

Evaluación de competencias digitales de egreso en programas educativos en computación y tecnologías de información bajo el paradigma de la sociedad 5.0

Francisco J. Álvarez-Rodríguez, Raúl A. Aguilar Vera

Title— Assessment of digital graduation competences for programs degrees in computing and information technology under the society 5.0 paradigm.

Abstract—The objective of this work is to define means of assessing the educational programs of Information Technology through the achievement of digital graduation competences, both soft skills and specific (competences of the different disciplines of the specialties) within the paradigm Industry 4.0. A model of assessment of graduation competences is presented considering three important moments of the process: 1. Planning, 2. Execution and 3. Assessment. A case study is presented to demonstrate the application of the proposer assessment model, in which the fulfilment of graduation competencies for an educational program can be observed.

Index Terms—Digital competence, Society 5.0, TIC professionals, Assessment of digital competence.

I. ANTECEDENTES.

Con la inminente implementación de la Industria 4.0 se presentan retos nuevos, tanto en la formación de profesionistas en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), como en la actualización del capital humano que hoy día mantiene la productividad y competitividad de las empresas y organizaciones.

En respuesta a las nuevas necesidades del mercado laboral, las Instituciones de Educación Superior (IES) han requerido rediseñar y/o crear programas curriculares que resulten pertinentes a los requerimientos tecnológicos de la denominada cuarta revolución Industrial.

Manuscrito recibido el día de mes de año; revisado día de mes de año; aceptado día de mes de año.

Álvarez_Rodríguez, F.J., Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México (email: fjalvar.uaa@gmail.com). (<https://orcid.org/0000-0001-6608-046X>)

Aguilar Vera, R.A. Universidad Autónoma de Yucatán.

Mérida, México (email:avera@correo.uady.mx)

(<https://orcid.org/0000-0002-1711-7016>)

En México, la Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Tecnologías de la Información A.C. (ANIEI), como parte de sus primeras acciones a finales de la década de los 80s, integró un comité de trabajo con académicos de diferentes IES a nivel nacional, para establecer una propuesta de Modelos Curriculares [1] que pudiera servir a las IES mexicanas como guías para el establecimiento de nuevos programas en la disciplina, a la par con las propuestas internacionales como las que ACM e IEEE-CS ya ofrecían; la tabla 1 lista las guías curriculares para las disciplinas reconocidas por dichos organismos en el área de las TIC.

TABLA 1.
GUÍAS CURRICULARES INTERNACIONALES

GUÍA CURRICULAR	DISCIPLINA
Computer Engineering Curricula 2016 (CE2016)	Ingeniero Computacional
Curriculum Guidelines for Undergraduate Programs in Computer Science (CS2013)	Ciencias de la Computación
Curriculum Guidelines for Post-Secondary Degree Programs in Cybersecurity (CSEC2017)	Ciberseguridad
Computing Competencies for Undergraduate Data Science Curricula (CCDS2021)	Ciencia de Datos
Global Competency Model for Graduate Degree Programs in Information Systems (MSIS2016)	Sistemas de Información
Curriculum Guidelines for Baccalaureate Degree Programs in Information Technology (IT2017)	Tecnologías de la Información
Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering (SE2014)	Ingeniero de Software

Los Modelos Curriculares propuestos por ANIEI tuvieron su última revisión con la estructura de áreas de conocimiento en 2015 [2] y han sido redefinidos con base en un modelo por Competencias; también se han sentado las bases para la incorporación de nuevos perfiles profesionales que consideren las necesidades y tendencias internacionales de profesionistas en TIC [3].

En el contexto científico, una disciplina que ha resultado clave para esta cuarta etapa de evolución industrial, particularmente para los perfiles profesionales emergentes, es la Inteligencia Artificial, la cual se encuentra relacionada con la

generación de grandes cantidades de datos (*big data*), la necesidad de algoritmos y métodos su procesamiento, así como la interconexión masiva de sistemas y dispositivos digitales.

Desde una perspectiva un tanto más holística, no podemos dejar de observar y reflexionar sobre las necesidades de una sociedad con capacidades de trabajo transdisciplinario, caracterizada por la utilización de las TIC en las diferentes áreas del desarrollo humano, con claras diferencias individuales [4], así como con valores y normas de comportamiento acordes a las ya muy recurridas comunidades virtuales.

Desde la óptica de la evaluación a la calidad educativa, resulta conveniente definir un modelo que establezca las competencias digitales de egreso para estos nuevos perfiles en el contexto de las TIC; dichos perfiles están relacionados con los Científicos de Datos, los profesionales en Seguridad de la Información y el Internet de las Cosas, por mencionar algunos. Existen organizaciones en diferentes regiones del mundo que están definiendo nuevos perfiles profesionales relacionados con las tendencias de la Industria 4.0, por lo que dichos perfiles comienzan a considerarlos en la definición de documentos rectores de las IES y organizaciones inmersas en el ámbito de las TIC.

Antes de identificar las competencias digitales de egreso para los programas curriculares en TIC, resulta pertinente analizar lo que se entiende por competencias digitales; en éste sentido, el Marco de Referencia Europeo [5], al referirse a las competencias clave para el aprendizaje permanente, define a la competencia digital como:

“...aquella que asegura el uso seguro y crítico de las tecnologías de la sociedad de información para el trabajo, el ocio y la comunicación. Se sustentan en las competencias básicas en materia de TIC: el uso de ordenadores para obtener, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar información, y comunicarse y participar en redes de colaboración a través de Internet...”

La Unión Europea a través del Servicio de Ciencia y Conocimiento de la Comisión Europea (*EU Science Hub*) describe 21 competencias digitales englobadas en las siguientes cinco áreas [6]:

- Información y alfabetización de datos,
- comunicación y colaboración,
- creación de contenido digital,
- seguridad, y
- resolución de problemas.

En resumen, podemos decir que las competencias digitales para un profesional en búsqueda de trabajo, son todas aquellas habilidades, capacidades y aptitudes relacionadas con la aplicación, el uso eficaz, útil, práctico y seguro de las nuevas tecnologías, tanto en entorno profesional, social, formativo, familiar, ocio, etc. [7].

La cuarta revolución Industrial ha puesto de manifiesto la necesidad de profesionales habilidosos en tecnologías emergentes, como son el cómputo en la nube, cómputo social, *big data*, internet de las cosas, ciberseguridad, realidad aumentada, por mencionar algunos [8]. Por otro lado, los retos impuestos a los esquemas educativos por sucesos como la

pandemia del Covid-19, han desvelado la necesidad adicional, para las IES, de implementar modelos educativos mediados con TIC, que cuenten con modelos y mecanismos de evaluación que permitan generar evidencias con las que sea posible medir el logro de las competencias de egreso [9].

II. ELEMENTOS DEL MODELO DE EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS DIGITALES DE EGRESO PARA PROGRAMAS EDUCATIVOS EN TIC BAJO EL PARADIGMA DE LA INDUSTRIA 4.0

Las diversas definiciones de competencia, constituyen en la actualidad un problema de diversidad conceptual y de implementación [10, 11], sin embargo, a pesar de ser definiciones más amplias y difusas que las de los constructos tradicionales —p.e. objetivos de aprendizaje— es posible reducir dicha diversidad a dos nociones semánticas, una de carácter funcional y otra de corte psicológico [12], ambas vinculadas con las capacidades laborales o rasgos personales, que tienen que asegurar el cumplimiento eficiente de las tareas laborales.

En el contexto educativo, las competencias integran un conjunto de saberes —conocer, hacer y ser— más o menos permanentes a lo largo de la vida, en este sentido, en [13] la autora comenta que en el contexto español, las competencias profesionales son un subconjunto de aquellas que son requeridas en el ámbito laboral, por tanto, la calidad de un individuo, en su rol de egresado o de nuevo profesional, no debiera ser determinado por el perfil académico o por la cantidad de conocimientos adquiridos, sino por la capacidad de adaptación a los cambios que enfrentara fuera de su entorno universitario.

Por lo anteriormente expuesto, las IES comenzaron a adoptar desde finales del siglo pasado, modelos educativos que brindan mayor relevancia al estudiante cómo sujeto activo en su proceso de aprendizaje; es por ello, que las estrategias instruccionales ya no deben centrarse en la acumulación y reproducción de conocimientos de la disciplina, sino más bien deben orientarse a que el estudiante desarrolle una serie de habilidades, conocimientos, aptitudes y actitudes, y sea capaz de aplicarlos de manera integral, en contextos similares a los que se encontrará en su campo laboral —escenarios de aprendizaje reales.

En el contexto curricular, los planes de estudio promueven el logro de las competencias de egreso mediante la articulación de competencias disciplinares, específicas y transversales (*soft skills*); así, las competencias disciplinares se desarrollan principalmente en el transcurso de los primeros semestres, no obstante, su movilización se logra a través de las competencias específicas en los semestres medios y últimos; las competencias transversales, por ser transversales, se desarrollan en el transcurso de todo el plan de estudios.

El constructo de habilidades transversales o blandas, nace en la década de los 80 en el contexto empresarial y en los 90 en el ámbito educativo, en respuesta a las nuevas necesidades de la sociedad del conocimiento [14]. A diferencia de las competencias disciplinares y específicas que se encuentran ligadas a un cierto dominio profesional, las competencias transversales pueden ser transferibles, es decir, pueden ser utilizadas en diferentes situaciones y contextos [15], la

responsabilidad social, el trabajo en equipo, la resolución de problemas, son algunos ejemplos de dichas competencias.

Para generar los resultados en el modelo de evaluación se requiere tener claro el concepto de competencia, así como una clasificación que sea competitiva y flexible en diferentes ámbitos y contextos.

La definición de competencia adoptada, fue la propuesta por la Asociación Academia Industria Gobierno en TI (IMPULSA-TI) citada en [3]:

“...Una competencia es lo que hace que la persona utilice las mejores prácticas, para realizar un trabajo o una actividad y sea exitosa en la misma, lo que puede significar la conjunción de conocimientos, habilidades, disposiciones y conductas específicas...”.

Se utilizará dicha definición y principios de operación del constructo “competencia profesional” en virtud de que el contexto de aplicación del modelo de evaluación presentado, es precisamente en IES mexicanas.

El modelo propuesto y utilizado en el estudio, considera para su evaluación, competencias digitales tanto específicas, como transversales. A continuación se presentan las definiciones adoptadas por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. (CONAIC):

Competencias digitales transversales (CDT): son las competencias necesarias para que los individuos sean productivos desde su ingreso al mundo laboral, a través del uso de TIC como forma de mediación entre los diferentes actores laborales o bien como auto gestor del profesional.

Competencias digitales específicas (CDE): son las competencias necesarias para que los individuos puedan realizar el trabajo o actividad de su perfil de profesional, a través del uso de TIC; por la naturaleza del profesional del TIC se entiende que debe tener los conocimientos, habilidades y aptitudes.

Para la evaluación de los cuatro perfiles profesionales reconocidos en el área de las TIC —Informática, Ingeniero de Software, Ciencias de la Computación e Ingeniero en Computación— así como los tres nuevos perfiles propuestos —Ingeniero en Datos, Ingeniero en Ciberseguridad e Ingeniero en Internet de las Cosas— se proponen un conjunto de ocho competencias digitales transversales (CDT), dichas competencias son listadas y descritas en la tabla 2.

TABLA 2.
COMPETENCIAS DIGITALES TRANSVERSALES PARA PROFESIONALES EN TIC

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Comunicación oral y escrita (CDT01)	Transmite conocimientos, expresa argumentos, conceptos e ideas de forma convincente, con rigor conceptual y de forma clara, en formas escrita y oral, a través de recursos digitales, adaptándose a las características de la audiencia y diferentes situaciones.
Análisis y síntesis de Información (CDT02)	Reconoce y describe los elementos constitutivos de una realidad, organiza la información relevante según criterios

	preestablecidos a un propósito y los aplica a productos digitales.
Planteamiento y resolución de problemas (CDT03)	Analiza los elementos constitutivos de un problema para idear estrategias que permitan obtener, de forma razonada, una solución contrastada y acorde a ciertos criterios preestablecidos considerando los diferentes aspectos de la virtualidad.
Modelación de soluciones (CDT04)	Analiza los fundamentos y propiedades de modelos existentes. Traduce e interpreta los elementos del modelo en términos del mundo real y los traslada a medios digitales.
Aprendizaje autónomo (CDT05)	Aprende por iniciativa e interés propio a lo largo de la vida utilizando los diferentes entornos ofrecidos por las TIC.
Trabajo en equipo (CDT06)	Participa de manera efectiva en equipos diversos y colabora de forma activa en la consecución de objetivos comunes a través de TIC.
Toma de decisiones (CDT07)	Identifica patrones que anticipan posibles explicaciones y/o soluciones a los problemas industriales, tecnológicos y operativos para una adecuada toma de decisiones bajo los paradigmas de la industria 4.0.
Uso efectivo de herramientas de TIC (incluyendo las nuevas tecnologías) (CDT08)	Capacidad de actualización respecto al uso de la tecnología en el área que repercute en su mejora continua.

En el caso de las Competencias Digitales Específicas (CDE), cada uno de los 4 perfiles profesionales ya reconocidos (A, B, C y D) y los otros 3 emergentes (E1, E2 y E3), contempla un número particular de competencias, tal y como se ilustra en la tabla 3.

TABLA 3.
NÚMERO DE COMPETENCIAS DIGITALES ESPECÍFICAS POR PERFIL PROFESIONAL EN TIC (VIGENTES Y EMERGENTES)

PERFIL PROFESIONAL	# CDE
A.Informática	12
B.Ingeniero de Software	12
C.Ciencias de la Computación	10
D.Ingeniero Computacional	8
E1.Ingeniero de Datos	13
E2.Ingeniero en Ciberseguridad	10
E3.Ingeniero en Internet de las Cosas	11

Para ilustrar la vinculación entre las CDE de uno de los perfiles profesionales vigentes y su descripción, a continuación presentamos el perfil de Ingeniero en Computación [2], y en la tabla 4, las 8 CDE que requiere desarrollar un egresado de un programa curricular alineado a dicho perfil (Perfil D).

“Profesional con la misión de construir, configurar, evaluar y seleccionar obras y entornos de servicios computacionales, capaz de generar nueva tecnología y de encontrar e implantar soluciones eficientes de cómputo en las organizaciones. Tendrá dominio de los principios teóricos y de los aspectos prácticos y metodológicos que sustentan el diseño y desarrollo de sistemas complejos, especificación de arquitecturas de hardware y configuración de redes de cómputo.”

TABLA 4.
COMPETENCIAS DIGITALES ESPECÍFICAS PARA EL PROFESIONAL EN INGENIERÍA COMPUTACIONAL

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Describe componentes y sistemas informáticos (CDE01)	Reconoce e identifica los elementos internos de los sistemas informáticos.
Desarrolla soluciones computacionales (CDE02)	Analiza y construye soluciones del mundo real basadas en modelos matemáticos.
Utiliza técnicas, habilidades, y herramientas computacionales moderna (CDE03)	Aplica herramientas computacionales modernas que faciliten alcanzar las soluciones a problemáticas planteadas.
Diseña e implementa redes de computadoras personales, locales y globales (CDE04)	Desarrolla soluciones de conectividad seguras
Analizar las soluciones computacionales existentes para proponer soluciones innovadoras (CDE05)	Identifica soluciones innovadoras y sustentables viables a problemáticas planteadas.
Implementa arquitecturas de computadoras (CDE06)	Aplicar diversas arquitecturas de computadoras, para implementar soluciones integrales en sistemas computacionales.
Propone alternativas de solución (CDE07)	Optimiza el consumo de energía aplicando conocimientos en el diseño de soluciones.
Propone soluciones innovadoras que satisfagan las necesidades de los sistemas computacionales tanto en software como en hardware (CDE08)	Incorpora permanentemente nuevas tecnologías a las necesidades de información.

III. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS DIGITALES DE EGRESO PARA PROGRAMAS EN TIC BAJO EL PARADIGMA DE LA INDUSTRIA 4.0

El método de evaluación se basa en el cumplimiento de las competencias previamente definidas, mediante el análisis de evidencias desarrolladas a través de las asignaturas obligatorias a lo largo del programa educativo.

Se utiliza como referencia, el análisis de la conexión de competencias transversales con competencias específicas definido en [16], así como el marco de referencia para la integración y evaluación de competencias genéricas, descrito en [17]. Adicionalmente se consideran las lecciones aprendidas en [18] para tener objetividad en las pruebas administradas como parte del proceso de evaluación.

Con las metodologías expuestas y elementos para la disciplina, se definen —en el método de evaluación— dos etapas utilizadas para la comprobación del modelo por competencias:

Planeación: permite asegurar que las competencias digitales definidas en las tablas 1 y 3 —transversales y específicas— sean garantizadas en plan de estudios, considerando los cursos o módulos (obligatorios), así como las evidencias que se generarán para el cumplimiento de la competencia planificada. Esto se coteja a través de las

tablas 1 y 3 que indican la planificación de competencias digitales transversales y específicas.

Evaluación: se garantiza a través de un sistema de seguimiento individual de desarrollo y cumplimiento de competencias, el cual considera diferentes elementos como son, el portafolio de evidencias, las certificaciones externas, exámenes nacionales, evaluaciones de colegios de profesionales, etc.

El sistema tiene la capacidad de demostrar cumplimiento de competencias de un estudiante, a lo largo de su estadía en la carrera y hasta su egreso, por ello integra un semáforo que considere el siguiente código:

Verde. Competencia cubierta en tiempo y forma con sus correspondientes evidencias de cumplimiento.

Amarillo. Competencia cubierta parcialmente, considerando que para la planeación el alumno no la ha cubierto en el tiempo definido o con la calidad de competencia requerida.

Rojo. Competencia no cubierta. No se presentan evidencias de cumplimiento de la misma o las evidencias son escuetas para lograr desarrollarla conforme lo planificado.

La segunda dimensión definida en el método de evaluación consiste en considerar la evolución de las competencias presentadas en las tablas 1 y 3, considerando tres etapas:

Inicial. Adquisición de las competencias digitales básicas, en las asignaturas, a partir de los períodos escolares iniciales.

Desarrollo. Adquisición de competencias digitales que se instrumentan hasta los últimos periodos escolares. La premisa es que el estudiante es guiado por el profesor.

Evaluación. El estudiante demuestra tener capacidad de ejecutar la competencia digital de forma autónoma y cumplir a cabalidad con la competencia definida. El estudiante cuenta con asignaturas, talleres o seminarios en el plan de estudios, que aseguren esta premisa.

El instrumento que se ilustra en la tabla 5 representa el cumplimiento del programa educativo sobre las competencias en las dos dimensiones antes mencionadas, dejando asegurado en todos los ciclos las CDT; en el caso de las CDE se utiliza el mismo principio de registro de las dos dimensiones, según se indica en la misma tabla 5.

TABLA 5.
INSTRUMENTO DE PLANIFICACIÓN DE COMPETENCIAS DIGITALES.

CDT01	Comunicación oral y escrita		
ATRIBUTOS	Transmite conocimientos, expresa argumentos, conceptos e ideas de forma convincente, con rigor conceptual y de forma clara, en formas escrita y oral, a través de recursos digitales, adaptándose a las características de la audiencia y diferentes situaciones.		
Ciclo escolar #1	CURSO	EVIDENCIA	A)INICIA B)DESARROLLA C)EVALÚA

Por su parte, la tabla 6 representa un segundo artefacto utilizado para evidenciar la manera en la que el programa tendría que presentar una descripción del trabajo en equipo transdisciplinario, para asegurar el desarrollo de la CDT indicando el detalle del aseguramiento.

TABLA 6.
INSTRUMENTO DE COMPETENCIAS PARA EL TRABAJO EN EQUIPO E INTERDISCIPLINARIO POR ASIGNATURA.

ASIGNATURA	Describa de qué manera se elabora trabajo en equipo y transdisciplinario utilizando TIC (CDT06)

Los artefactos anteriores permiten planificar y medir el cumplimiento de las CDT y CDE a nivel de programa educativo; sin embargo, a nivel de estudiantes, es necesario el uso de diferentes técnicas, artefactos, instrumentos, etc. para una correcta recolección de información y evaluación del cumplimiento de las competencias digitales.

A continuación se presenta un instrumento (ver tabla 7) que ejemplifica una manera de evaluar el cumplimiento de una CDT, éste incorpora una escala de valoración que es utilizada posteriormente para graficación y análisis, así como para generar recomendaciones tanto para el estudiante, el curso, pero sobre todo, para el programa educativo.

TABLA 7.
MEDICIÓN CDT POR ESTUDIANTE.

Alumno	Comunicación oral y escrita		
CDT01	A) INICIA.	B) DESARROLLA.	C) EVALUA.
Atributo 1.	Escala 1-2	Escala 3-4	Escala 5
Atributo 2.			
Atributo 3.			
Atributo 4.			
Atributo 5.			

Como se mencionó en los antecedentes de las CDT, para la Industria 4.0 hay algunas competencias adicionales que deben considerarse:

- Tener la capacidad de reconocer y respetar las diferencias culturales entre los individuos.
- Apoyar en preparar a los alumnos para un mundo globalizado. Tenemos la obligación de formar a los estudiantes para un contexto internacional e intercultural, dándoles acceso al conocimiento y a la internacionalización curricular.
- Realizar movilidad internacional entendiéndose como el proceso académico para intercambio de experiencias de vida y competencias de la disciplina de formación.

A continuación se presenta un estudio de caso para ilustrar la manera en la que se evalúan competencias digitales bajo el paradigma de la sociedad 5.0 con el modelo propuesto.

IV. ESTUDIO DE CASO

El estudio de caso hace alusión a una IES privada en México, la cual ofrece un programa educativo con el perfil de Ingeniero en Computación, dicho programa ha transitado por diferentes actualizaciones según las tendencias de las tecnologías computacionales e incluso posee reconocimientos internacionales por su calidad. La institución en la que se ofrece dicho programa educativo indica que el objetivo de egreso es: “la formación de profesionistas que apliquen los métodos y las técnicas de las Tecnologías de Información y Comunicación al estudio y a la solución sistemática de problemas en diferentes contextos”. Cabe hacer mención, que las evidencias fueron presentadas en idioma inglés, debido a que el proceso de evaluación a la calidad del programa educativo, tenía alcance (reconocimiento) internacional.

Antes de describir las dos etapas del caso analizado, es importante resaltar, que cualquier IES que someta sus programas educativos al escrutinio de una entidad externa, debe tener claro que el objetivo de dicha evaluación, es la mejora continua del programa [19].

A. Etapa de Planeación.

Con base en el proceso propuesto, el primer ciclo sistematiza las distintas actividades que se realizan como parte de los procesos administrativos de la IES, introduciendo los conceptos de CDT, enfatizando los conocimientos que deben aprender y las habilidades que deben adquirir los alumnos en cada curso, tratando de eliminar la concepción tradicional de temas que deben enseñarse.

Al inicio de cada semestre, el Jefe de Departamento (JD) responsable de las asignaturas, se coordina con los profesores que las imparten para revisar los CDT del curso —definidas en los programas de asignatura— y planificar las distintas actividades que se realizarán durante el semestre para impartir los saberes, habilidades, aptitudes y actitudes especificadas, y definir las mediciones del cumplimiento. Durante el semestre, el JD da seguimiento continuo para asegurar el cumplimiento de los CDT en todos los cursos, utilizando el instrumento ilustrado en la tabla 5 con sus variantes para las CDT y CDE.

El segundo ciclo se repite cada año y se enfoca en las competencias digitales por estudiante. Para cada programa, los Directores de Programa (DP) y los profesores, definen los cursos —distribuidos en los ocho semestres la malla curricular— que abonan en cada competencia digital por alumno y se priorizan; en estos cursos se mide el avance en el logro de cada CDT y CDE por estudiante.

Al inicio de cada semestre el DP se reúne con los profesores para revisar los cursos y planificar las actividades que se realizarán durante el semestre para desarrollar las habilidades especificadas, y planear cómo se medirá su cumplimiento, se puede utilizar la tabla 7 diseñada para la aplicación en cada estudiante en sus dos variantes para las CDT y CDE.

El tercer ciclo tiene una periodicidad de cuatro años —la duración del programa educativo— y tiene como propósito, analizar el perfil de egreso; este ciclo incluye mayor interacción con los diferentes actores externos, principalmente egresados del programa educativo y empleadores. Se asume que se tienen identificados los elementos de ciclos anteriores que pueden accionarse para mejorar los resultados a mediano plazo. Las CDT y CDE se miden de manera indirecta a través de encuestas y entrevistas realizadas a los egresados y empleadores, y del análisis de los currículos de los mismos egresados.

En la tabla 8 se ilustra, la manera en la que la IES presenta un análisis del cumplimiento de la CDT01 relacionada a comunicación oral y escrita, puede apreciarse que el objetivo es asegurar el desarrollo de la competencia a través de sus diferentes etapas hasta lograr el nivel de evaluación de la misma. Se puede observar los cursos son identificados con sus claves, así el IC01 se corresponde con el Curso introductorio de lectura y redacción.

TABLA 8.
EJEMPLO DE PLANIFICACIÓN CDT.

CDT01	Comunicación oral y escrita		
ATRIBUTOS	Transmite conocimientos, expresa argumentos, conceptos e ideas de forma convincente, con rigor conceptual y de forma clara, en formas escrita y oral, a través de recursos digitales, adaptándose a las características de la audiencia y diferentes situaciones.		
Primer semestre	CURSO	EVIDENCIA	A) INICIA B) DESARROLLA C) EVALÚA
	IC01	Reporte.	A)
	IC02	Actividad.	A)
Tercer semestre	CURSO	EVIDENCIA	A) INICIA B) DESARROLLA C) EVALÚA
	IC10	Reporte.	B)
	IC12	Actividad.	B)

La tabla 9 permite ilustrar la manera en la que la IES presenta el análisis del cumplimiento de la CDT06 relacionada al trabajo en equipo, y según lo indicado en esta etapa, se aseguraría en las asignaturas definidas el cumplimiento por parte de los estudiantes y con ello el logro de la competencia.

TABLA 9.

EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO PARA DEFINIR POR ASIGNATURA LA CDT06.

ASIGNATURA	Describe de qué manera se elabora trabajo en equipo y transdisciplinario utilizando TIC (CDT06)
Algorithms and Programs	The described projects are carried out in teams of two to three people. The subject is studied by students of the careers of Computer Engineering, Engineering in Telematics, Industrial Engineering and Business Engineering. This ensures the interdisciplinary nature of the work teams and the profile of the research projects and practices requested.
Logical Circuits	The practices and projects described are done in teams of two to three people. The subject is taken by students of the careers of Eng. In Computing, and Eng. In Telematics and occasionally by students of Industrial Engineering for whom the subject is optional. This ensures the interdisciplinary nature of the work teams and the profile of the research projects and practices requested.
Organization and Programming of Computers	In this matter, a final project is developed. This project works in teams of a maximum of 4 members and involves the use of all the skills developed during the course.

B. Etapa de Evaluación.

Los instrumentos presentados en la sección anterior permiten definir las métricas de los diferentes niveles, y aunque no es sencilla su administración, las métricas han sido mejoradas en cada ciclo, considerando únicamente lo que es importante.

Para las CDT y CDE de las asignaturas, cada que se imparten, se mide su nivel de cumplimiento; la medición se presenta a través de gráficos basados en otros instrumentos ya probados [20], tal y como se ilustra en la figura 1. Los resultados de las mediciones respecto del nivel de cumplimiento, son compartidos con los alumnos; esto tiene como propósito entender qué tan útil es el material del curso, así como las la metodología de enseñanza y aprendizaje en el apoyo del logro de las CDT y CDE.

El proceso de medición utiliza dos tipos de mediciones: directas e indirectas. Las mediciones indirectas permiten obtener la percepción de los alumnos acerca del grado de asimilación que consideran haber obtenido; por su parte, las directas reflejan la percepción que tiene el profesor respecto del nivel de competencias adquiridas por parte de los estudiantes —ambas percepciones expresadas en una escala del 1 al 5. Las percepciones se obtienen en encuestas que se administran a los estudiantes en la etapa al final del curso. Por otro lado, los profesores generan un reporte con el análisis de los resultados y proponiendo recomendaciones para mejorar el curso impartido (p.e. ¿el método de enseñanza o de medición de una CDT debe revisarse?).

La siguiente gráfica (figura 1) muestra el resultado de la aplicación de las evaluaciones de una CDT basado en la administración del instrumento ilustrado en la tabla 7; las

mediciones son por estudiante y permiten saber qué tan cercano está de obtener el logro de las CDT, definidas para el egreso, puede apreciarse en este caso que la competencia en los 5 atributos definidos, no está completamente desarrollada, ya que la escala de cumplimiento al 100% es 5. El profesor responsable del curso, deberá emitir una serie de recomendaciones para mejorar el método de enseñanza, o bien un conjunto de acciones para que el estudiante logre el cumplimiento de la CDT.

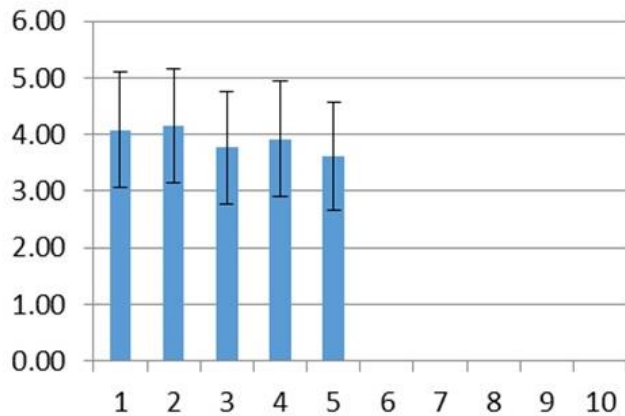


Fig. 1. Puntaje promedio por criterio de evaluación (evidencia presentada en inglés por la IES)

Al finalizar el ciclo de tránsito del estudiante por el programa educativo, se realizó una encuesta a profesores para saber cuál es la percepción —en un rango del 1 al 5— del grado en el que cada estudiante cumple con las CDT y CDE. Se aplicó la misma encuesta a los alumnos.

Se definieron tres rangos para agrupar los resultados obtenidos, estos sirven para definir el cumplimiento de las competencias de los estudiantes (INICIA, DESARROLLA, EVALUA). También se genera un breve reporte que contiene 1) el método de evaluación de los criterios que componen y 2) propuestas de acciones de mejora futuras.

La figura 2 presenta un gráfico de pastel que ilustra la evaluación de una CDT en la escala antes mencionada (1 a 5); en dicho gráfico se puede observar que el nivel de cumplimiento de la cohorte generacional, es del 54% a nivel de EVALUACION (cumplimiento de la competencia completa) y del 46% del de DESARROLLO (faltan acciones para cumplir con la competencia completamente).

Los resultados y las acciones de mejora implementadas de forma individual y a nivel divisional, se reflejaron en el reporte anual, y se presentaron para su discusión, a todos los profesores en una junta de la División al inicio del año académico. Dichos resultados y acciones también se colocaron en el LMS institucional para que todos lo tengan a su alcance.

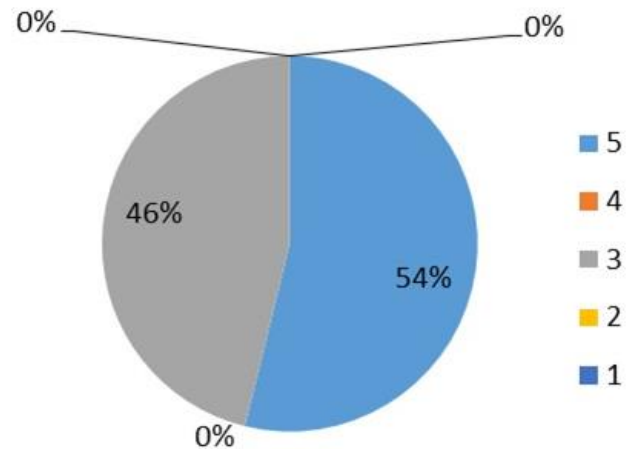


Fig. 2. Distribución relativa de la puntuación de los estudiantes para el criterio seleccionado (evidencia presentada en inglés por la IES).

V. CONCLUSIONES

Con el estudio de caso, se hizo evidente que la implementación de un modelo de evaluación de competencias digitales de egreso no es sencillo, en el estudio de caso descrito, la institución lleva más de 10 años con un modelo basado en evaluación de competencias de egreso y con evaluaciones internacionales por diferentes organismos que avalan su calidad, como son ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*) y CONAIC (Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación a través de *Seoul Accord*). A lo largo de estos años, la IES simplificó y optimizó los documentos y procesos de ejecución y registros, para lograr el cumplimiento de evaluación de competencias de egreso.

Con el modelo de evaluación presentado, se intenta, a partir de esta experiencia, facilitar los mecanismos de cumplimiento de las CDT y para que puedan replicarse a otras IES, considerando obviamente, que el método de evaluación ofrece directrices que podrían mejorarse o contextualizarse, en función del perfil profesional al que pertenezca el programa educativo.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. por permitir el acceso a sus expedientes de evaluación de competencias de egreso, así como a la Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Tecnologías de la Información A.C. por el acceso a sus documentos guía como apoyo en la definición del modelo de evaluación presentado.

REFERENCIAS

- [1] V. Bajar y G. Levine. Modelos Curriculares Nivel Licenciatura Informática y Computación. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 1990.
 - [2] A. Gracia, F. Álvarez, y M. Sánchez. Modelos Curriculares del Nivel Superior de Informática y Computación. Ciudad de México: Editorial Pearson, 2015.
 - [3] L. Sánchez, N. Aguas, J. Lira, A. García, G. Rodríguez & F. Álvarez, "Nuevos perfiles profesionales en TU: caso de la ANIEL." in Twenty-fifth Americas Conference on Information Systems, Cancun, Mexico, 2019. Pp. 1-6.
 - [4] A.L. Esparza-Maldonado, L.Y. Margain-Fuentes, F.J. Álvarez-Rodríguez y E.I. Benítez-Guerrero, "Desarrollo y evaluación de un Sistema Interactivo para personas con discapacidad visual," *Tecnológicas*, 21(41), pp. 149-157, 2018.
 - [5] Parlamento Europeo. (2006). Competencias clave para el aprendizaje permanente - Un marco de referencia europeo. [Online]. Available: <https://www.educacionyfp.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/movilidad-europa/competenciasclave.pdf?documentId=0901e72b80685fb1>
 - [6] M. Jalil, "Industria 4.0, competencia digital y el nuevo Sistema de Formación Profesional para el empleo," *Revista Internacional y comparada de relaciones laborales y derecho del empleo*. [Online]. Available: <https://e4-0.ipn.mx/wp-content/uploads/2019/10/industria-4-0-competencia-digital-formacion-prof.pdf>
 - [7] J. Jiménez. "Competencias digitales para buscar trabajo y para trabajar – Empleabilidad". [Online]. Available: <https://www.orientacionparaempleo.com/competenciasdigitales-para-buscar-trabajo-te-ayudan-a-encontrar-empleo/>.
 - [8] K. Paneta. (2018). "Top Strategic Technology Trends for 2018", *Technology trends for digital business*. Gartner Inc. [Online]. Available: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018/>.
 - [9] A. Sánchez, M. Navarro y J. Escalante, "Experiencias en el uso de tecnología en clases virtuales durante la pandemia del COVID19 en la educación superior," 7(3), *Tecnología Educativa*, pp. 39-47. 2021.
 - [10] L. Hernández-Abenza, C. Hernández-Torres, "Hacia un modelo dinámico y eficiente de formación del profesorado," *REIFOP*, 14(1), pp. 53-66. 2011.
 - [11] M.P. García-Sanz, L.R. Mari-Paz, Morilla-Pedreño, "La planificación de evaluación de competencias en Educación Superior," *REIFOP*, 14(1), pp. 113-124. 2011.
 - [12] A. Cuba-Esquivel, "Constructo competencia: síntesis histórico-epistemológica," *Educación*, 25(48), pp.7-27. 2016.
 - [13] M. Ponce. Las competencias en Educación Superior. Ciudad de México: Editorial LETEC, 2010.
 - [14] G. Misicco, "Soft skills & coaching: motor de la Universidad en Europa," *Revista Universitaria europea*, 29, pp. 115-132. 2018.
 - [15] C. King, "Restructuring Engineering Education," *Journal of Engineering Education*, 101(1), pp. 1-5. 2012.
 - [16] M.A. Sicilia, "How should Transversal Competence be introduced in Computing Education?," *ACM SIGCSE Bulletin*, 41(4), pp. 6-26. 2009.
 - [17] I. Torra, I. Manuel-de-Villena, M. Martínez, I. Gallego, E. Portet & M. Pérez, "Proceso de integración y evaluación de competencias genéricas en la Universitat Politècnica de Catalunya," *Red U. Revista de Docencia Universitaria*, 8(1), pp.201-224. 2010.
 - [18] C. Vizcarro, P. Martín, J. Péres, E. Tovar, G. Blanco, A. Arquero & J. García, "Assessment of learning outcomes in computing Studies," in *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Berlin, Germany, March 13-15, 2013, pp. 486-491.
 - [19] D. Johnson, R. Merrill, J. Scudder, J. Stratton, and G. Sutherland, "A Continuous Improvement Process for a Large Multi-Program Engineering Technology Department," in *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, June 18-21, Chicago, USA, 2006, pp. 1-24.
 - [20] S. Craig, and M. Aburdene, "A Tool for Consolidating Results from Learning Assessment," in *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, June 8-10, Portland, USA, 2005, pp. 1-12.
- Francisco Javier Álvarez Rodríguez**, Profesor de Ingeniería de Software adscrito al Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Autónoma de Aguascalientes (U.A.A.). Doctor en Metodología de la Enseñanza por el IMEP (México). Doctor en Ingeniería por la UNAM (México). Ha sido Decano del Centro de Ciencias Básicas en la U.A.A., así como Jefe de Departamento de Sistemas Electrónicos. Miembro de núcleos académicos de diversos posgrados de la U.A.A. Doctorado en Ciencias de la Computación, Doctorado Interinstitucional en Ciencias, Maestría en Ciencias con opción a Matemática y Computación. Autor de libros y artículos sobre la línea Objetos de Aprendizaje y Procesos de Desarrollo de Software. Actualmente es presidente del Consejo Nacional de Acreditación de programas de Informática y Computación, A.C.
- Raúl Antonio Aguilar Vera**, Profesor de Ingeniería de Software en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán. Obtuvo el grado de Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid, España (Mención de Doctor Europeo) y el de Master en Ingeniería de Software por la misma Institución, posee también el grado de Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Yucatán. Es coordinador de la Sección Académica de Ingeniería de Software de la Academia Mexicana de Computación (AMEXCOMP), integrante del Comité de Acreditación del Consejo Nacional de Acreditación de programas de Informática y Computación, A.C., así como miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT en México. Su trabajo de investigación incluye las áreas de Ingeniería de Software e Informática Educativa.