

# Un método ontológico-sistémico para el aprendizaje conceptual de tecnologías digitales

## An Ontological and Systemic Method for the Conceptual Learning of Digital Technologies

Montilva, Jonás<sup>1\*</sup>; Montilva, William<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo GIDyC, Departamento de Computación,  
Escuela de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería,  
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

<sup>2</sup>BIOSOFT C.A. Mérida, Venezuela

\*[jonas@ula.ve](mailto:jonas@ula.ve)

### Resumen

*En los últimos años ha emergido un número considerable de nuevas tecnologías digitales que hace casi imposible, para un computista o informático, lograr un rápido entendimiento de ellas y, menos aún, una comprensión tal que le permita asegurar que ha alcanzado una debida apropiación de esas tecnologías. La mayoría de estas tecnologías son complejas, lo que dificulta su aprendizaje. A esta complejidad se unen la velocidad abismal con que se crean nuevas tecnologías y la corta vida útil que la mayoría de ellas tienen. Ante estos dos hechos, nos enfrentamos al problema de cómo aprender y dominar una nueva tecnología de manera efectiva; esto es, cómo apropiarnos de ella. Este problema nos obliga a buscar mecanismos que nos permitan adquirir y representar conocimientos sobre estas tecnologías de una manera efectiva.*

*En este artículo, se discute la importancia que tienen la ontología y el pensamiento sistémico durante el aprendizaje de tecnologías digitales y se presenta un método que facilita el entendimiento y comprensión de este tipo de tecnologías.*

**Palabras claves:** Tecnologías digitales, Ontologías, Sistemas complejos, Apropiación tecnológica, Aprendizaje conceptual, Aprendizaje Tecnológico.

### Abstract

*During the last years, we have seen the emergence of a growing number of digital technologies. For a computer scientist, or IT professional, it is almost impossible to acquire a complete understanding and effective comprehension of these technologies, in such a way, that he/she can achieve a sound technological appropriation. Most of these technologies are complex. Learning how to use them is also difficult. Additionally, new technologies are developed and produced very frequently and the old ones have a very short life cycle. We are facing the problem of how to learn new technologies quickly and effectively. In this article, we discuss the application of ontologies and complex systems to the conceptual learning process of digital technologies and propose a method for helping users to understand and comprehend this kind of technologies.*

**Keywords:** Digital technologies, Ontologies, Complex Systems, Conceptual Learning, Technological Learning.

## 1 Introducción

En las últimas décadas, el crecimiento vertiginoso de las tecnologías digitales ha ocasionado una disrupción notable en todos los sectores de la sociedad contemporánea. No existe sector alguno de esta sociedad que no haya sido impactado por estas tecnologías (denominadas, también, tecnologías de información y comunicación - TIC). La Web, la Nube, Big Data, la Analítica, los dispositivos móviles inteligentes, las redes sociales y la ciberseguridad, por mencionar solo algunas de ellas, son tecnologías digitales que han sentado las bases para el desarrollo de nuevos entornos o escenarios digitales agrupados bajo el nombre de Sociedad Digital o Sociedad 3.0 (van den Hoff, 2013).

Como individuos que integramos esta sociedad, nos vemos continuamente avasallados por la emergencia de nuevas tecnologías digitales. La variedad y la rapidez con que estas tecnologías se crean, desarrollan, producen y penetran el mercado, conllevan a la necesidad de buscar maneras rápidas y efectivas de aprendizaje que nos faciliten la apropiación tecnológica que la sociedad digital y sus organizaciones nos demandan como miembros activos de ellas. Entendiendo a la apropiación tecnológica como el proceso mediante el cual un individuo, organización o sociedad adopta, adapta e integra una tecnología en sus actividades (Fidock y col., 2016).

Durante la apropiación de una nueva tecnología digital, surge un amplio conjunto de interrogantes asociadas al aprendizaje: ¿cómo entender y comprender efectivamente una nueva tecnología digital? ¿cómo organizar y representar el conocimiento que se adquiere a través del análisis de las innumerables fuentes de información que inundan la red? y ¿cómo entender la complejidad de las tecnologías digitales?

Para apropiarnos de una tecnología digital se hace necesario disponer de instrumentos cognitivos que nos faciliten la adquisición, representación y comunicación del conocimiento asociado a ella.

Dos maneras diferentes de abordar la complejidad tecnológica y facilitar su aprendizaje son el pensamiento sistémico y la ontología. El primero de ellos nos permite concebir y representar a un determinado objeto como un sistema intencional que está compuesto de partes que interactúan para lograr sus objetivos. Mientras que, la ontología nos proporciona los medios necesarios para responder interrogantes vitales en la comprensión de cualquier tecnología: ¿qué es? y ¿en qué consiste? ¿cuáles son sus propiedades esenciales? ¿en qué se diferencia de otros objetos?

A través de la ontología, podemos establecer la definición de una determinada tecnología y sus propiedades esenciales. Podemos, así, entender que es esa tecnología y en qué consiste. Mediante el pensamiento sistémico, podemos concebir y describir a la tecnología como un sistema complejo cuyas partes se relacionan e interactúan para producir un comportamiento colectivo (propio de la interacción entre las partes) y de cuyas relaciones emergen

propiedades que no pueden ser atribuidas a las partes, sino a la interacción de ellas.

Como parte de una reflexión que intenta proponer soluciones a las interrogantes arriba formuladas, este artículo analiza el papel que pueden jugar la ontología y el pensamiento sistémico en los procesos de apropiación tecnológica digital. Como resultado de este análisis, se propone un método que está orientado a facilitar y agilizar el aprendizaje conceptual de tecnologías digitales. Este método, al que hemos denominado MOSAT (Método Ontológico-Sistémico para el Aprendizaje de Tecnologías Digitales), está fundamentado en la integración de conceptos y modelos provenientes de la integración de la Ontología y los Sistemas Complejos, para lo cual, nos hemos inspirado en el conocido trabajo sobre Ontología y Sistemas de Mario Bunge (2012).

Las demás secciones de este artículo están organizadas de la siguiente manera: La Sección 2 ubica el trabajo de investigación en su contexto e identifica los aspectos metodológicos que fueron usados para elaborar y validar el método propuesto para el aprendizaje conceptual de tecnologías digitales. La Sección 3 identifica y clasifica las principales tecnologías digitales disruptivas; es decir, aquellas tecnologías emergentes que están causando transformaciones importantes en sus dominios o áreas de aplicación y hacia cuyo aprendizaje está dirigido el método. La Sección 4 describe tres modalidades de aprendizaje que tienen una aplicación directa en el aprendizaje de tecnologías. El enfoque usado para elaborar este método estuvo fundamentado en la integración de conceptos y modelos provenientes de la Ontología y los Sistemas Complejos. Este enfoque se discute en la Sección 5. El resultado principal de esta investigación, el método MOSAT, se describe en la Sección 6 en función de sus dos componentes: modelo de productos y modelo de procesos. La manera utilizada para validar el método y sus resultados se resumen en la Sección 7. Finalmente, la Sección 8 presenta las conclusiones del trabajo.

## 2 Antecedentes y método de investigación

El Aprendizaje Tecnológico no es un tópico de investigación reciente. Bagozzi, Davis y Warshaw (1992) describen un modelo teórico basado en el estudio de las aptitudes de los usuarios de computadores desde una perspectiva psicológica. Por otro lado, Simpson et (2001) identifican nuevas maneras de aprender en el contexto empresarial que condujeron a la elaboración de un marco de aprendizaje tecnológico que describe como las empresas guiadas por tecnologías adquieren y mantienen el conocimiento que les da ventajas competitivas. Canuto, Dutz y Reis (2010) discuten el vínculo que el aprendizaje tecnológico tiene con la innovación y su impacto en los países menos desarrollados.

El aprendizaje tecnológico guarda, también, una estrecha relación con otra área de conocimientos más

reciente denominada Apropriación Tecnológica, definida como el proceso mediante el cual un usuario - individuo, grupo de individuos u organización - adopta y adapta una determinada tecnología para integrarla a sus rutinas de vida o de trabajo (Janneck 2009). Existen varios modelos y teorías que explican este proceso desde diferentes perspectivas o enfoques, entre los que se incluyen el sociocultural, el psicosocial, el educativo y el tecnológico. Fernández y Vallejo (2015), por ejemplo, hacen una revisión bibliográfica completa de los dos primeros enfoques. Por otro lado, CoboRomani (2008) considera a la apropiación tecnológica como una etapa más del aprendizaje de una tecnología; mientras que, Fidock y Carroll (2016), al igual que Quezada y Comisso (2016), proponen modelos de apropiación tecnológica desde la perspectiva de los sistemas de información; en la cual, el proceso de aprendizaje es visto como una etapa más de la apropiación tecnológica.

En este trabajo, concebimos a la apropiación tecnológica como un proceso cíclico mediante el cual un usuario toma o adquiere una determinada tecnología, la aprende, la usa, la incorpora a sus actividades cotidianas o profesionales y adquiere un dominio progresivo de dicha tecnología, hasta un punto tal, en el que emergen nuevas necesidades que obligan a la transformación y evolución de la tecnología o a su reemplazo por una nueva, lo cual da inicio a un nuevo ciclo de apropiación tecnológica. Dentro de este ciclo, nuestro interés es en el proceso de aprendizaje conceptual de una nueva tecnología, particularmente, de naturaleza digital.

El trabajo de investigación, que condujo a la elaboración y validación del método descrito en este artículo, es de carácter empírico e inductivo. Partió de la identificación de un conjunto de preguntas fundamentales en el aprendizaje de tecnologías digitales, seguida de la identificación y caracterización de este tipo de tecnologías, para luego proponer el uso de la Ontología Informática y los Sistemas Complejos como enfoques que se complementan y que pueden dar respuestas bien fundamentadas a las preguntas establecidas durante el aprendizaje de estas tecnologías. La investigación culminó con la elaboración y validación de un método para el aprendizaje conceptual de tecnologías digitales, al que denominamos MOSAT.

Este método fue diseñado siguiendo los principios de la Ingeniería de Métodos (Sunyaev y col., 2012, Barrios y col., 2013). La estructura del método, aquí descrito, se compone de dos modelos que describen, respectivamente, el proceso que debe seguirse para aprender una nueva tecnología digital y los productos que el método produce durante el proceso de aprendizaje. Esta estructura se deriva de la estructura que, normalmente, se usa en la elaboración de métodos en el contexto de los sistemas de información (Barrios y col., 2013).

Para validar el método se empleó el estudio de casos, el cual nos permitió evaluar la efectividad de MOSAT bajo

condiciones controladas, con sujetos de diferente nivel de conocimientos y diferentes tecnologías.

### 3 Tecnologías digitales disruptivas

En las dos últimas décadas ha surgido un conjunto muy extenso de tecnologías digitales disruptivas, esto es, tecnologías que ocasionan cambios y transformaciones sin precedentes en diversos los sectores de la sociedad contemporánea o sociedad 3.0 (ver ejemplos en la Tabla 1). Las industrias, las empresas, la educación, el transporte, el entretenimiento y la economía, por mencionar solo algunos de estos sectores, están transformándose de manera acelerada como producto de la incorporación y uso intensivo de estas tecnologías.

La diversidad de estas tecnologías y su inherente complejidad dificultan su aprendizaje. Un primer intento por entender estas tecnologías se inicia con su clasificación. La Tabla 1 establece siete categorías no excluyentes en las que ubicamos las principales tecnologías digitales disruptivas que han emergido desde inicios de este milenio. Esta clasificación se basa en el contexto donde ellas se crean y donde ellas tienen su mayor aplicabilidad.

Tabla 1. Clasificación de las principales tecnologías digitales disruptivas en función de su origen y uso principal

Infraestructura	Gestión de Datos	Visión	Gestión del Valor
Nubes híbridas	Big Data	Realidad Virtual	Internet del Valor (IoV)
Computación de Borde	Analítica	Realidad Aumentada	Criptomonedas
Redes Basadas en Intención - IBNS	BDs basadas en grafos	Interfaces holográficas	Blockchain
Centro de Datos como Servicio - DCaaS	Inteligencia de Negocios		Mercadeo Digital / Optimización de Búsqueda (SEO)

Inteligencia Artificial	Comunicación	Automatización
Sistemas Inteligentes	5G	Sistemas Ciberfísicos
Aprendizaje de Máquina	Internet de las Cosas (IoT)	Redes de Sensores
Aprendizaje Profundo	Tecnología Móvil	Robots Inteligentes
Reconocimiento de Voz	Redes Inalámbricas Híbridas	Vehículos Autónomos
Traductores de idiomas	Web 4.0	Drones (UAV)
Bots		Impresoras 3D

La lista presentada en la Tabla 1 no es exhaustiva, incluye solo las más representativas de cada categoría. Aparte de su naturaleza digital, que proviene de la capacidad que ellas tienen para procesar digitalmente información, estas tecnologías tienen en común, al menos, cuatro propiedades:

- **Su composición.** Están compuestas de diversos elementos de hardware y software que se relacionan estrechamente para proporcionar una determinada funcionalidad. La mayoría de ellas están embebidas o

empotradas en sistemas físicos u otras tecnologías no digitales a las cuales les dan soporte, como es el caso de los vehículos autónomos, los robots, la realidad virtual y el Internet de las Cosas.

- **Su complejidad.** Esta viene dada por la heterogeneidad de los elementos que componen su estructura, la variedad de funciones que ellas ejecutan y la multiplicidad de interrelaciones que se dan entre sus componentes.
- **La manera como se crean.** Son tecnologías que emergen de la integración o extensión de tecnologías existentes. Tal como lo describen Montilva y Barrios (2017), estas tecnologías se crean mediante procesos de integración tecnológica que extienden una tecnología de base, o transfieren elementos de ella, para crear una nueva tecnología o mezclan los elementos estructurales, funcionales o de comportamiento de dos más tecnologías de base para dar origen a una nueva.
- **Su habilidad para interoperar.** Tienen la capacidad de integrarse a otras tecnologías digitales o no, a través de mecanismos de interoperabilidad, tales como sensores, actuadores, interfaces de programación (APIs) y servicios Web.

La complejidad que caracteriza a estas tecnologías dificulta su entendimiento y posterior comprensión. A esta complejidad se unen la velocidad abismal con que se crean nuevas tecnologías y la corta vida útil que la mayoría de ellas tienen. Ante estos hechos, nos enfrentamos al problema de cómo aprender y dominar una nueva tecnología de manera efectiva; esto es, cómo comprenderla y usarla con propiedad. Este problema nos obliga a buscar métodos y técnicas efectivas de aprendizaje de estas tecnologías.

### 3 El aprendizaje de tecnologías digitales

En términos generales, el aprendizaje se define como un proceso mental mediante el cual un individuo adquiere conocimientos, habilidades y destrezas a través del estudio, la experiencia o la puesta en práctica. Desde la perspectiva de la psicología cognitiva (Sternberg y col., 2012), el aprendizaje es considerado uno de los procesos básicos de la cognición; entendiendo por cognición a la facultad o capacidad que tenemos los seres humanos de procesar información que recibimos del ambiente y convertirla en conocimiento. La cognición descansa en un conjunto de procesos, denominados procesos cognitivos, en el que se incluyen: la percepción, la atención, la memorización, el pensamiento, la experiencia, la simbolización y comunicación a través del lenguaje, la inteligencia y, por supuesto, el aprendizaje.

En el aprendizaje de una tecnología digital se dan, al menos, tres tipos o categorías diferentes de aprendizaje:

- **Aprendizaje perceptivo.** Geller (2011) define este tipo de aprendizaje como un aprendizaje de carácter

sensorial que se da a través de los sentidos. Ocurre desde el momento mismo en que el usuario accede directamente a la tecnología; es decir, entra en contacto con ella, la observa, la manipula, la escucha cuando es pertinente y lee sus instrucciones. A través de este contacto, el usuario identifica aquellas propiedades particulares que un determinado objeto o producto tecnológico tiene y que pueden ser captadas a través de los sentidos. De esta manera el usuario forma, en su mente, un concepto específico de este objeto y puede, luego, generalizar este concepto para diferenciar a otros objetos similares o clasificar a otro objeto en la misma categoría en la que ha ubicado a aquel objeto que ha sido percibido inicialmente. Este tipo de aprendizaje conduce al desarrollo de habilidades para decidir qué aspectos o propiedades de un objeto percibido son relevantes y cuáles no.

- **Aprendizaje conceptual.** Es un aprendizaje mediante el cual el usuario elabora estructuras lógicas mentales (conceptos y relaciones) a partir del análisis o procesamiento de la información relacionada con el objeto que desea aprender (Bruner 2001). Esta información proviene de diferentes fuentes escritas, gráficas o audio-visuales que describen la tecnología. Es un proceso de conceptualización o formación de conceptos que involucra la identificación, descripción y representación (simbolización) de los conceptos esenciales de una tecnología, de las relaciones entre los conceptos identificados y de las propiedades o atributos de cada concepto. Como veremos más adelante, tanto la ontología como el pensamiento sistémico juegan un papel fundamental en este tipo de aprendizaje.
- **Aprendizaje experiencial.** A diferencia de los anteriores, el aprendizaje experiencial se fundamenta en la experiencia, en aprender-haciendo. Asume que el conocimiento se crea a través del análisis de las vivencias o experiencias que ha tenido un individuo. La Asociación Internacional de Aprendizaje Experiencial define a este tipo de aprendizaje como “*un proceso que le permite al individuo construir su propio conocimiento, desarrollar habilidades y reforzar sus valores directamente desde la experiencia*” (AIAE 2017). El análisis de las experiencias que el usuario tiene durante la utilización de una tecnología genera nuevos conocimientos que reafirman o modifican el conocimiento adquirido a través de los aprendizajes perceptivo y conceptual.

Entender y comprender son dos actividades centrales del aprendizaje como proceso cognitivo. Estos dos términos se usan, frecuentemente, como sinónimos. Existe, sin embargo, una diferencia fundamental entre entender una tecnología digital y comprenderla. Podemos entender una tecnología y en consecuencia utilizarla; pero, ello no necesariamente implica que la comprendamos. Comprender una tecnología es apropiarse de ella de una manera tal que

podamos aprovechar al máximo su funcionalidad y explotar sus capacidades; para lo cual se requiere entender y representar (preferiblemente, mediante modelos) su estructura, su funcionalidad, su comportamiento, su ambiente y demás propiedades que la caracterizan como tal.

Comprender una tecnología implica, por lo tanto, adquirir un conocimiento tal de ella que nos permita ir más allá de su uso operativo, llegando a innovar o crear un nuevo sistema, producto o servicio mediante la aplicación de dicha tecnología. Así, por ejemplo, podemos entender que es una *criptomonedas* y llevar a cabo sus operaciones básicas de compra y venta; sin embargo, para minar o crear una nueva *criptomonedas* debemos comprender su tecnología de base: la cadena de bloques (*blockchain*); así como, la estructura, funcionalidad y comportamiento de esta tecnología que hacen posible las operaciones con las *criptomonedas*.

Es en el proceso de comprensión de la tecnología donde la ontología y los sistemas complejos pueden jugar un papel fundamental. Por un lado, la ontología facilita la comprensión de los conceptos en los que se fundamenta la tecnología. Por otro lado, los sistemas complejos nos permiten comprender la tecnología como un todo compuesto de partes que interactúan, que se organizan de una determinada manera, que ejecutan una cierta funcionalidad y que tienen un determinado comportamiento que emerge de la interacción entre las partes.

#### 4 Ontología y sistemas complejos

La Ontología y los Sistemas Complejos son disciplinas o áreas de estudio bien establecidas, de larga data y en constante evolución. Si bien ambas disciplinas – Ontología y Sistemas Complejos – han evolucionado separadamente, existen una fuerte relación entre ambas. Uno de los estudios más completos de esta relación ha sido elaborado por Mario Bunge (2012). Esta relación onto-sistémica es la que se ha utilizado en este artículo para abordar interrogantes que emergen durante aprendizaje conceptual de una determinada tecnología digital, por ejemplo: ¿Qué es esa tecnología? ¿Cuál es su género y su diferencia específica? ¿En qué consiste? ¿Cuáles son sus propiedades esenciales? ¿Cuáles son sus componentes? ¿Cuál es su estructura? ¿Qué funcionalidad tiene? ¿Qué comportamientos exhibe cuando sus partes interactúan? ¿Qué relaciones mantiene con su entorno?

En el contexto científico, la ontología es vista como una teoría que emerge de la manera en que una disciplina científica conceptualiza su dominio o área de estudio. Es, por lo tanto, una conceptualización que identifica, describe y relaciona los objetos de estudio de dicha ciencia. Así, por ejemplo, en el contexto de la Inteligencia Artificial (IA), una ontología es una especificación explícita de una conceptualización de los objetos, conceptos y otras entidades que existen en un dominio dado y de las relaciones que existen entre ellos (Gruber 1993). En IA, así

como en otros dominios de la Informática, una ontología se describe mediante un lenguaje apropiado que facilite su interpretación por parte de seres humanos (P.ej. UML, OntoUML, grafos conceptuales y diagramas ER) o su representación y procesamiento en el computador (P. ej. OWL, RDF, RDFS y RIF).

Por otra parte, el pensamiento sistémico ha evolucionado en diferentes corrientes o escuelas que intentan comprender el mundo que nos rodea de una manera diferente al pensamiento cartesiano o reduccionismo que caracterizó al desarrollo de las ciencias en los siglos pasados. Una de ellas es la de los Sistemas Complejos que se encarga del estudio sistémico de fenómenos y objetos que exhiben una elevada complejidad, tales como el universo, el cuerpo humano, el cerebro, las sociedades, las organizaciones humanas, los mercados financieros y las tecnologías digitales. Estos sistemas están compuestos de múltiples partes heterogéneas y cuya interacción produce comportamientos colectivos (como un todo) que no pueden ser atribuidos a las partes separadamente. Estos sistemas se caracterizan, y distinguen unos de otros, en función de propiedades tales como: emergencia, auto-organización, comportamiento no-lineal, incertidumbre, imprevisibilidad, inestabilidad, interacción con el entorno, retro-alimentación, etc. (De Almeida 2008).

##### 4.1 La ontología como medio de representación de conocimientos

En el contexto informático existe un amplio conjunto de lenguajes y notaciones conceptuales de carácter gráfico, no necesariamente orientados al procesamiento automático en computadores, tales como UML (CranefieldyPurvls, 1999), OntoUML (Guizzard 2005), grafos conceptuales (Sowa 1984) y mapas mentales (Novak y col., 2006).

A través del uso de estos lenguajes de modelado conceptual, es posible representar: (1) los conceptos que están asociados a un determinado dominio que requiera conocerse (las tecnologías digitales, en este caso particular); (2) las propiedades que a cada concepto se le pueden atribuir; y (3) las relaciones que existen entre dichos conceptos. El modelo conceptual, así obtenido, constituye una representación o simbolización de los conceptos que un sujeto adquiere a través del proceso de conceptualización.

##### 4.2 Las tecnologías digitales como sistemas complejos

Las tecnologías digitales vistas como productos son sistemas informáticos complejos que están compuestos de partes físicas (hardware) y abstractas (software) que interactúan para transformar datos en información útil a quien lo utiliza. Estos componentes de naturaleza diferente producen, durante su interacción, comportamientos que están asociados a un conjunto de funciones que han sido previamente establecidas durante el diseño y construcción del sistema. Su complejidad tiene que ver, por un lado, con

la estrecha relación que hay entre las partes y su interacción, lo que imposibilita reducir y analizar en partes su estructura y comportamiento total, sin perder sus propiedades como un todo; y, por el otro, con la heterogeneidad de sus componentes.

Gran parte de las propiedades de una tecnología emergen de la interacción entre sus partes. Como ejemplo, consideremos un asistente digital capaz de entender y ejecutar comandos verbales y activar inálmbicamente otros dispositivos de audio y video. Este pequeño dispositivo tiene una estructura integrada por componentes electrónicos disímiles (microprocesador, procesador de audio y voz, sensores, auriculares, micrófono, etc.) y componentes de software (sistema operativo, procesador de lenguaje natural, aplicaciones inteligentes, etc.). Evidentemente, las funciones de este dispositivo dejen de existir cuando estos componentes se separan. Más aún, el diseño y desarrollo de cada componente no puede realizarse aisladamente sin considerar la estrecha interacción que tiene con los otros componentes. La funcionalidad y el comportamiento de este dispositivo depende enteramente de la interacción entre sus partes.

## 5 MOSAT: Un método para el aprendizaje conceptual de tecnologías digitales

MOSAT se elaboró tomado como base fundamental la integración de conceptos, principios y métodos provenientes de la Ontología y los Sistemas Complejos. MOSAT es un método cuyo objetivo es guiar y orientar a sus usuarios durante el proceso de aprendizaje conceptual de una determinada tecnología digital. Mediante la aplicación de este método, una persona interesada en el aprendizaje conceptual de una tecnología digital cualquiera (p.ej. Big Data, IoT, Aprendizaje de Máquina, Sistemas Ciber-Físicos, Redes Sociales, etc.) puede entender y comprender con efectividad las propiedades fundamentales de esa tecnología.

MOSAT concibe a las tecnologías digitales como sistemas complejos a los que podemos entender, comprender y representar desde tres puntos de vista o perspectivas diferentes que dependen del usuario del método y de sus objetivos de aprendizaje. El punto de vista del académico que enseña los fundamentos de las tecnologías digitales e investiga sobre ellas. Concibe, por lo tanto, a las tecnologías digitales como disciplinas o áreas de conocimiento. El punto de vista del desarrollador que diseña, desarrolla o produce este tipo de tecnología. Ve, por consiguiente, a las tecnologías digitales como procesos tecnológicos guiados por las ingenierías de hardware y software. Finalmente, el punto de vista del usuario final que utiliza estas tecnologías para llevar a cabo actividades pertinentes a sus áreas de interés. Considera, en consecuencia, a las tecnologías digitales como productos tecnológicos que satisfacen necesidades de información, comunicación y automatización de procesos.

MOSAT tiene una estructura integrada por dos modelos: (1) el modelo de productos que describe los artefactos que el usuario del método debe emplear para aprender una nueva tecnología digital y (2) el modelo de procesos que describe los pasos o actividades que el usuario debe seguir para aprender una nueva tecnología.

### 5.1 El modelo de productos de MOSAT

MOSAT está organizado en perspectivas, propiedades, aspectos y modelos (ver Tablas 2 – 4). Para describir y representar las propiedades de una tecnología, MOSAT usa dos tipos de artefactos: fichas y diagramas. Las fichas facilitan la descripción textual y resumida de los aspectos de una propiedad; mientras que, los diagramas representan la descripción gráfica de las propiedades.

Para cada perspectiva o punto de vista, MOSAT establece un conjunto de propiedades que definen a una tecnología digital de ese punto de vista. Cada propiedad tiene asociado uno o más aspectos que han de ser investigados, por el usuario de MOSAT, y que se describen textualmente mediante fichas; así como uno o más modelos que contienen diagramas elaborados usando lenguajes de modelado conceptual. Cada ficha describe una propiedad de la tecnología, la cual se puede complementar con un modelo.

Las tres perspectivas no son excluyentes, por el contrario, son complementarias. Dependiendo de los objetivos de aprendizaje del usuario de MOSAT, él/ella decidirá a que perspectiva debe darle mayor énfasis y prioridad.

#### *Descripción de la tecnología como disciplina*

Vista como una disciplina, el aprendizaje de una tecnología digital debe hacer énfasis en los principios o fundamentos que la caracterizan (ver Tabla 2).

Desde esta perspectiva, son importantes propiedades tales como: la definición que la distingue de otras tecnologías, la intencionalidad que determina los objetivos que ella persigue, los teorías, leyes o axiomas que se usaron para crearla, los problemas que resuelve, las oportunidades que aprovecha, su evolución o niveles de madurez, sus categorías, sus conceptos fundamentales y las fuentes de información más importantes.

#### *Descripción de la tecnología como proceso*

La Tabla 3 organiza las principales preguntas que el usuario debe hacerse y los modelos que debe elaborar para describir a la tecnología como un proceso caracterizado por el ciclo de vida de la tecnología y su contexto.

Tabla 2. Propiedades y aspectos de la tecnología vista como una disciplina

Propiedades	Aspectos que deben investigarse	Modelo o diagrama
Definición como tecnología	¿Qué es?	Diagrama de clases
	¿A qué clase de tecnología digital o género superior (super-clase) pertenece?	
	¿En qué difiere de las otras tecnologías digitales que pertenecen al género superior (super-clase)?	
Intencionalidad (propósito)	¿Qué fines u objetivos persigue?	
	¿Por qué se creó o desarrolló?	
	¿Para qué se creó o desarrolló?	
Principios	¿En qué principios se basa?	
	¿Qué normas, estándares, manifiestos u otras reglas de negocio existen que regulen la tecnología?	
	¿Existe un cuerpo de conocimientos, marco de referencia o modelo conceptual que la describa?	
Origen	¿Qué problemas resuelve?	
	¿Qué oportunidades aprovecha la tecnología?	
	¿Qué situaciones problemáticas, avances científicos o tecnológicos motivaron la creación o desarrollo de la tecnología?	
	¿A que mercado o sectores de la sociedad está dirigida?	
Evolución	¿Cuándo se creó?	Modelo de madurez
	¿Quiénes fueron sus creadores o desarrolladores?	
	¿Es una tecnología madura?	
	Si la tecnología es madura, ¿Cuáles son sus etapas de madurez y qué caracteriza a cada una de ellas?	
Clasificación	¿Qué sub-clases o sub-tipos de tecnologías existen?	Diagrama de clases
	¿Qué diferencia una sub-clase de la otra?	
	¿Cómo se relacionan estas sub-clases?	
Conceptos fundamentales	¿Cuáles son los conceptos fundamentales de la tecnología?	Diagrama de clases
	¿Cómo se relacionan estos conceptos?	
Fuentes de información	¿Cuál es la bibliografía más relevante de la tecnología?	
	¿Cuáles son los sitios de interés de mayor relevancia?	
Datos de interés	¿Qué otros datos de interés, tales como estadísticas, tendencias y aspectos históricos, tiene la tecnología?	

Bajo esta perspectiva, el aprendizaje se centra en los contextos donde la tecnología se produce, opera y utiliza; así como, en los procesos que caracterizan al ciclo de vida de una tecnología digital. Estos procesos describen las actividades necesarias para crear una nueva tecnología, desarrollarla, producirla, comercializarla, instalarla en su ambiente operativo, operarla, utilizarla, mantenerla, mejorarla y desincorporarla cuando llegue al final de su vida útil.

*Descripción de una tecnología como producto*

La Tabla 4 se orienta a entender y comprender la tecnología como un producto o sistema tecnológico digital (STD) que se crea, se desarrolla, se usa, se mantiene, se renueva o se desecha.

Tabla 3. Propiedades y aspectos de la tecnología vista como proceso

Propiedades	Aspectos que deben investigarse	Modelo o diagrama
Contexto de creación y desarrollo	¿Qué actores (roles), organizaciones, sistemas físicos u otros sistemas digitales intervienen en la creación y desarrollo de un STD?	Diagrama de contexto
Contexto de uso, operación y mantenimiento	¿Qué actores (roles), organizaciones, sistemas físicos u otros sistemas digitales intervienen en el uso, operación y mantenimiento de un STD?	Diagrama de contexto
Ciclo de vida	¿Cuáles son las etapas que describen el ciclo de vida de los STD?	Diagrama de actividades
Procesos de creación y desarrollo	¿Qué actividades forman parte de la creación y desarrollo de los STD?	Diagrama de actividades
	¿Qué actores (roles) son necesarios para crear y/o desarrollar los STD?	
	¿Cuál es el flujo de trabajo de la creación y/o desarrollo de los STD?	
Procesos de uso y operación	¿Qué actividades forman parte del uso y operación de los STD?	Diagrama de actividades
	¿Qué actores (roles) son necesarios para usar y/o opera los STD?	
	¿Cuál es el flujo de trabajo del uso y/o operación de los STD?	
Procesos de mantenimiento y mejora	¿Qué actividades forman parte del mantenimiento y mejora de los STD?	Diagrama de actividades
	¿Qué actores (roles) son necesarios para mantener y mejorar los STD?	
	¿Cuál es el flujo de trabajo del mantenimiento y mejora de los STD?	
Procesos de desincorporación	¿Qué actividades forman parte de la desincorporación de los STD?	Diagrama de actividades
	¿Qué actores (roles) son necesarios para desincorporar los STD?	
	¿Cuál es el flujo de trabajo de la desincorporación de los STD?	

Esta perspectiva es la de mayor complejidad; pues, es la que concibe a la tecnología digital como un sistema complejo. Mediante esta perspectiva, el usuario entra a conocer en detalle los componentes que integran la arquitectura de la tecnología, su estructura, su funcionalidad, su comportamiento o dinámica, sus requisitos no funcionales y la clase de productos que existen, así como las diferencias que hay entre ellos.

*5.3 El modelo de procesos*

Como método que es, MOSAT tiene asociado un conjunto de procesos que describe como debe aplicarse. Tal cómo se ilustra en la Figura 1, este conjunto de procesos se ejecuta en un determinado orden y de manera cíclica para indicar que el aprendizaje conceptual es un proceso evolutivo; es decir, se repite múltiples veces hasta lograr el nivel de conocimientos que el usuario del método desee o requiera.

El uso de MOSAT comienza con la recopilación, organización, análisis y selección de las fuentes de información (p.ej., libros, videos, audios, artículos, etc.);

Tabla 4. Propiedades y aspectos de la tecnología vista como productos o sistemas tecnológicos digitales (STD)

Propiedades	Aspectos que deben investigarse	Modelo o diagrama
Categorías o clases de productos	¿Qué categorías y/o clases de sistemas tecnológicos digitales (STD) existen en esta tecnología?	Diagrama de clases
Productos específicos	¿Cuáles son los productos específicos más representativos o conocidos de cada categoría y/o clase? ¿Qué organización produce o desarrolla cada uno de ellos?	
Componentes y sus interrelaciones estructurales	¿Cuáles son los componentes lógicos que forman parte de los STD?	Diagrama de componentes
	¿Cuáles son los componentes físicos que forman parte de los STD?	
	¿Qué relaciones existen entre los componentes lógicos y físicos de los STD?	
Tecnologías de base	¿Sobre qué tecnologías de base se desarrollan, construyen u operan los STD?	Arquitectura de capas
	¿Cómo se relacionan los componentes de un STD con las tecnologías de base?	
Capacidades	¿Qué capacidades o funciones generales tienen los STD?	Modelo de descomposición funcional jerárquica
	¿Cómo se dividen o descomponen cada una de estas funciones?	
Usos	¿Quiénes son los usuarios potenciales de los STD?	
	¿Qué usos tienen los STD desde la perspectiva de los usuarios?	
Funciones por rol	¿Qué roles se requieren para usar, administrar, operar y/o mantener los STD?	Diagrama de casos de uso
	¿Qué funciones ofrecen los STD para cada uno de estos roles?	
Funciones por componente	¿Qué funciones o servicios ejecuta cada componente lógico de los STD?	Diagrama de componentes (APIs)
Trasformaciones	¿Qué entradas, salidas, controles y recursos se requieren para ejecutar cada una de las funciones generales de los STD?	Diagramas de proceso o de E/S
Eventos	¿Qué eventos externos activan o disparan cada una de las funciones generales que los STD ofrecen?	
Flujos de trabajo	Para cada función general, ¿cuál es el flujo de trabajo que describe el comportamiento de la función durante su ejecución?	Diagrama de actividades
	¿Qué estados caracterizan el comportamiento de los STD?	
Estados	¿Qué eventos hacen que los STD cambien de un estado a otro?	Diagrama de estados
	¿Qué atributos de calidad tienen los STD?	
Requisitos no funcionales	¿Qué restricciones o limitaciones tienen los STD en general?	
	¿Qué otras propiedades tienen los STD?	

continúa con la lectura del material seleccionado para ir elaborando, al mismo tiempo e iterativamente, las fichas que describen las propiedades de la tecnología digital y los modelos que representan en conocimiento adquirido. Las fichas y los modelos constituyen los medios de representación de conocimientos que pueden ser, luego, usados como vehículos para comunicar dicho conocimiento.

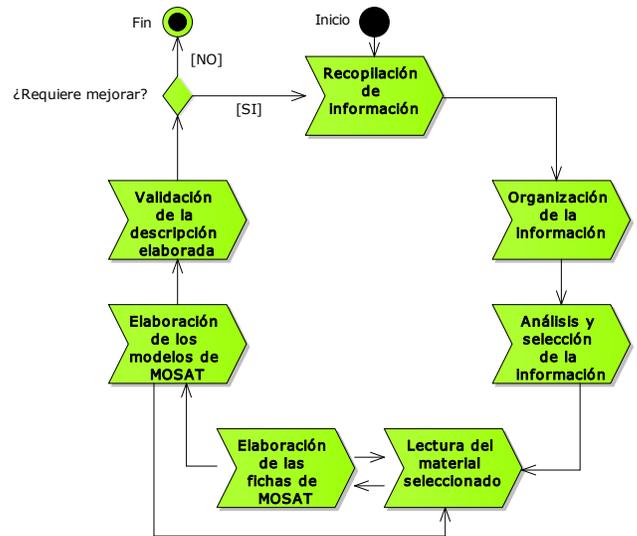


Figura 1. Modelo de procesos del método MOSAT

Los modelos conceptuales que el usuario elabora durante su proceso de aprendizaje pueden, posteriormente, traducirse manual o automáticamente a otras representaciones que faciliten el procesamiento automatizado de conocimientos, haciendo uso de lenguajes tales como OWL.

### 6 Validación del método MOSAT

La validación consistió en determinar si MOSAT es realmente efectivo; es decir, si su aplicación en el aprendizaje conceptual de una nueva tecnología digital produce un incremento importante en los niveles de conocimientos de sus usuarios.

Para validar MOSAT, se seleccionó como método el estudio de casos. Varias razones justifican la selección de este método: (1) su utilidad y aplicabilidad en investigaciones individuales de pequeña escala, (2) el carácter crítico y revelador del método y (3) su unicidad, que facilita el estudio separado de individuos y objetos de estudio de características diferentes (Álvarez y col.,2012).

Se estudiaron tres casos con temas de aprendizaje distintos: Optimización de Motores de Búsqueda (SEO – *SearchEngineOptimization*), *Criptomonedas* y Cadena de Bloques (*Blockchain*). El estudio de los tres casos se hizo bajo un ambiente controlado, con una duración total de 15 días cada uno y con sujetos adultos, de diferentes edades, sexo y nivel de formación.

Para medir el nivel de conocimientos adquirido antes y después del uso del método MOSAT, se preparó una evaluación de selección múltiple de mediana complejidad y con una extensión de al menos 30 preguntas cada una, se le entregó a cada participante un material preseleccionado sobre el tema asignado y se le dio un tiempo de una semana para su estudio y preparación para la primera evaluación, en

la cual no se utilizó MOSAT. Para la segunda evaluación, se dio al inicio de la semana un taller de cuatro horas a todo el grupo, en el cual se explicó el método MOSAT y la manera como cada participante debía utilizarlo, se le dio a cada individuo otra semana y se le pidió usar y seguir paso a paso MOSAT como parte de su preparación previa.

Los niveles de conocimiento medidos en la primera evaluación (sin uso de MOSAT) fueron de 50 %, 58 % y 60 % para los tres participantes, respectivamente. Los niveles de conocimiento medidos en la segunda evaluación, luego de aplicar MOSAT, fueron de 90 %, 74 % y 80 %, respectivamente, lo cual representa incrementos en los niveles de aprendizaje conceptual de 40 %, 16 % y 20 %.

Las diferencias entre los resultados obtenidos se deben, obviamente, a las diferencias que presentan tanto las tecnologías seleccionadas, como los participantes. Por un lado, las tres tecnologías varían en su grado de complejidad; por otro lado, los participantes difieren en sus edades y formación previa, lo cual hace que ellos tengan diferentes capacidades, habilidades y destrezas para procesar información y adquirir conocimientos.

Estos resultados nos permiten inferir, bajo las limitaciones que el estudio de casos tiene como método de investigación, que MOSAT es un instrumento efectivo para el aprendizaje conceptual de tecnologías digitales.

## 5 Conclusiones

Adquirir un apropiado nivel de conocimientos de las tecnologías digitales que emergen continuamente es fundamental, tanto para el computista o informático como para el usuario final de dichas tecnologías. La complejidad que tienen estas tecnologías, así como la cantidad y variedad de productos tecnológicos digitales que surgen día a día, nos obliga a buscar maneras y mecanismos rápidos de aprendizaje que aseguren una adecuada apropiación de estas tecnologías. La ontología y los sistemas complejos son disciplinas que juegan un rol fundamental en los procesos de aprendizaje conceptual y en el manejo de la complejidad inherente que tienen las tecnologías digitales.

El método MOSAT nace de la necesidad de su autor de adquirir rápidamente un entendimiento apropiado y una comprensión efectiva de las nuevas tecnologías digitales, que inundan la sociedad contemporánea y cuyo conocimiento es fundamental para el ejercicio académico. Además de su uso en el proceso de aprendizaje conceptual de tecnologías digitales, MOSAT puede emplearse para la elaboración de material didáctico; pues, su estructura está diseñada para organizar el conocimiento adquirido durante el proceso de aprendizaje. Por otro lado, su carácter modular permite que sus usuarios puedan agregar otras perspectivas de su interés y nuevas propiedades que coadyuven a la caracterización de tecnologías digitales particulares. MOSAT difiere de otros marcos de trabajo, tales como los descritos por Fidock y Carrol (2016), Maldonado et al (2017) y Cobo Romani (2008), por su

habilidad para integrar conceptos de Ontología y Sistemas Complejos en torno a un conjunto de preguntas estructuradas y modelos conceptuales, que facilitan el aprendizaje conceptual de tecnologías.

La validación de MOSAT, a través del estudio de casos, corroboró su efectividad como un instrumento que mejoró el nivel de conocimientos en los individuos que fueron seleccionados para realizar dicha validación. Aunque esta mejora puede ser atribuida a la aplicación de la Ontología y los Sistemas Complejos, se pudo observar que es la organización del método en preguntas estructuradas y modelos conceptuales, que se derivan de la aplicación e integración de conceptos ontológicos y sistémicos, la que permitió que los participantes pudiesen organizar y estructurar apropiadamente su conocimiento de las tecnologías estudiadas. Esta organización y representación de conocimientos incidió, a su vez y de acuerdo a lo expresado por los participantes, en una mejor comprensión de los aspectos conceptuales de la tecnología, un mejor manejo de la complejidad tecnológica y una mayor rapidez del proceso de aprendizaje, el cual se realizó en escasas dos semanas. Los resultados obtenidos no pueden, sin embargo, generalizarse debido a las limitaciones del estudio de casos como método de investigación, por lo que la efectividad de la aplicación de MOSAT como recurso instruccional debe demostrarse en ambientes académicos no controlados y con un mayor número de individuos, lo cual abre una oportunidad para el trabajo de investigación futuro.

## Referencias

- AIAE 2017, Qué es el aprendizaje experiencial. Asociación Internacional de Aprendizaje Experiencial, Nov. 30, [En línea] Disponible: <https://www.aprendizaje-experiencial.org>
- Álvarez C, San Fabián JL, 2012, La elección del estudio de caso en investigación educativa. *Gazeta de Antropología*, Vol.28. No. 1.
- Bagozzi, R.P., Davis, F.D. and Warshaw, P.R, 1992, Development and Test of a Theory of Technological Learning and Usage. *Human Relations*, Vol. 45, No. 7.
- Barrios J, Montilva J, 2013, Integrating the methodological frameworks WATCH and SCRUM: a method engineering approach. *IEEE Xplore Digital Library*. IEEE, 2013. Print ISBN: 978-1-4799-2957-3
- Bruner JS, 2001, *El Proceso Mental en el Aprendizaje*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones.
- Bunge M, 2012, *Ontología II: Un Mundo de Sistemas*, Tratado de Filosofía, Volumen 4. Barcelona: Editorial Gedisa S.A.
- Canuto O, Dutz MA, Reis JG, 2010, *Technological Learning and Innovation: Climbing a Tall Ladder*. Economic Premise. The World Bank, July, Number 21.
- Cobo Romani N, 2008, *Aprendizaje adaptable y apropiación tecnológica*. Reflexiones prospectivas, México: FLACSO. Disponible en:

[http://www.laisumedu.org/DESIN\\_Ibarra/autoestudio3/ponencias/ponencia33.pdf](http://www.laisumedu.org/DESIN_Ibarra/autoestudio3/ponencias/ponencia33.pdf) Fecha de consulta: 6 julio 2018.

Cranefield S, Purvis M, 1999, UML as an Ontology Modelling Language. *Proc of the IJCAI-99 Workshop on Intelligent Information Integration*.

De Almeida M, 2008, *Para comprender la complejidad*. México: Multiversidad Mundo Real Edgar Morín A.C.

Fernández Morales K, Vallejo Casarín A, 2015, Apropiación Tecnológica: Una visión desde los modelos y las teorías que la explican. *Perspectiva Educacional*. Vol. 54 (2), 109-125. Junio.

Fidock J, Carroll J, 2016, The model of technology appropriation: A lens for understanding systems integration in a Defense context. *17<sup>th</sup> Australasian Conference on Information Systems (ACIS2016)*. Adelaide, December 6-8.

Geller EH, 2011, Perceptual Learning; Applications to Education. *Psychology In Action*, June 20. Disponible en: <https://www.psychologyinaction.org/psychology-in-action-1/2011/06/20/perceptual-learning-applications-to-education> Fecha de consulta: 6 julio 2018.

Gruber TR, 1993, Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In Guarino, N. and Poll, R. (Eds.). *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*. Kluwer Academic Publishers.

Guizzardi G, 2005, Ontological Foundations for Structural Conceptual Models. CTTIT PhD.-thesis series No. 05-74. University of Twente. The Netherlands.

Janneck, M, 2009, Recontextualizing Technology in Appropriation Processes. In Shneiderman, B. 2009, *Socio-Technical Design and Social Networking Systems*. IGI Global.

Maldonado Granados LF, Londoño Palacio OL, Gómez Gil JP, 2017, Sistemas Ontológicos en el aprendizaje significativo: estado del arte. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*. Vol. 17, No. 2, pp. 1-18.

Montilva J, Barrios J, 2017, Dimensiones y Estrategias de Integración de Procesos de Negocio en la Industria 4.0, En: Manrique Losada B (Ed.), *Industria 4.0: Escenarios e impacto*. Sello Editorial de la Universidad de Medellín, Colombia.

Novak JD, Cañas AJ, 2006. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. Technical Report IHMCCmapTools 2006-01 Rev 01-2008, *Florida Institute for Human and Machine Cognition*, 2008. Disponible en: <https://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps> Fecha de consulta: 6 julio 2018.

Quesada C, Pérez Comisso M, 2016, De la telegrafía sin hilos a radiodifusión: Apropiación tecnológica de la radio en Chile, 1901-1931. *Revista de Historia Iberoamericana*. Vol. 9, Num. 1, pp. 103-125.

Simpson, BM, Seidel, R, Byrne, S, Woods C, 2018, Technological learning: Towards an integrated model. Disponible en: <https://warwick.ac.uk/fac/soc/wbs/conf/olkc/archive/olk4/pa>

<pers/simpsonseidelbyrewoods.pdf> Fecha de consulta: 6 julio 2018.

Sowa JF, 1984, *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Sternberg RJ, Sternberg K, Mio J, 2012, *Cognitive Psychology*. 6<sup>th</sup> Ed. Belmont, CA: Wadsworth.

Sunyaev A, Hansen, M, Krcmar, H, 2012, Method Engineering: A Formal Description. In *Information Systems Development – Towards a Service Provision Society*. Springer-Verlag, pp. 645 – 654.

van den Hoff R, 2013, *Mastering the Global Transition on Our Way to Society 3.0*. Society 3.0 Foundation. Disponible en: [https://society30-61d3.kxcdn.com/download\\_book/society30updated.pdf](https://society30-61d3.kxcdn.com/download_book/society30updated.pdf) Fecha de consulta: 6 julio 2018.

**Recibido:** 18 de enero de 2018

**Aceptado** 20 de junio de 2018

**Montilva Jonás:** Ph.D. en Computación, M.Sc. en Computación. Ing. de Sistemas. Profesor titular (J) de la Universidad de Los Andes, Mérida.

**Montilva William:** Ing. de Sistemas, Analista de Sistemas (J) de la DSIA-ULA, Consultor Senior de la empresa BIOSOFT C.A., Mérida. Correo electrónico: [wmontilva@gmail.com](mailto:wmontilva@gmail.com)