tendría un impacto sobre las prioridades de investigación en esta materia, ya quea no sería necesario investigar sobre los mejores modelos para el diseño instruccional, sino que se podría investigar en nuevas y mejores opciones de entrenamiento, o cómo las opciones de entrenamiento varían de una industria a otra. Esto no solo mejoraría la predictibilidad del algoritmo, sino que también aumentaría las opciones de entrenamiento disponibles.

Pero quizá el mejor descubrimiento realizado durante esa investigación es la flexibilidad de algoritmos como GTD pueden traer a la práctica y a los procesos en las organizaciones. La objetividad que el uso de un algoritmo trae a la práctica, está basada en la conceptualización de cómo solucionar el problema del diseño de manera específica.

Sin embargo, los datos y la información con la que se alimenta el algoritmo dependen totalmente del operador. Definir qué opciones de entrenamiento, o ajustar los costos según la disponibilidad de lo encontrado en el mercado, pueden ser estrategias y alternativas que darían mucha flexibilidad a los profesionales en términos de cómo usar el algoritmo. De esta manera, el uso de algoritmos brinda una fortaleza en términos numéricos y una gran flexibilidad en términos de cómo usarlo. Un ejemplo de ello sería poder alimentar el algoritmo con parámetros propios de cada organización, de esta manera, la información usada sería totalmente ajustada a sus necesidades, lo que se traduciría en un aumento de la predictibilidad de los resultados respecto a la realidad.

Uno de los elementos contextuales identificados en los antecedentes de la literatura es que los expertos no usan evidencia empírica para crear sus diseños de entrenamientos, permitiendo el uso de sesgos y herramientas heurísticas. Como se pudo observar, esto es positivo porque les permite trabajar en el día a día pero tiene la implicación negativa de generar diseños no óptimos y no poder sistematizar sus prácticas.

Con el objetivo de no generar un sesgo en los resultados de los expertos, en esta investigación se crearon tres condiciones en las que variaba la cantidad de información disponible para crear los diseños de los entrenamientos. Los resultados arrojados permitieron establecer que la cantidad de información disponible no impacta la calidad de estos, lo que significa que, a la hora de crear los entrenamientos, los expertos participantes también recurren a sesgos y heurísticos. Todo esto es coherente con los antecedentes y la evidencia en la literatura.

Continuando con esta línea de pensamiento, desde los resultados obtenidos en esta investigación, es posible reafirmar que es necesario encontrar alternativas de diseño instruccional para ser implementados en las organizaciones.

8.3 Otros enfoques

La sinergia operativa creada por algoritmos como GTD y los expertos podría tener un impacto muy importante en los resultados de su práctica, impactando finalmente a la organización y a los empleados de manera positiva. En términos técnicos, esta sinergia se conoce como cognición aumentada, un proceso en el que las decisiones son tomadas de manera conjunta por un agente humano y un agente artificial, en este caso un algoritmo. Este tipo de procesos ya se ha investigado en contextos como la medicina, la ingeniería y las finanzas evidenciando que la toma de decisiones acompañadas por inteligencias artificiales suelen ser mucho mejores que solo las de los humanos o solo las inteligencias artificiales.

Este enfoque de empezar a integrar algoritmos en los procesos de las organizaciones está claramente enfocado en la automatización completa de las organizaciones. Por un lado, esta automatización completa puede impactar de manera significativa cómo las organizaciones generan valor mientras se producen productos y servicios, pero, por otro lado, tiene todo el potencial de generar una disrupción completa en las cadenas productivas, especialmente al eliminar el factor humano de la producción, por lo que si no hay una transición adecuada en la implementación de estas tecnologías en los procesos productivos, se puede generar un impacto social negativo de proporciones épicas. Aunque si se desarrolla de manera adecuada podría generar un impacto muy positivo en el bienestar y las sociedades humanas.

9. Conclusiones

9.1 Diseño, prueba y contraste

De los resultados obtenidos se puede concluir que es posible diseñar un algoritmo genético que cree entrenamientos más baratos y eficientes que expertos en la materia. Durante las pruebas se estableció que el algoritmo es confiable y válido en sus resultados, y durante el contraste, que el algoritmo es mejor que los humanos el 97.8% de las veces.

9.2 Utilidad

De los resultados presentados se puede concluir que usar un algoritmo como GTD tiene el potencial de reducir los costos de entrenamiento, aumentar la cobertura de los entrenamientos, incrementar la efectividad de los entrenamientos y con ello aumentar la productividad no solo a nivel individual sino organizacional.

Esta utilidad se debe a que la herramienta permite controlar o minimizar los sesgos que tienen los expertos a la hora de diseñar los programas de entrenamiento. Esto crearía un proceso de cognición aumentada en la que el experto y el algoritmo se convierten en un solo agente de procesamiento de información, dando como resultado una mejora exponencial en los diseños de entrenamientos y su impacto en las organizaciones.

Finalmente la flexibilidad de este tipo de algoritmos sería útil para mantener actualizadas las opciones de entrenamiento que se creen como resultado del desarrollo tecnológico.

9.3 Limitaciones e investigaciones futuras

Entre las limitaciones encontradas en esta investigación se debe señalar que solo se hizo uso de un limitado número de características y opciones de entrenamiento que fueron seleccionadas ad hoc. Considerando que el objetivo era probar que era posible crear un algoritmo, la cantidad de características consideradas debían ser solo suficiente para que el algoritmo y los expertos tuvieran suficientes opciones pero no tantas para desbordar el objetivo académico de la investigación. Para futuras investigaciones definir características de entrenamiento que sean relevantes a un sector industrial puede darle más validez contextual a la investigación. Tampoco se usaron medidas monetarias reales en los casos presentados a los expertos. En el futuro, la continuación de esta investigación implicaría aumentar la muestra de expertos para minimizar el error de diferencia entre los resultados de los expertos y el algoritmo, y usar unidades monetarias que correspondan a un contexto real con el ánimo de aumentar la validez contextual de los casos. Además, se deberían realizar experimentos en contextos reales de entrenamiento para evidenciar el impacto total sobre los estudiantes.

Otra de las limitaciones de esta investigación es que aborda el diseño instruccional sin enfocarse en una industria determinada. Esto es una limitación porque como se menciona en la sección 3, el diseño instruccional se ve afectado por las prácticas y las características de cada sector industrial. Además, esto se relaciona directamente con la capacidad de las organizaciones, en el contexto de su sector industrial, de adoptar nuevas tecnologías. Considerese por ejemplo impacto de la realidad aumentada o la realidad virtual en el entrenamiento. Como lo señalan Kaplan et al (2021), la adopción de este tipo de tecnologías puede tener un impacto positivo en los programas de entrenamiento. Esta limitación es extendida también en términos de la parametrización que se puede hacer del algoritmo para cada sector industrial. Si se alimenta la matriz de evidencia del algoritmo con evidencia solo de ese sector industrial se podrían tener diseños más ajustados a dicha industria obteniendo diseños de mayor calidad. Al ser esta investigación una prueba de concepto no se realizó dicha parametrización.

Finalmente, si más investigaciones con un mayor alcance y una mayor validez contextuales son realizadas, es importante considerar los impactos a largo plazo del uso de este tipo de algoritmos. ¿Se reflejará una diferencia significativa en los resultados de compañías que los usan frente a compañías que no en plazos de 5 o 10 años?

Investigaciones longitudinales son necesarias para responder a esta pregunta. Otro factor a considerar en futuras investigaciones es si son los algoritmos genéticos el mejor mecanismo de optimización para este tipo de problemas.

A. Anexo: Opciones de entrenamiento

No		Definition	Option	Definition	Recuperado de:
1	Mode	Defines the kind of interaction that the trainee has with the content and activities of the training program.	Experiencial	A business curriculum-related endeavor which is interactive (other than between teacher and pupil) and is characterized by variability and uncertainty.	https://wmich.edu/sites/default/files/attachments/u5/2013/WHAT%20S%20EXPERIENTIAL%20%20LEARNING%3F%20%20.pdf
2			Virtual	'learning facilitated and supported through the use of information and communications technology' (Joint Information Systems Committee, 2004, p. 10).	https://sci-hub.ru/10.1080/14759390902992576
3			Face-to-face	Interaction between students and an instructor: Instructors must perform a variety of tasks in the process of teaching, e.g., supporting students by providing a structure of the learning content, providing feedback of accomplishments, stimulating students' motivation to process and reflect on content, and lastly providing assistance to enable them to engage in learning activities	https://sci-hub.ru/10.1016/j.iheduc.2010.09.004
4			Blended	Blended learning systems combine face-to-face instruction with computer-mediated instruction	https://link.springer.com/article/10.1007/s11528-019-00375-5
6			Job assignments	learn by doing—by working on real problems and dilemmas in situations with real consequences.	https://sci-hub.ru/10.1002/lia.1040
7	Group	Defines if the training	Individual	There is not interaction between trainees	https://sci-hub.ru/10.1177/0146167295214009

8		program is presented to several trainees at the time our one trainee at the time.	Grupal	There is interaction between the trainees.	https://sci-hub.ru/10.1177/0146167295214009
9	Assistance	Defines whether the training program has a lead for the activities and content review. And the kind of lead in case it has.	With Trainer	There is direction from another person to lead the activities and content of the program.	https://sci-hub.ru/10.1109/TPC.2002.801636
10			Without Trainer	In self-directed learning situations, all the decisions concerning the learning programme are the responsibility of the learner himself	https://sci-hub.ru/10.1017/S0261444800008387
12	Quantity	Defines the span of time in which the activities and content are presented to the trainee.	Microtraining	Micro-training is based on fundamentals of nano-learning and micro-learning. According to Fahey and Ramos (2015), nano-learning is the packaging and delivery of educational content in extremely short increments—10 minutes or less	http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED571523.pdf
13			Full training	Training sessions longer than 20 minutes.	N/A
14	Support	Defines the relationship between the trainee and the trainer.	Mentoring	Mentoring is an intense relationship in which a senior person oversees the career development and psychosocial development of a less-experienced person (Douglas 1997)	https://sci-hub.ru/10.1177/019263650008461704
15			Coaching	Coaching relies on job-related tasks or skills and is accomplished through instruction, demonstration, and high-impact feedback (Gray 1988).	https://sci-hub.ru/10.1177/019263650008461704

No	Variable	Definition	Reference
1	Soft skill	"The interpersonal, human, people, or behavioral skills needed to apply technical skills and knowledge in the workplace" PP 8	Marin-Zapata, S. I., Román-Calderón, J. P., Robledo-Ardila, C., & Jaramillo-Serna, M. A. (2021)
2	Hard skill	"skills which deal with concrete problems with specific knowledge." PP 1	Lyu, W., & Liu, J. (2021)
3	Knowledge	what learners need to know about (i) the purpose of a task, (ii) the task's demands, and (iii) implicit in these considerations, a determination of the kind of task it is." pp 185	Wenden, A. L. (1995).

B. Anexo: Casos evaluados

En esta primera sección (1/3) encontrará la descripción de un caso de entrenamiento hipotético. Su objetivo es seleccionar las opciones de entrenamiento que considere pertinentes para el caso.

Las opciones de entrenamiento están agrupadas según las características que un entrenamiento puede tener, de esta manera encontrará 6 características y 13 opciones de entrenamiento.

Junto con el caso encontrará un presupuesto asignado. El objetivo es que la suma del costo de las opciones de entrenamiento no supere el presupuesto asignado al caso.

1. Seleccione todas las opciones de entrenamiento que considere pertinentes.

Recuerde: Cuide que la suma de los costos no supere su presupuesto asignado.

Caso 1

Suponga que debe desarrollar un programa de entrenamiento para un ejecutivo de ventas de una empresa de servicios de consultoría financiera.

El objetivo es mejorar sus habilidades de venta y convertirlo en un vendedor de alto rendimiento.

El programa de entrenamiento debe centrarse en habilidades duras y blandas, abarcando: técnicas de venta, estrategias de cierre de ventas, manejo de objeciones, uso de tecnología y análisis de datos para optimizar el seguimiento y cierre de ventas. También se enfocará en habilidades blandas como: la comunicación efectiva, la persuasión, la construcción de relaciones sólidas con los clientes y la colaboración en equipo para alcanzar los objetivos de ventas.

En términos de conocimiento, el programa se centrará en comprender el sector financiero, los productos y servicios de la empresa, las necesidades de los clientes y cómo la empresa puede ayudar a los clientes a alcanzar sus metas financieras.

Presupuesto: 10

Características	Opcion Entrenamiento	Costo
Modalidad	Experiencial	2
	Virtual	2
	Presencial	4
	Mixto	2
	Asignacion de tareas	2
Colectividad	Individual	3
	Grupal	4
Asistencia	Con entrenador	3
	Sin entrenador	2
Cantidad	Micro entrenamiento	2
	Entrenamiento completo	3
Alternativas	Mentorias	4
	Coaching	5

Caso 2

Suponga que debe desarrollar un programa de entrenamiento enfocado en mejorar las habilidades de liderazgo de un gerente de marketing con dos años de experiencia en la empresa.

El programa se enfocará en habilidades duras y blandas, incluyendo técnicas de liderazgo, estrategias de planificación de marketing y gestión de proyectos, así como habilidades blandas como la comunicación efectiva y la colaboración en equipo.

El programa también abordará conocimiento del mercado tecnológico, productos y servicios de la empresa y las necesidades y preocupaciones del cliente para desarrollar campañas de marketing efectivas.

Al finalizar el programa de entrenamiento, se evaluará el desempeño del gerente de marketing mediante una encuesta de satisfacción del cliente y una revisión de los resultados de marketing para medir el impacto del programa de entrenamiento en la empresa.

El objetivo final es convertir al gerente de marketing en un líder de alto rendimiento.

Presupuesto: 5

Características	Opcion Entrenamiento	Costo
Modalidad	Experiencial	2
	Virtual	2
	Presencial	4
	Mixto	2
	Asignacion de tareas	2
Colectividad	Individual	3
	Grupal	4
Asistencia	Con entrenador	3
	Sin entrenador	2
Cantidad	Micro entrenamiento	2
	Entrenamiento completo	3
Alternativas	Mentorias	4
	Coaching	5

Caso 3

Suponga que debe desarrollar un programa de entrenamiento para un gerente de producción de una empresa de alimentos que lleva 10 años en la empresa.

El objetivo es mejorar sus habilidades de gestión de producción y convertirlo en un gerente de alto rendimiento.

El programa de entrenamiento se enfocará en habilidades duras, incluyendo la gestión de procesos, la supervisión de personal, la planificación de producción y la implementación de mejoras continuas. También se trabajará en habilidades blandas, como la comunicación efectiva, la gestión de conflictos y la colaboración en equipo para alcanzar los objetivos de producción.

Además, el programa se enfocará en la comprensión del negocio de alimentos y bebidas, incluyendo la cadena de suministro, los requisitos regulatorios y las prácticas de seguridad alimentaria.

Presupuesto: 9

Características	Opcion Entrenamiento	Costo
Modalidad	Experiencial	2
	Virtual	2
	Presencial	4
	Mixto	2
	Asignacion de tareas	2
Colectividad	Individual	3
	Grupal	4
Asistencia	Con entrenador	3
	Sin entrenador	2
Cantidad	Micro entrenamiento	2
	Entrenamiento completo	3
Alternativas	Mentorias	4
	Coaching	5

En esta segunda sección (2/3) encontrará las necesidades de entrenamiento y el indicador de impacto en el aprendizaje de cada opción de entrenamiento. Su objetivo es seleccionar las opciones de entrenamiento que considere pertinentes para el caso.

Todos los indicadores de impacto se encuentran en un número de 0 a 100. A mayor el indicador de impacto más aprendizaje logrará la persona.

Igual que en los casos anteriores las opciones de entrenamiento están agrupadas según las características que un entrenamiento puede tener, de esta manera encontrará 5 características y 13 opciones de entrenamiento.

Junto con el caso encontrará un presupuesto asignado. El objetivo es que la suma del costo de las opciones de entrenamiento no supere el presupuesto asignado al caso.

1. Seleccione todas las opciones de entrenamiento que considere pertinentes.

Recuerde: Cuide que la suma de los costos no supere su presupuesto asignado.

Caso 1

Suponga que debe entrenar a una persona en 3 habilidades blandas, 2 habilidades duras y debe aprender 3 conceptos.

Presupuesto: 6

Características	Opcion Entrenamiento	Habilidades blandas	Habilidades duras	Conocimiento	Costo
Modalidad	Experiencial	48	39	96	2
	Virtual	21	49	48	2
	Presencial	31	89	50	4
	Mixto	8	30	19	2
	Asignacion de tareas	57	74	74	2
Colectividad	Individual	-26	53	70	3
	Grupal	26	83	63	4
Asistencia	Con entrenador	31	80	71	3
	Sin entrenador	26	78	76	2
Cantidad	Micro entrenamiento	89	41	50	2
	Entrenamiento completo	16	52	40	3
Alternativas	Mentorias	35	80	80	4
	Coaching	45	64	80	5

Caso 2

Suponga que debe entrenar a una persona en 10 habilidades blandas, 2 habilidades duras y debe aprender 0 conceptos.

Presupuesto: 9

Características	Opcion Entrenamiento	Habilidades blandas	Habilidades duras	Conocimiento	Costo
Modalidad	Experiencial	48	39	96	2
	Virtual	21	49	48	2
	Presencial	31	89	50	4
	Mixto	8	30	19	2
	Asignacion de tareas	57	74	74	2
Colectividad	Individual	-26	53	70	3
	Grupal	26	83	63	4
Asistencia	Con entrenador	31	80	71	3
	Sin entrenador	26	78	76	2
Cantidad	Micro entrenamiento	89	41	50	2
	Entrenamiento completo	16	52	40	3
Alternativas	Mentorias	35	80	80	4
	Coaching	45	64	80	5

Caso 3

Suponga que debe entrenar a una persona en 5 habilidades blandas, 5 habilidades duras y debe aprender 5 conceptos

Presupuesto: 10

Características	Opcion Entrenamiento	Habilidades blandas	Habilidades duras	Conocimiento	Costo
Modalidad	Experiencial	48	39	96	2
	Virtual	21	49	48	2
	Presencial	31	89	50	4
	Mixto	8	30	19	2
	Asignacion de tareas	57	74	74	2
Colectividad	Individual	-26	53	70	3
	Grupal	26	83	63	4
Asistencia	Con entrenador	31	80	71	3
	Sin entrenador	26	78	76	2
Cantidad	Micro entrenamiento	89	41	50	2
	Entrenamiento completo	16	52	40	3
Alternativas	Mentorias	35	80	80	4
	Coaching	45	64	80	5

En esta tercera sección (3/3) encontrará la descripción de un caso de entrenamiento hipotético y el indicador de impacto en el aprendizaje de cada opción de entrenamiento. Su objetivo es seleccionar las opciones de entrenamiento que considere pertinentes para el caso.

Todos los indicadores de impacto se encuentran en un número de 0 a 100. A mayor el indicador de impacto más aprendizaje logrará la persona.

Igual que en los casos anteriores las opciones de entrenamiento están agrupadas según las características que un entrenamiento puede tener, de esta manera encontrará 5 características y 13 opciones de entrenamiento.

Junto con el caso encontrará un presupuesto asignado. El objetivo es que la suma del costo de las opciones de entrenamiento no supere el presupuesto asignado al caso.

1. Seleccione todas las opciones de entrenamiento que considere pertinentes.

Recuerde: Cuide que la suma de los costos no supere su presupuesto asignado.

Caso 1

Suponga que debe entrenar a un ejecutivo de servicio al cliente en una empresa de telecomunicaciones que ha estado en su puesto por tres años y necesita mejorar su capacidad para resolver problemas de los clientes. El programa de entrenamiento debe abordar habilidades blandas, como la empatía, la comunicación efectiva y la resolución de conflictos, así como habilidades duras, como el manejo de herramientas de soporte al

cliente y la resolución de problemas técnicos específicos del sector de las telecomunicaciones.

El programa de entrenamiento también incluirá conocimientos sobre el sector de las telecomunicaciones, los productos y servicios de la empresa, y las necesidades de los clientes. El objetivo es mejorar la capacidad del ejecutivo de servicio al cliente para proporcionar soluciones rápidas y efectivas a los problemas de los clientes y mejorar la satisfacción del cliente.

Presupuesto: 10

Características	Opcion Entrenamiento	Habilidades blandas	Habilidades duras	Conocimiento	Costo
Modalidad	Experiencial	48	39	96	2
	Virtual	21	49	48	2
	Presencial	31	89	50	4
	Mixto	8	30	19	2
	Asignacion de tareas	57	74	74	2
Colectividad	Individual	-26	53	70	3
	Grupal	26	83	63	4
Asistencia	Con entrenador	31	80	71	3
	Sin entrenador	26	78	76	2
Cantidad	Micro entrenamiento	89	41	50	2
	Entrenamiento completo	16	52	40	3
Alternativas	Mentorias	35	80	80	4
	Coaching	45	64	80	5

Caso 2

Suponga que un gerente de proyecto de una empresa de tecnología ha sido ascendido recientemente y necesita mejorar sus habilidades de liderazgo y gestión de equipos.

El programa de entrenamiento se enfocará en habilidades blandas como la comunicación efectiva, la gestión de conflictos, la construcción de relaciones sólidas con los miembros del equipo y la resolución de problemas. Se trabajarán habilidades duras, tales como la gestión de proyectos, la gestión del tiempo, la toma de decisiones, y la implementación de procesos eficientes.

Además, se desarrollará un módulo especializado en liderazgo, que se enfocará en el desarrollo de habilidades de liderazgo y en la creación de un ambiente de trabajo que permita la colaboración, la motivación y la innovación del equipo.

Presupuesto: 5

Características	Opcion Entrenamiento	Habilidades blandas	Habilidades duras	Conocimiento	Costo
Modalidad	Experiencial	48	39	96	2
	Virtual	21	49	48	2
	Presencial	31	89	50	4
	Mixto	8	30	19	2
	Asignacion de tareas	57	74	74	2
Colectividad	Individual	-26	53	70	3
	Grupal	26	83	63	4
Asistencia	Con entrenador	31	80	71	3
	Sin entrenador	26	78	76	2
Cantidad	Micro entrenamiento	89	41	50	2
	Entrenamiento completo	16	52	40	3
Alternativas	Mentorias	35	80	80	4
	Coaching	45	64	80	5

Caso 3

Suponga que un ingeniero de software de una empresa de tecnología necesita mejorar su capacidad para escribir código limpio y eficiente. Usted debe diseñar un programa de entrenamiento que aborde estas habilidades duras.

El programa se centrará en mejorar la comprensión del ingeniero sobre programación orientada a objetos, la optimización de código y la mejora de la eficiencia en el desarrollo de software. El programa también abordará la comprensión de las mejores prácticas y estándares en el desarrollo de software y cómo aplicarlos en su trabajo. Esto incluirá el uso de herramientas de análisis de código, pruebas y depuración para mejorar la calidad y eficiencia del código.

Finalmente, se trabajará en mejorar la capacidad del ingeniero para colaborar con otros miembros del equipo de desarrollo, comunicar de manera efectiva sus ideas y entender las necesidades de los usuarios finales del software.

Presupuesto: 7

Características	Opcion Entrenamiento	Habilidades blandas	Habilidades duras	Conocimiento	Costo
Modalidad	Experiencial	48	39	96	2
	Virtual	21	49	48	2
	Presencial	31	89	50	4
	Mixto	8	30	19	2
	Asignacion de tareas	57	74	74	2
Colectividad	Individual	-26	53	70	3
	Grupal	26	83	63	4
Asistencia	Con entrenador	31	80	71	3
	Sin entrenador	26	78	76	2
Cantidad	Micro entrenamiento	89	41	50	2
	Entrenamiento completo	16	52	40	3
Alternativas	Mentorias	35	80	80	4
	Coaching	45	64	80	5

C. Anexo: Consentimiento informado

Por favor, lea y acepte el siguiente consentimiento informado.

Está invitada/o a participar en un estudio de investigación sobre el uso de algoritmos genéticos para crear diseños de instrucción para entrenamientos corporativos. El estudio está siendo realizado por Erick Cárdenas, en el contexto del Máster en Administración de la Universidad Nacional de Colombia.

Objetivo del Estudio: El objetivo de este estudio es probar si un algoritmo genético puede diseñar programas de entrenamiento con la misma calidad que los expertos en el tema.

Procedimientos: Si acepta participar en este estudio, se le pedirá que complete una encuesta en línea. La encuesta le hará preguntas sobre casos hipotéticos de entrenamiento corporativo. La encuesta tomará aproximadamente 30 minutos para ser completada.

Riesgos y beneficios: No se conocen riesgos asociados con la participación en este estudio. Se le informará de los resultados después de que se complete el análisis de datos.

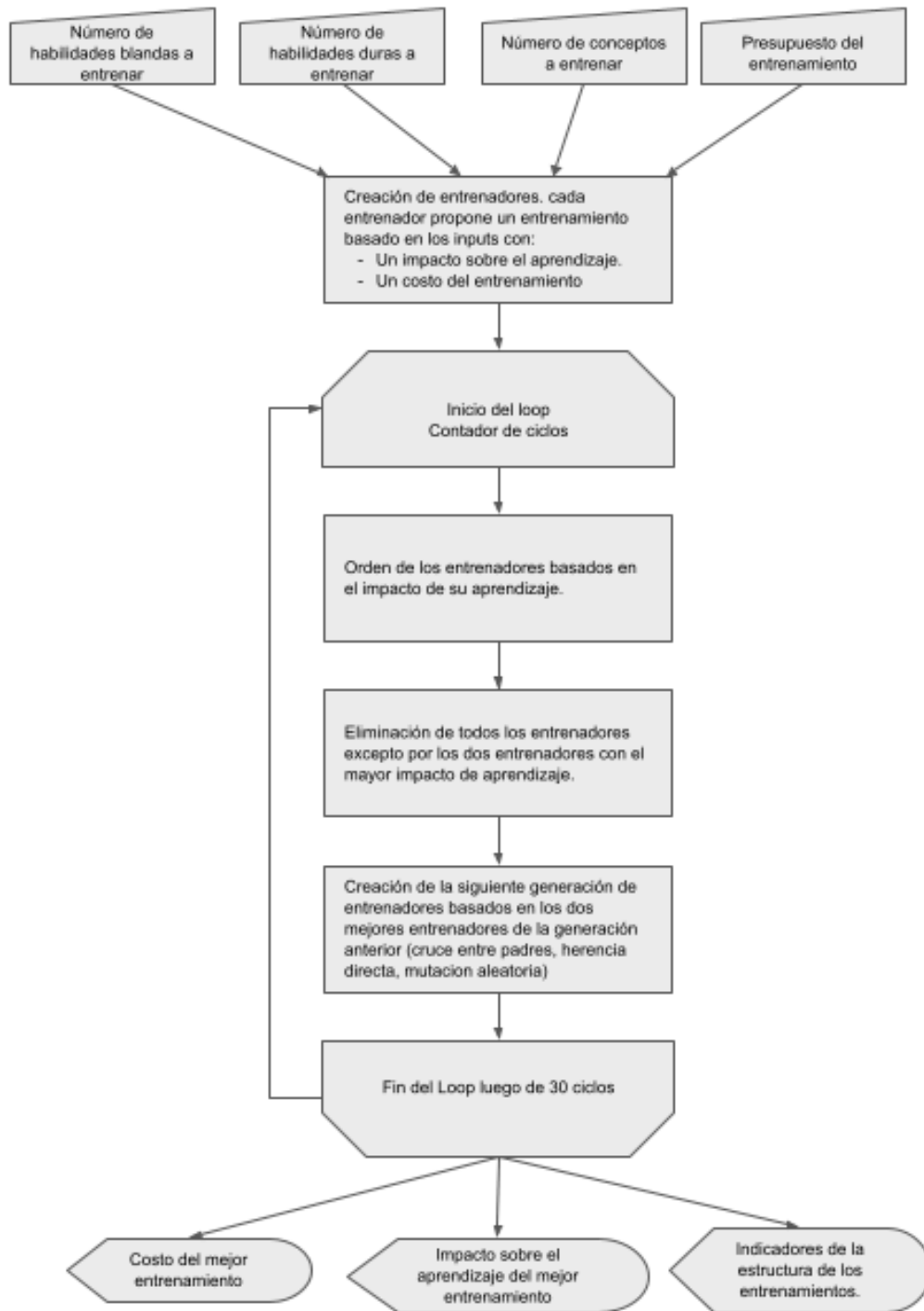
Confidencialidad: Toda la información recolectada en este estudio será confidencial. Su nombre no será utilizado en ningún material del estudio. Los datos serán almacenados en una computadora protegida por contraseña, serán anonimizados y sólo serán accesibles para el investigador que realiza el estudio.

Participación voluntaria: Su participación en este estudio es voluntaria. Usted es libre de negarse a participar o retirarse del estudio en cualquier momento.

Consentimiento: Al hacer clic en el botón "Acepto", está dando su consentimiento para participar en este estudio. Entiende que su participación es voluntaria y que puede retirarse del estudio en cualquier momento sin penalización. También entiende que toda la información recolectada en este estudio será confidencial.

Si tiene alguna pregunta sobre este estudio, por favor contacta a Erick Cárdenas en xxxxxxxxxxxx@unal.edu.co, teléfono celular: +57 31xxxxxxxx

D. Anexo: Flujo de información del algoritmo



E. Anexo: Matriz de evidencia de impacto de aprendizaje de cada opción de entrenamiento*

			Training Needs		
			Soft skill	Hard skill	Knowledge
Delivery Methods	Mode	Experiencial	0.48	0.39	0.96
		Virtual	0.21	0.49	0.48
		Face-to-face	0.31	0.89	0.50
		Blended	0.08	0.30	0.19
		Job assignments/job rotation	0.57	0.74	0.74
	Group	Individual	-0.26	0.53	0.70
		Grupal	0.26	0.83	0.63
	Assistence	With Trainer	0.31 (d)	0.80	0.71
		Without Trainer	0.26	0.78	0.76
	Quantity	Microtraining	0.89	0.41	0.50
		Full training	0.16	0.52	0.40
	Support	Mentoring	0.35	0.80	0.80 (c)
		Coaching	0.45	0.64	0.80 (c)

Referencias:

			Soft skill	Hard skill	Knowledge
Delivery Methods	Mode	Experiencial	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8369950/	https://medicine.nus.edu.sg/taps/issues/experiential-learning-in-clinical-pathology-using-design-thinking-skills-dts-approach/	https://sci-hub.se/10.1080/09540129650125551
		Virtual	https://sci-hub.se/10.1177/2329490615602090	https://sci-hub.se/10.1016/j.chb.2014.10.032	https://sci-hub.se/10.1089/cyber.2012.0416
		Face-to-face	https://sci-hub.se/10.1080/10963758.2018.1485500	https://sci-hub.se/10.1080/10963758.2018.1485500	https://sci-hub.se/10.1089/cyber.2012.0416
		Blended	https://irdl.info.yorku.ca/files/2014/01/TechReport2009-5.pdf	https://sci-hub.se/10.1109/ICITM.2019.8710705	https://typeset.io/pdf/integrating-library-instruction-in-to-the-course-manageme-nt-2k3dd472bf.pdf

	Job assignments	https://www.acarindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423873804.pdf	https://www.acarindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423873804.pdf	https://www.acarindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423873804.pdf
Group	Individual	https://sci-hub.se/10.1177/0146167295214009	https://sci-hub.se/10.1177/0146167295214009	http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-5997201400200002
	Grupal	https://sci-hub.se/10.1177/0146167295214009	https://sci-hub.se/10.1177/0146167295214009	http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-5997201400200002
Assistance	With Trainer	https://sci-hub.se/10.1080/10963758.2018.1485500	https://sci-hub.se/10.1016/S0002-9610(00)00341-X	https://sci-hub.se/10.1016/j.jml.2010.11.002
	Without Trainer	https://typeset.io/pdf/automated-social-skills-trainer-4ab82xky9t.pdf	https://sci-hub.se/10.1016/S0002-9610(00)00341-X	https://sci-hub.se/10.1016/j.jml.2010.11.002
Quantity	Microtraining	https://sci-hub.se/10.1080/1380361950010403	https://sci-hub.se/10.109/ICETA48886.2019.9040034	https://dergipark.org.tr/en/pub/ijere/issue/58044/869642
	Full training	Effectiveness of hierarchical, diversified soft skills training in clinical nursing training	https://sci-hub.se/10.109/ICETA48886.2019.9040034	https://typeset.io/pdf/training-software-developers-and-designers-to-conduct-2jn1i09iej.pdf
Support	Mentoring	https://sci-hub.se/10.3126/ijssm.v2i2.12323	https://sci-hub.se/10.3126/ijssm.v2i2.12323	https://sci-hub.se/10.3126/ijssm.v2i2.12323
	Coaching	https://sci-hub.se/10.3126/ijssm.v2i2.12323	https://sci-hub.se/10.3126/ijssm.v2i2.12323	https://sci-hub.se/10.3126/ijssm.v2i2.12323

*Esta matriz se construyo con articulos de metodologias descriptivo-comparativas y que usaran mecanismos de contraste entre las distintas opciones. Teniendo en cuenta que esta matriz serviria como prueba de concepto no se definio un protocolo riguroso para la eleccion de los articulos.

10. Bibliografía

Agarwal, N., Pande, N., & Ahuja, V. (2015). Analysis of employee training needs in information technology industry. *International Journal of Indian Culture and Business Management*, 11, 323-343.

Aguinis, H., & Kraiger, K. (2009). Benefits of training and development for individuals and teams, organizations, and society. *Annual Review of Psychology*, 60, 451-474. doi:10.1146/annurev.psych.60.110707.163505

An, Y. (2021). A history of instructional media, instructional design, and theories. *International Journal of Technology in Education (IJTE)*, 4(1), 1-21. <https://doi.org/10.46328/ijte.35>

Arora, R. K. (2015). *Optimization: algorithms and applications*. CRC press.

Barneson, J (2020). Steps to Take in Training an Employee. University of Minnesota. Retrieved from: <https://open.lib.umn.edu/humanresourcemanagement/chapter/8-1-steps-to-take-in-training-an-employee/>

Bausch, S., Michel, A., & Sonntag, K. (2014). How gender influences the effect of age on self-efficacy and training success. *International Journal of Training and Development*, 18(3), 171–187. <https://doi.org/10.1111/ijtd.12027>

Black, D.A., Noel, B.J. and Wang, Z. (1999), On-the-Job Training, Establishment Size, and Firm Size: Evidence for Economies of Scale in the Production of Human Capital. *Southern Economic Journal*, 66: 82-100. <https://doi.org/10.1002/j.2325-8012.1999.tb00225.x>

Brown, K. G., & Sitzmann, T. (2011). Training and employee development for improved performance. In S. Zedeck (Ed.), *APA handbook of industrial and organizational*

psychology, Vol. 2. Selecting and developing members for the organization (pp. 469–503). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/12170-016>

Boling, E., Alangari, H., Hajdu, I.M., Guo, M., Gyabak, K., Khlaif, Z.N., Kizilboga, R., Tomita, K., Alsaif, M.M., Lachheb, A., Bae, H., Ergulec, F., Zhu, M., Basdogan, M., Buggs, C., Sari, A.R., & Techawitthayachinda, R. (2017). Core Judgments of Instructional Designers in Practice. *Performance Improvement Quarterly*, 30, 199-219.

Botturi, L. (2003). *Instructional Design & Learning Technology Standard*. ICeF - Quaderni dell'Istituto

Bushardt, S.C., Fretwell, C. and Byrd Cumbest, P. (1994), "Continuous Improvement through Employee Training: A Case Example from the Financial Services Industry", *The Learning Organization*, Vol. 1 No. 1, pp. 11-16. <https://doi.org/10.1108/09696479410053395>

Campbell, J. P., & Kuncel, N. R. (2002). Individual and team training. In N. Anderson, D. S. Ones, H. K. Sinangil, & C. Viswesvaran (Eds.), *Handbook of industrial, work and organizational psychology*, Vol. 1. Personnel psychology (pp. 278–312). Sage Publications Ltd.

Castellanos, R. M. M., & Martín, M. Y. S. (2011). Training as a source of competitive advantage: Performance impact and the role of firm strategy, the Spanish case. *The International Journal of Human Resource Management*, 22(3), 574–594. <https://doi.org/10.1080/09585192.2011.543635>

Catsigeras, E. (2017) CONSISTENCIA, NO TRIVIALIDAD Y REDUNDANCIA EN MATEMÁTICA. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. 17 (34) 137-159

Chahar, B., Hatwal, V., & Sen, S. (2019). Employees training and its impact on learning and creativity: moderating effect of organizational climate. *Business Perspectives*, 26(1), 1-13.

Chang, C. (2011), Usability testing for e-learning material for new employee training: A design-based research approach. *British Journal of Educational Technology*, 42. 125-130. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01216.x>

Chiang, C., Back, K., & Canter, D.D. (2005). The Impact of Employee Training on Job Satisfaction and Intention to Stay in the Hotel Industry. *Journal of Human Resources in Hospitality & Tourism*, 4, 118 - 99.

Chin, M. A. (2000). Human Aspects in Process Improvement. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44(12), 2-507-2–510. <https://doi.org/10.1177/154193120004401218>

Daniels, S. (2003), Employee training: a strategic approach to better return on investment, *Journal of Business Strategy*, 24(5) 39-42. <https://doi.org/10.1108/02756660310698713>

Dicks, D. & Ives, Cindy. (2008). Instructional designers at work: A study of how designers design. *Canadian Journal of Learning and Technology / La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*. 34. 10.21432/T28W26.

Drescher M, Edwards RC. A systematic review of transparency in the methods of expert knowledge use. *J Appl Ecol*. 2019; 56: 436–449. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13275>

EL Hajjar, S. T., & Alkhanaizi, M. S. (2018). Exploring the Factors That Affect Employee Training Effectiveness: A Case Study in Bahrain. *SAGE Open*, 8(2). <https://doi.org/10.1177/2158244018783033>

Elnaga, A. and Imran, A. (2013) The Effect of Training on Employee Performance. *European Journal of Business and Management*, 5, 137.

Evgrafov, A., & Patriksson, M. (2005). *An Introduction to Optimization: Foundations and Fundamental Algorithms*. Dover Publication. New York

Flegl, M., Depoo, L., & Alcázar, M. (2022). The Impact of Employees' Training on Their Performance Improvements. *Quality Innovation Prosperity*, 26(1), 70–89. <https://doi.org/10.12776/qip.v26i1.1665>

Jehanzeb, K., Hamid, A. B., & Rasheed, A. (2015). What is the role of training and job satisfaction on turnover intentions? *International Business Research*, 8(3), 208. <https://doi.org/10.5539/ibr.v8n3p208>

Glaveli, N., & Karassavidou, E. (2011). Exploring a possible route through which training affects organizational performance: the case of a Greek bank. *International Journal of Human Resource Management*, 22(14), 2892-2923. <https://doi.org/10.1080/09585192.2011.606113>

Green, P., & Skinner, D. (2005). Does time management training work? An evaluation. *International Journal of Training and Development*, 9(2), 124–139. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2419.2005.00226.x>

Gupta, K. and Lee, H. (2001), A practical guide to needs assessment. *Perf. Improv.*, 40: 40-42. <https://doi.org/10.1002/pfi.4140400810>

Hayne, Stephen C.; Smith, C.A.P.; and Vijaysarathy, Leo R., "Training for Collaboration and Cognitive Alignment" (2005). *AMCIS. 2005 Proceedings*. 10.

Holtmann, A. G., & Idson, T. L. (1991). Employer Size and On-the-Job Training Decisions. *Southern Economic Journal*, 58(2), 339–355. <https://doi.org/10.2307/1060178>

Juang, Y, Lin, S, Kao, H. (2007) An adaptive scheduling system with genetic algorithms for arranging employee training programs. *Expert Systems with Applications*. 33. 642 - 651

Kaplan, A. D., Cruit, J., Endsley, M., Beers, S. M., Sawyer, B. D., & Hancock, P. A. (2021). The Effects of Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality as Training Enhancement Methods: A Meta-Analysis. *Human Factors*, 63(4), 706-726. <https://doi.org/10.1177/0018720820904229>

Khushk, A. A., Zengtian, Z., Amoah, M., & Grace, G. (2021). Impact of training and goal setting on employee engagement and commitment in the banking sector of Pakistan. *Journal of Advanced Research in Economics and Administrative Sciences*, 2(3), 89-100.

Lacerenza, C. N., Reyes, D. L., Marlow, S. L., Joseph, D. L., & Salas, E. (2017). Leadership training design, delivery, and implementation: A meta-analysis. *The Journal of applied psychology*, 102(12), 1686–1718. <https://doi.org/10.1037/apl0000241>

Lechner, T. (2010) Preparing Instructional Designers for the Realities of the Business and Industry Workplace. University of Georgia. Web.

Lin, A.B., & Sharif, M.Y. (2008). Factors Affecting Training Effectiveness. A Study of Semiconductor Wafer Fabrication Industry in Malaysia. *HMRC*. 293-300

Lyu, W., & Liu, J. (2021). Soft skills, hard skills: What matters most? Evidence from job postings. *Applied Energy*, 300, 117307. doi:10.1016/j.apenergy.2021.11

Mabey, C & Matias, R. (2005) Does management development improve organizational productivity? A six-country analysis of European firms, *The International Journal of Human Resource Management*, 16:7, 1067-1082, DOI: 10.1080/09585190500143931

Marin-Zapata, S. I., Román-Calderón, J. P., Robledo-Ardila, C., & Jaramillo-Serna, M. A. (2021). Soft skills, do we know what we are talking about? *Review of Managerial Science*. doi:10.1007/s11846-021-00474-9

Mariscal, M. A., López-Perea, E. M., López-García, J. R., Herrera, S., & García-Herrero, S. (2019). The influence of employee training and information on the probability of

accident rates. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72, 311-319. doi:10.1016/j.ergon.2019.06.002

Marzec, I., & Austen, A. (2021). The role of training in improving employability, job satisfaction and the career success of public sector employees. *Argumenta Oeconomica*, 2(47), 187-204. doi:10.15611/aoe.2021.2.08

McArdle, G. (2010). *Instructional Design for Action*. (2nd ed.). Routledge.

Milhem, W., Abushamsieh, K., & Pérez-Aróstegui, M. (2014). Training Strategies, Theories and Types. *Journal Of Accounting, Business And Management (JABM)*, 21(1). Retrieved from <http://journal.stie-mce.ac.id/index.php/jabminternational/article/view/178>

Miller, L. (Ed.). (2015). *SKILLS, CHALLENGES, AND TRENDS IN INSTRUCTIONAL DESIGN*. ATD Research.

Misra, P., & Mohanty, J. (2021). A review on training and leadership development: its effectiveness for enhancing employee performance in the Indian construction industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1045.

Mitchell, M. (1996). *An introduction to genetic algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press.

Morrison, G. R. (2012). Introduction to the instructional design process. In *Designing effective instruction*. Wiley (6th ed) 157-182.

Nassazi, A. (2013). *EFFECTS OF TRAINING ON EMPLOYEE PERFORMANCE. : Evidence from Uganda*.

Northwestern University. (2022). *NetLogo 6.3.0 user manual*. Retrieved from: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>.

Othayman, M, Mulyata, J, Meshari, A, Debrah, Y. (2022) The challenges confronting the training needs assessment in Saudi Arabian higher education. *International Journal of Engineering Business Management*. 14. doi:10.1177/18479790211049706

Pohlman, J. C., & Fletcher, G. J. O. (2010). Personnel selection and training. *Handbook of Aviation Human Factors* (2nd ed., pp. 13-1–13-34). J. Wise, D. Hopkin, D. Garland. (Eds.). Boca Raton. CRC Press.

Quartey, S.H. (2012). Effect of Employee Training on the Perceived Organizational Performance: A Case Study of the Print-Media Industry in Ghana. *European Journal of Business and Management*, 4, 77-87.

Rao, S. S. (2019). *Engineering optimization: theory and practice*. John Wiley & Sons.

Reigeluth, C. M. (1999) *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory (Volume II)*. New York, NY: Routledge.

Ridoutt, L., Hummel, K., Dutneall, R., & Smith, C. S. (2002). Factors influencing the implementation of training and learning in the workplace. Research report 2 July 2002. National Centre for Vocational Education Research.

Rodriguez, J., & Walters, K. (2023). The importance of training and development in employee performance and evaluation. *World Wide Journal of Multidisciplinary Research and development*. 3(10), 206-212

Salas, E., Tannenbaum, S. I., Kraiger, K., & Smith-Jentsch, K. A. (2012). The science of training and development in organizations: What matters in practice. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(2), 74-101. <https://doi.org/10.1177/1529100612436661>

Slavkovic, M., & Slavkovic, M. (2019). The importance of training in contemporary organizations. *International Journal of Organizational Analysis*, 27(2), 269-283.

Somasundaram, U. V., & Egan, T. (2004). Training and development: An examination of definitions and dependent variables. *AHRD. Symp.* 39-2, 850-857.

Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using Effect Size-or Why the P Value Is Not Enough. *Journal of graduate medical education*, 4(3), 279–282. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>

Tai, W.-T. (2006). Effects of training framing, general self-efficacy and training motivation on trainees' training effectiveness. *Personnel Review*, 35(1), 51–65. <https://doi.org/10.1108/00483480610636786>

Teferra, K., Shields, M.D., Hapij, A., & Daddazio, R.P. (2014). Mapping model validation metrics to subject matter expert scores for model adequacy assessment. *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, 132, 9-19.

Tsai, Ping-Yeh & Rendon, Betty & Cornell, Richard. (2001). *Instructional Design Issues Facing E-Learning: East Meets West*. Office of Educational Research and Improvement. ERIC

Tracey, J. B., Hinkin, T. R., Tran, T. L. B., Emigh, T., Kingra, M., Taylor, J., & Thorek, D. (2015). A Field Study of New Employee Training Programs: Industry Practices and Strategic Insights. *Cornell Hospitality Quarterly*, 56(4), 345–354. <https://doi.org/10.1177/1938965514554211>

United Nations Statistical Division. (2008). *International standard industrial classification of all economic activities (ISIC)*. New York, NY: United Nations.

Vásquez-Torres, M.D. (2017). Variations in the perception of the elements that constitute training based on company size, employee seniority, and company age. *Management*, 21, 148 - 178.

Uslu, D., Marcus, J., & Kisbu-Sakarya, Y. (2022). Toward Optimized Effectiveness of Employee Training Programs: A Meta-Analysis. *Journal of Personnel Psychology*, 21(2), 49-65. <https://doi.org/10.1027/1866-5888/a000290>

Vogtenhuber, Stefan. (2015) Explaining Country Variation in Employee Training: An Institutional Analysis of Education Systems and Their Influence on Training and Its Returns, *European Sociological Review*. 31(1), 77–90. <https://doi.org/10.1093/esr/jcu083>

Waqanimaravu, M & Arasanmi, C. (2020) Employee training and service quality in the hospitality industry, *Journal of Foodservice Business Research*, 23(3), 216-227, DOI: 10.1080/15378020.2020.1724850

Wenden, A. L. (1995). Learner training in context: A knowledge-based approach. *System*, 23(2), 183–194. doi:10.1016/0346-251x(95)00007-7

Weng. X, Chiu. T (2023) Instructional design and learning outcomes of intelligent computer assisted language learning: Systematic review in the field. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 10.1016/j.caeai.2022.100117.

Wilson, Sujit S. Sansgiry, Ruta Sawant, Michael Johnson, Shubhada Sansgiry, Ekere James Essien, Sujit S. Sansgiry. (2024) The role of implementing instructional design principles on learner experience with training in current good manufacturing practices (cGMP). *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2024.04.007>.

Worthm, F. (1994) Practice versus Theory When Planning Employee Training Programs. Office of Educational Research and Improvement. ERIC.

Yang, X. S. (2013) Optimization and Metaheuristic Algorithms in Engineering, in *Metaheuristics in Water, Geotechnical and Transport Engineering*. Elsevier, 1-23. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-398296-4.00001-5>

Zhu, W, Zhu, G, & Hua, Y (2024) Enhancing undergraduates' engagement in a learning community by including their voices in the technological and instructional design. *Computers & Education*. 10.1016/j.compedu.2024.105026.