

Tipo de artículo: Artículo de revisión

Presencia de la Matemática en la Ingeniería en Ciencias Informáticas y carreras afines

Presence of Mathematics in Informatics Sciences Engineering and related careers

Tito Díaz Bravo^{1*} , <https://orcid.org/0000-0002-8428-7461>

José Hilario Quintana Álvarez² , <https://orcid.org/0000-0002-1073-9971>

Abel Velázquez Pratts³ , <https://orcid.org/0000-0002-4664-5192>

Gusbey Pérez Carrasana⁴ , <https://orcid.org/0000-0003-1975-6978>

Pedro Alvarez Barreras⁵ , <https://orcid.org/0000-0001-8111-8454>

Centro de Innovación y Calidad de la Educación. Vicerrectoría Docente. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba. titodiazbravo49@gmail.com

² Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba. jhquintana@uci.cu

³ Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba. abelv@uci.cu

⁴ Departamento de Matemática, Facultad 2. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba. gusbey@uci.cu

⁵ Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba. palvarez@uci.cu

* Autor para correspondencia: titodiazbravo49@gmail.com

Resumen

Las ingenierías forman parte de una tríada fuertemente enlazada, en la cual junto a las asignaturas de las especialidades, están presentes la matemática y la computación. Integran un subgrupo de las ingenierías, numerosas titulaciones universitarias que poseen como objetivo común el desarrollo informático de la sociedad desde el campo del desarrollo de software, prestándole asimismo atención relevante a la seguridad informática y a las redes de comunicación que les permiten su funcionamiento eficaz. Tal es el caso de dos carreras de universidades cubanas (Ingeniería en Ciencias Informáticas e Ingeniería Informática), así como las que se ofertan en universidades de numerosísimos países con el nombre de Ingeniería de Software y otras con nombres distintos, aunque los contenidos les resultan muy afines. Se llevó a cabo un estudio documental, a partir del acceso a sitios de internet con información sobre Planes de Estudio de carreras de ingeniería del campo mencionado, tratando de llegar hasta los programas analíticos de cada asignatura de Matemática en los casos que estuviesen disponibles. El objetivo del presente artículo es presentar los contenidos de Matemática de carreras del campo de la Ingeniería Informática, lo que deviene en un conocimiento de interés tanto para estudiantes como para profesores. Se restringió el estudio a universidades de las Américas y España, dada la inmensidad de la información existente al respecto y porque se estima que resulta suficiente para los fines propuestos.

Palabras clave: Matemática; Planes de estudio; Carreras universitarias; Ingeniería Informática; Ingeniería de Software.

Abstract

Engineering is part of a strongly linked triad, in which, together with the subjects of the specialties, mathematics and computing are present. Numerous university degrees make up a subgroup of engineering, whose common objective is the informatization development of society from the field of software development, also paying relevant attention to informatic security and the communication networks that allow them to function effectively. Such is the case of two careers at Cuban universities (Informatics Sciences Engineering and Informatic Engineering), as well as those offered at universities in many countries under the name of Software Engineering and others with different names, although the contents are very related. A documentary study was carried out, from the access to internet sites with information on Study Plans for engineering careers in the aforementioned



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

field, trying to reach the analytical programs of each Mathematics subject in the cases that were available. The objective of this article is to present the contents of Mathematics of careers in the field of Informatic Engineering, which becomes a knowledge of interest for both students and teachers. The study was restricted to universities in the Americas and Spain, given the immensity of the existing information in this regard and because it is considered sufficient for the proposed purposes.

Keywords: Mathematics; Study plans; University careers; Informatic Engineering; Software Engineering.

Recibido: 24/09/2021
Aceptado: 01/10/2021

Introducción

Los finales de los años 60 y principios de los 70 en Cuba, fue un periodo en el que se pasó de poseer solo tres computadoras (modelos ELLIOT y UNIVAC) a las CID 301 de diseño nacional, y después se dispuso adicionalmente de computadoras japonesas y francesas. Durante esos años en el país entre otros software, se desarrollaron productos informáticos para respaldar diversas actividades del Ministerio de Azúcar, incluida la del ferrocarril en el acopio de la caña de azúcar desde instalaciones propias del sector hacia los centrales azucareros, software en el que la programación lineal constituyó el basamento matemático, según informaciones de experiencias personales de colegas de uno de los autores de este artículo.

Fueron años en los que les correspondió a tres aún estudiantes (que al mismo tiempo hacían gratuitamente la labor de profesores del Departamento de Matemática: Eduardo Albert Santos, Exiquio Leyva Pérez y Tito Díaz Bravo), definir cómo se debería introducir el estudio de la computación en las carreras de ingeniería y arquitectura de la Facultad de Tecnología, perteneciente a la Universidad de La Habana (UH), radicada en la recién fundada en aquellos tiempos Ciudad Universitaria "José Antonio Echeverría", conocida por *CUJAE*. Dichos estudiantes establecieron como pauta un programa de asignatura en el que la algoritmización resultaba lo más importante, apoyada en la representación de diagramas de bloques y como elemento instrumental el lenguaje FORTRAN IV; tuvieron a su cargo también la formación inicial en computación del claustro de todas las carreras, para iniciar de inmediato su integración en las distintas asignaturas de las especialidades. La Facultad mencionada antes, es actualmente la Universidad Tecnológica de La Habana (UTH) "José Antonio Echeverría".

Atendiendo a la importancia de la Matemática en la Ingeniería de Software (IngSoft), hace algunos lustros numerosos profesionales le vienen dedicando atención a esta temática. Un resultado valioso en ese camino es la publicación "The Role of Mathematics in Computer Science and Software Engineering Education" (Herderson, 2005). Casi transcurrida una década, el profesor Herderson se une a otros dos autores y publican un extenso artículo sobre el propio asunto, muy actualizado, fundamentado y enriquecido con alusiones a situaciones propias de esas profesiones. (Baldwin, Walker and Herderson, 2013).



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

En Cuba una de las iniciadoras en ofertar carreras relacionadas con la computación, tanto dirigidas al software como al hardware, fue la actual UTH "José Antonio Echeverría", lo que llevó a cabo primero desde su periodo de Facultad de Tecnología de la UH y después durante las varias décadas en que se llamó Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". En la actualidad en esa universidad se imparte la Ingeniería Informática (IngInf), (UTH, 2017), carrera de alcance nacional. La carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas (ICI), solo vigente en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se rige por su Plan de estudio "E" del Ministerio de Educación Superior (MES, 2019).

Por carreras afines a la ICI en lo adelante se consideran a las IngInf e IngSoft, y otras con nombres disímiles, que compartan el objetivo de preparar a futuros profesionales para ser protagonistas del proceso de informatización de la sociedad, desde el desarrollo y explotación de software, con atención a la seguridad de los sistemas informáticos y a las redes de interconexión indispensables en la eficacia de su funcionamiento. No se incluyen a aquellas que aún con nombres cercanos, poseen sus objetivos ya no en la ingeniería sino en las ciencias, porque como es de esperar, requieren disponer en sus planes de estudio de una presencia mayor y más profunda de la matemática.

Enfrentarse a la Matemática en el nivel universitario, ya sea como profesor o como estudiante, es una faena ardua que se alcanza con mayor efectividad en la medida en que estén debidamente justificados y orientados a la profesión, los contenidos a vencer. Contribuye a lo anterior apropiarse de elementos de la didáctica propios tanto de la formación en computación, como del tipo de carrera en cuestión. En ese camino se establece el objetivo del presente artículo: presentar los contenidos de Matemática que se incluyen en carreras del campo de la Ingeniería Informática de diferentes universidades en distintos países, lo que deviene en un conocimiento de interés tanto para estudiantes como para profesores.

Una pequeña muestra de experiencias de autores cubanos sobre la enseñanza de la Matemática en las carreras ICI e IngInf puede consultarse. (Medina, Arteaga y Del Sol, 2017), (Díaz, Velázquez y Quintana, 2018), (Díaz, Quintana, Pérez y Velázquez, 2020). (Díaz, Granda, y Pérez, 2021) y (Quintana, Díaz y Rosete, 2021).

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda documental en fuentes de internet, priorizando las informaciones correspondientes a los Planes de estudio de las carreras a las que se pudo acceder. Para aquellos Planes de estudio disponibles en la Web, cierta y agradablemente numerosos, se derivó la búsqueda hacia los contenidos de las asignaturas de Matemática presentes en estos, los cuales en algunos casos resultaron bastante completos y en otros apenas sus nombres. Se trabajó para disponer de una información portadora de elementos del área geográfica que comprende a las Américas y



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

España, sin pretensiones de alta representatividad, dado lo inmenso de tal asunto y las lógicas restricciones de extensión del presente documento.

Se parte del criterio de que, dentro de las diferencias en los planes de estudio vigentes en una u otra universidad, existen determinantes del mercado laboral profesional de este mundo globalizado, que inducen a las universidades a alcanzar un nivel apropiado de calidad de sus egresados. Y que por tanto, la extensión de los contenidos de Matemática estará muy relacionada con la calidad de la formación que puede alcanzarse, según sea la duración de la carrera en cuestión. Este criterio apoya a que la búsqueda no se haga sujeta a la información que aportan los posicionamientos de calidad que aportan los diversos rankings existentes al respecto.

En lo adelante se califica la presencia de los contenidos de Matemática en las distintas carreras que se describen, de acuerdo a la escala: Ausente, Reducido, Medio y Amplio. El Medio, se hace corresponder con contenidos similares a los de las carreras ICI e IngSoft mencionadas antes, (MES, 2019) y (UTH, 2017), los que se precisan posteriormente. Una debilidad de esta escala aparece más evidente al aplicarla a universidades de Estados Unidos y Canadá, en las que poseen el denominado "Bachelor", que se traduce más adelante como Licenciatura, de la que resulta conocido que para su ingreso se debe poseer el requisito de haber cursado el "College", en los que usualmente preparan a los alumnos en contenidos avanzados de Matemática. Algo parecido puede ocurrir con algunos países de otras regiones, dada la dificultad de precisar la formación previa en Matemática que puedan poseer sus alumnos al matricular en la universidad, aspecto no contemplado en la presente investigación.

Resultados y discusión

Las entidades "*Association for Computing Machinery (ACM) and The Institute of Electrical and Electronics Engineers - Computer Society (IEEE-CS)*", ocupan un lugar relevante en propuestas de curriculum para carreras universitarias en su ámbito de actividad. En el 2015 dieron a conocer una nueva propuesta de curriculum para la IngSoft. Precisan que dicha ingeniería hace poco uso directo de las matemáticas continuas tradicionales, aunque su contenido puede ser necesario en el desarrollo de software dentro de determinados dominios de aplicación e incluso para aprender la estadística (ACM & IEEE-CS, 2015). Resaltan que en la IngSoft se utilizan formalismos y conceptos matemáticos discretos en situaciones como la de modelar ya sean interacciones e inconsistencias posibles entre diferentes requisitos y soluciones de diseño, artefactos para el diseño de pruebas, o el comportamiento para el análisis de seguridad. Argumentan también el hecho de que las interacciones de un artefacto de software con otros elementos del sistema a menudo conducen a un comportamiento no determinista, lo que se describe mejor utilizando métodos estadísticos, no requiriendo en esos casos tratamiento basado en otros cálculos.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

En (IEEE – CS, 2015), no se llega a analizar la importancia de los Métodos Numéricos en Ingeniería, de los cuales la base conceptual es precisamente la aludida matemática continua tradicional; se restringen como es su intención a la IngSoft y carreras afines. Sin embargo en buena parte del resto de las ingenierías, que constituyen la mayoría, así como en los cálculos de los científicos, se utilizan comúnmente software que se apoyan esencialmente en métodos numéricos, potencialmente riesgosos inclusive si se es conocedor de los errores de redondeo, truncación y propagación, entre otros propios del trabajo con tales métodos, que pudieran ocasionar consecuencias desastrosas.

Los distintos roles que desempeñan los IngInf e InfSof y de carreras afines, debidamente ponderados en (ACM & IEEE – CS, 2015), se toman en consideración por los encargados de diseñar los Planes de estudio para la formación de esos profesionales en las universidades. Sin embargo, más adelante podrá apreciarse que en estas carreras existen tres tipos principales de Planes de estudio en lo concerniente a la Matemática: Los que se desentienden de esta; los que integran básicamente solo a la Matemática Discreta y la Estadística; y los que además de mantener los contenidos anteriores, se ocupan de considerar una preparación más robusta en Matemática y en otras ciencias básicas. Entre los dos primeros tipos son frecuentes las carreras de no más de tres años. Y en el tercero, se encuentran las de cuatro y cinco años de duración.

Recientemente se publicó un extenso documento en el que se actualizan los paradigmas de los curriculum de las distintas disciplinas de las licenciaturas en computación ("Computer engineering, Computer science, Cybersecurity, Information systems, Information technology, Software engineering, and Data science – *under development*"). ACM & IEEE-CS (2020). Lo concerniente a la Matemática en IngSoft se mantiene en los términos de lo presentado antes. ACM & IEEE-CS (2015).

En lo adelante se desarrollan y discuten resultados que permiten ir revelando la presencia de la Matemática en la carrera ICI y afines, los cuales por su naturaleza deben resultar de interés tanto a profesores como a estudiantes de estos campos del conocimiento. En las direcciones de internet asociadas a las informaciones que se presentan, por lo general hay bastante mayor cantidad de información que las generales que describen las carreras; pueden encontrarse en no pocas ocasiones, materiales didácticos interesantes, incluidas precisiones sobre los lenguajes de programación y software que se utilizan. Un primer nivel de organización de la información que sigue, toma en consideración primero su correspondencia a países de América Latina, Estados Unidos de Norte América, Canadá y España. Dentro de lo anterior, se organiza la información comenzando si las hay, por carreras de corta duración, en las que se apreciará como es de esperar, menor cantidad de contenidos de Matemática, llegando al caso de no poseer alguno, y después las carreras con cuatro y más años de duración.



Por otra parte debe tenerse presente que en lo de incluir en asignaturas los contenidos de matemática en las carreras universitarias, se dan dos tendencias: 1. Mantener una relación cercana a la biunívoca entre contenidos principales y asignaturas. Y, 2. Integrar contenidos principales en una misma asignatura. De ahí que lo principal en la indagación sobre cómo está presente la matemática en una carrera de IngInf o afín, no radica obligatoriamente en la cantidad de asignaturas de dicha ciencia que posea una carrera, sino en los temas y cantidad de horas que le dediquen.

Universidades de América Latina

Ingeniería en Ciencias Informáticas e Ingeniería Informática. Cuba

Ambas carreras son de cuatro años de duración y poseen una presencia similar de la Matemática. Las asignaturas que se definen en cada universidad, opción existente en los Planes "E", deben integrar los contenidos de Álgebra Lineal, Matemática Discreta, Cálculo Diferencial e Integral de una y varias variables, Métodos Numéricos, Probabilidades y Estadística, Modelación y Simulación Estocástica, e Investigación de Operaciones. A la presencia de esos contenidos en distintas asignaturas, para tenerlos como referencia en lo que sigue según se dijo anteriormente, se le hará corresponder con una presencia media de esta ciencia en la formación de sus futuros profesionales. (MES, 2019), (UTH, 2017).

Ingeniería Informática. Universidad Católica de Argentina (UCA)

Esta carrera se distingue porque "...ofrece sólidos conocimientos de las Ciencias Básicas (Matemática, Física y Química) a las que se agrega las áreas de Informática, Representación Gráfica, Mecánica y Electrotecnia, integradas en un Ciclo Básico Común que constituye los dos primeros años de la carrera". Poseen un total de 12 asignaturas de Matemática (incluyendo contenidos de Lógica). Por semestres en su Plan de estudios, se distribuyen de acuerdo a: Primero (2), Cálculo Elemental y Complementos de Matemática. Segundo (1), una asignatura con el nombre de Álgebra y Geometría. Tercero (1), Cálculo Avanzado. Cuarto (2), Probabilidad y Estadística, y Matemática Superior. Quinto (2), Métodos Numéricos y Matemática Discreta. Séptimo (2), Análisis Económico y Optimización, y Algoritmia y Lógica Computacional. Octavo (1), la asignatura Modelos y Simulación. Y, Noveno (1), Investigación Operativa. (UCA, 2021). Cabe destacar que la UCA resulta, dentro de las que se indagaron en este estudio, una de las que posee una amplia presencia de Matemática.

Ingeniería Informática. Universidad de Palermo (UP). Argentina

Su Plan de estudio es de cinco años; al final del 3er año otorgan el título intermedio de Analista Universitario en Sistemas. Las asignaturas de Matemática, son: 1er año, Análisis Matemático I y II, y Álgebra (Lógica, Matrices y Sistemas de ecuaciones lineales). 2do año, Probabilidad y Estadística, y Álgebra Lineal. 3er año, Análisis Matemático



III. Y, 4to año, Cálculo Numérico. En su carrera le dedican un tiempo apreciable a la Física, un semestre de Química y 4 de Idioma Inglés. Como puede apreciarse, propician una formación media en Matemática. UP(2021).

Ingeniería Informática de la Universidad Politécnica y Artística del Paraguay (UPAP)

Su carrera de IngInf la tienen planificada para 5 cursos y 5 meses. La preparación en ciencias básicas es significativa, similar a la de la UTP descrita antes. La Matemática está presente por cursos de acuerdo a: 1er curso, Álgebra I, Trigonometría I, Geometría I, Álgebra Lineal I. 2do curso, Álgebra Lineal II, Geometría II, Geometría Analítica I y II, Cálculo I, II, III y IV, y Ecuación I y II. 3er curso, Cálculo Avanzado I y II. Probabilidad y Estadística I y II. Y, 5to. curso, Estadística Aplicada. Posee, como puede apreciarse, una cantidad elevada de asignaturas de Matemática que les permite una amplia formación en esa ciencia a sus egresados; habría que tener acceso a los programas de las mismas para ponderar con más información el alcance de las mismas en su conjunto. Además, es otra de las carreras que prepara bastante a sus alumnos en las ciencias básicas, tanto de carácter técnico como sociales. (UPAP, 2021).

Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Técnica de Perú (UTP)

La malla curricular de esta carrera se despliega a lo largo de 10 semestres y concibe una fuerte preparación en las ciencias básicas, no solo de Matemática sino también de Física, Química, Comprensión y Redacción de textos, y Comunicación Efectiva, Metodología de la Investigación e Idioma Inglés, entre otras materias. De Matemática, por semestres, incluye: 1er semestre, Introducción a la Matemática para Ingeniería. 2do semestre, Cálculo Aplicado a la Física 1 y Matemática para Ingenieros 1. 3er semestre, Cálculo Aplicado a la Física 2, Matemática para Ingenieros 2, y Estadística Descriptiva y Probabilidades. 4to semestre, Estadística Inferencial. 6to semestre, Investigación Operativa. 7mo semestre, Simulación de Sistemas. UTP (2020).

Sin lugar a dudas, el conjunto anterior de asignaturas propicia una amplia formación en Matemática. Resulta sobresaliente que en el diseño de su carrera tienen previstas seis valiosas certificaciones parciales en el transcurso de los primeros siete semestres, beneficio al que se deberían dirigir aquellas carreras que no lo poseen, porque le da la posibilidad al estudiante que por determinado motivo no pudiera concluir su carrera sin abandonarla temporalmente, de alcanzar una preparación que le permite insertarse en el mercado laboral, y reincorporarse más adelante si se le dieran las condiciones.

Ingeniero en Sistemas Computacionales (ISC) del Tecnológico de Monterrey (ITM). México

La IngSoft la brindan como una especialidad del ISC, con un Plan de Estudios de 9 semestres; les precede Remediales, en el que aparece un curso de Introducción a las Matemáticas. Incluyen después nueve asignaturas de Matemática y relacionadas. En el Primer semestre, Matemáticas I y Matemáticas discretas. Durante el Segundo semestre, Matemáticas II. Dos asignaturas en el Tercer semestre: Probabilidad y Estadística, y Matemáticas III. Otras



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

dos asignaturas en el Cuarto semestre: Análisis y diseño de algoritmos, y Métodos numéricos en ingeniería. Y finalmente, también otras dos asignaturas en el Quinto semestre: Algebra Lineal y Matemáticas computacionales. (ITM,2021).

Es notorio que en la IngSoft del Tecnológico de Monterrey existe una amplia preparación en Matemática; puede añadirse que también posee ese nivel en Física y asignaturas de Ciencias Sociales, que los preparan para su vida futura. Sin haber logrado el acceso a los Programas analíticos de las asignaturas, es de esperar por lo descrito antes, que cubran los contenidos básicos para ingenieros de Cálculo Diferencial e Integral.

Licenciatura en Ingeniería de Sistemas Informáticos. Universidad Latina de Panamá (ULP)

La ULP organiza en doce cuatrimestres su carrera de Licenciatura en Ingeniería de Sistemas Informáticos. La distribución de asignaturas de Matemática por cuatrimestres es como sigue: 1ro, Lógica y Algoritmo, y Cálculo Diferencial. 2do, Cálculo Integral. 3ro, Estadística I, y Algebra de Vectores y Matrices. 4to, Estadística II. 5to, Ecuaciones Diferenciales. Y, 6to, Matemática Financiera y Métodos Numéricos. (ULP, 2021). De lo descrito, pudiera considerarse amplia la presencia de la Matemática en dicha carrera.

Técnico Universitario en Computación e Informática, y Licenciatura en Ingeniería Informática. Universidad de Educación a Distancia. Costa Rica. (UNED-CR)

Ofertan la carrera de Técnico Universitario en Computación e Informática, de solo un año de duración, en la modalidad a distancia. Incluyen la asignatura Matemática para Informática I. Esta asignatura se apoya en una Guía de Estudio, (Mora, 2014), en cuyas 120 páginas se desarrolla lo referente a los seis temas previstos: I- Sistemas numéricos. II- Métodos de conteo. III- Conjuntos. IV- Lógica Matemática. V- Álgebra booleana. Y, VI- Conjuntos (Aplicación de funciones). La Guía posee además orientaciones didácticas que refuerzan el aprendizaje e indican cómo debe transcurrir la evaluación y la interacción con la Plataforma Virtual, incluido el apoyo por parte del docente. (UNED-CR, 2021). La carrera prepara a sus alumnos básicamente como programadores, lo que explica la presencia reducida de la matemática.

La propia universidad oferta también en la modalidad a distancia, la Licenciatura en Ingeniería Informática, prevista para 3 años. (UNED-CR, 2018). En la información accedida no se identifican asignaturas de matemática; corresponde al nivel ausente, de presencia de esta ciencia; al parecer están en la tendencia de planes de estudio con la menor duración posible.

Universidades de Estados Unidos de Norteamérica y Canadá

"BS (Bachelor in Science) in Software Engineering. Degree Online. Pennsylvania State University (PSU)". Estados Unidos de Norteamérica



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Disponen de la oferta de Licenciado en Ingeniería de Software, completamente en línea y con una formación apreciable en ciencias básicas, incluidas la Química y la Física, así como en otras ciencias no técnicas. Las asignaturas de Matemática son: "Discrete Mathematics for Computer Science". "Calculus with Analytic Geometry I and II"(Funciones, límites; geometría analítica; derivadas, diferenciales e integrales, de una y varias variables y coordenadas polares). Matrices (Sistemas de matrices de ecuaciones lineales; algebra matricial; autovalores y autovectores; y sistemas lineales de ecuaciones diferenciales)."Ordinary Differential Equations" (de primer y segundo orden, funciones especiales y Transformadas de Laplace, y ecuaciones de orden superior). Y, "Elementary Probability" (Análisis combinatorio, axiomas de probabilidad, probabilidad condicional e independencia, variables aleatorias discretas y continuas, esperanza, teoremas de límite y tópicos adicionales). (PSU, 2021). En el documento accedido no declaran los años de la carrera (por tratarse de una carrera completamente en línea, debe tener su flexibilidad al respecto), ni se aprecian contenidos de Investigación de Operaciones ni de Métodos Numéricos; poseen una integración de Matemática entre media y amplia.

"BS in Software Engineering. College of Computing, Michigan Technological University (MTU)". Estados Unidos de Norteamérica

Forman a sus ingenieros en 4 años. De Matemática incluyen asignaturas en sus dos primeros años: 1ro, CALC I y II. Y en 2do, "Intro to Combinatorics", "Linear Algebra" y "Statistics". (MTU, 2020). No se logró acceder a más información; de lo consultado puede decirse que poseen una integración media de Matemática.

"BS in Computer Information Systems. Mercy College (MC)". Estados Unidos de Norteamérica

Es una carrera de 4 años. Sus egresados se pueden desempeñar profesionalmente como Programador, Administrador web, Especialista en servicio de asistencia, Analizador de sistemas, Administrador de base de datos, e Ingeniero de redes. Las asignaturas de Matemática las reciben en los dos primeros años: 1er año, Math116, 120, 131 y 201. Y, 2do, Math 122, 231 y 244. (MC, 2021). A partir del número de asignaturas, pudiera afirmarse que la presencia de Matemática es al menos de un alcance medio.

"Computer Information Systems Software Engineering Option. Oakland Community College (OCC)". Estados Unidos de Norteamérica

Es una carrera de solo dos cursos. De Matemática imparten Introducción a la Lógica Informal y Algebra, en el primer y segundo curso respectivamente. (OCC, 2021). Como es de esperar, su contenido de Matemática es reducido.

"Software Engineering. Auburn University (AU)". Estados Unidos de Norteamérica

Carrera de 4 años. Distribuyen en estos las asignaturas de Matemática, según: 1ro, "MATH 1610 (Limits, the derivative of algebraic, trigonometric, exponential, logarithmic functions. Applications of the derivative,



antiderivatives, the definite integral and applications to area problems, the fundamental theorem of calculus). Y "MATH 1620 (Techniques of integration, applications of the integral, parametric equations, polar coordinates. Vectors, lines and planes in space. Infinite sequences and series)". 2do, "MATH 2630 (Multivariate calculus: vector-valued functions, partial derivatives, multiple integration, vector calculus)". Y "MATH 2660 (Matrices, row-reduction, systems of linear equations, finite-dimensional vector spaces, subspaces, bases, dimension, change of basis, linear transformations, kernels, orthogonality, Gram-Schmidt)". Y 3ro, "MATH 2650- Linear Differential Equations". Y "STAT 3600 (Calculus-based introduction to probability and statistics with an emphasis on practical problem-solving". (AU, 2021). Corresponden a una presencia media de matemática en la carrera.

"BS in Software Engineering, Florida Institute of Technology(FIT)". Estados Unidos de Norteamérica

Es una carrera de 4 años. Sus asignaturas de Matemática las distribuyen de acuerdo a: **1er año**, "CSE 1400- Applied Discrete Mathematics"; "MTH 1001, (Functions and graphs, limits and continuity, derivatives of algebraic and trigonometric functions, chain rule; applications to maxima and minima, and to related rates. Exponential logarithmic, circular and hyperbolic functions: their inverses, derivatives and integrals)". Y "MTH 1002- Calculus 2, (Integration and applications of integration, further techniques of integration, improper integrals, limits, l'Hospital's rule, sequences and series, numerical methods, polar coordinates and introductory differential equations)". Y, 2do año, "MTH 2401- Probability and Statistics" y "MTH 3102- Introduction to Linear Algebra". (FIT, 2021). La preparación prevista en Matemática es de un alcance medio.

"BS in Software Engineering. University of California Irvine (UC-IRVINE)". Estados Unidos de Norteamérica

De Matemática por años, poseen: 1ro, "MATH2A- Differential and Integral Single-Variable Calculus, MATH2B- Differential and Integral Multiple-Variable Calculus, I&CSCI6B- Boolean Logic and Discrete Structures"; y 2do, "STATS67- Introduction to Probability and Statistics for Computer Science. MATH3A- Introduction to Linear Algebra e I&C SCI 6D- Discrete Mathematics for Computer Science". (UC-IRVINE, 2021). La presencia de la Matemática en este caso puede considerarse de carácter medio.

"BS in Software Engineering". Universidad de Victoria, UVIC. Canadá

Es una titulación prevista para desarrollarse en cuatro años y ocho meses. Su programa en ciencias básicas es común a los distintos títulos de ingeniería que poseen (software, civil, eléctrico, biomédico y mecánico), les proporciona a sus discentes la base necesaria para el resto de su carrera y profesión; incluye junto a la matemática y la física. Esa primera parte del plan de estudios integra también contenidos dirigidos a alcanzar habilidades de comunicación y de investigación.

Los contenidos de matemática en esta carrera se distribuyen en los dos primeros años, según (UVIC, 2020):



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

1er año, MATH100 - Revisión de geometría analítica; funciones y gráficos; límites; derivadas; técnicas y aplicaciones de diferenciación; antiderivadas; la integral definida y el área; funciones logarítmicas y exponenciales; funciones trigonométricas; Métodos de Newton, Simpson y trapezoidal; y La regla de l'Hopital. MATH101 -Volúmenes; longitud del arco y área de la superficie; técnicas de integración con aplicaciones; coordenadas polares y área; Fórmula de Taylor; integrales impropias; series y pruebas de convergencia; series de potencia y series de Taylor; números complejos. Y, MATH110 – Algebra matricial.

2do año, MATH122 - Lógica y cuantificadores, teoría básica de conjuntos, inducción matemática y definiciones recursivas, dividir y conquistar relaciones de recurrencia, propiedades de números enteros, contar, funciones y relaciones, conjuntos contables e incontables, notación asintótica. Y, STAT260 - Estadística descriptiva; teoría de probabilidad elemental; variables aleatorias, distribuciones de probabilidad discretas y continuas, expectativas, distribuciones conjuntas, marginales y condicionales; funciones lineales de variables aleatorias; muestreo aleatorio y distribuciones de muestreo; estimación de puntos e intervalos; prueba de hipótesis clásica y prueba de significación.

El contenido de matemática anterior está a un nivel medio.

"Bachelor of Software Engineering. University of Waterloo (UW)". Canadá

Es una carrera de cuatro años de duración. De la preparación prevista, plantean: "The technical requirements of these software engineers include a strong foundation in mathematics, natural sciences, and computer science; a broad education in software engineering and design; an understanding of computers and networks; a better appreciation for all aspects of the software engineering life cycle; and the use of methodologies and tools".

Reciben Matemática en los tres primeros años. 1er año, MATH 115 (Algebra Lineal), MATH 117 (Cálculo 1) y MATH 119 (Cálculo 2). 2do año, ECE 108 (Matemática Discreta y Lógica 1), ECE 204 (Métodos Numéricos), ECE 203 (Teoría de la Probabilidad y Estadística 1), ECE 208 (Matemática Discreta y Lógica 2). Y, 3er año, ECE 307 (Teoría de la Probabilidad y Estadística 2). Están disponibles los programas de las asignaturas, así como las posibilidades de especialización que ofertan. (UW, 2021). Con estas asignaturas les proveen a sus estudiantes de una amplia base matemática.

Universidades de España

Ingeniería Informática. Universidad de Murcia (UMURCIA)

Ofertan la carrera en 5 años, (UMURCIA, 2021a), disponen de varias salidas: "En su momento, el estudiante elegirá un Módulo Específico de entre los 5 ofertados por el Grado en Ingeniería Informática (Computación; Ingeniería de Computadores; Ingeniería del Software; Tecnologías de la Información; Sistemas de Información) y deberá cursar las 6 asignaturas obligatorias de ese módulo". En su primer curso imparten la asignatura Cálculo (Límites, Sucesiones,



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Integrales, Series, Métodos Numéricos y Cálculo. con SAGE); disponen de un texto propio (Rodríguez, 2021). Incluyen además Álgebra y Matemática Discreta, Geometría, Algebra Lineal, y Probabilidad y Estadística. En la Guía de la asignatura Algebra y Matemática Discreta, puede leerse:

"Los Fundamentos matemáticos de la Informática, base esencial para los cursos de informática Aplicada, engloban Matemática discreta, lógica, álgebra, análisis y estadística El álgebra sirve para introducir los conceptos y técnicas básicas de trabajo con procesos lineales. Partiendo de conceptos que deberían de ser conocidos, se pasa a introducir los conceptos asociados a los Espacios Vectoriales. Dado que una gran parte de las asignaturas tanto de primer curso como de cursos posteriores usan técnicas lineales (Codificación, Criptografía, Optimización, Gráficos, Visión artificial, videojuegos, etc.) supone una preparación necesaria para dichas asignaturas". (UMURCIA, 2021b)

Esta oferta de 5 años posee una presencia alta de Matemática.

Ingeniería Informática. Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA)

La UDIMA oferta a distancia el Grado en IngInf a obtenerse en 4 años; en su Plan de estudios contiene las asignaturas: 1ro, Algebra, Análisis Matemático, Matemática Discreta. Y, 2do, Estadística y Probabilidad, y Lógica. En particular, el programa de Análisis Matemático posee temas de funciones y cálculo diferencial e integral de una y varias variables, sucesiones y series, hasta sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias. Está disponible la información detallada de cada asignatura. (UDIMA, 2021). En su conjunto, los contenidos de las distintas asignaturas cubren con amplitud media la matemática necesaria para profesionales de las carreras que se analizan, aunque el contenido de métodos numéricos se trata de modo muy elemental.

Ingeniería Informática. Universidad de Educación a Distancia. (UNED-ES)"

En dos de sus bloques de formación básica, integran contenidos de Matemática dirigidos a alcanzar las competencias específicas siguientes: "FB.01: Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal, cálculo diferencial e integral, métodos numéricos, algorítmica numérica y estadística y optimización". Y, "FB.03: Capacidad para comprender y dominar los conceptos básicos de matemática discreta, lógica, algorítmica y complejidad computacional, y su aplicación para el tratamiento automático de la información por medio de sistemas computacionales y para la resolución de problemas propios de la ingeniería. (UNED-ES, 2021). Representan una presencia media de la Matemática en su carrera".

Ingeniería Informática. Universidad Complutense de Madrid (UCM)

De esta carrera, plantean:

"La Ingeniería Informática es la ciencia y la tecnología del diseño, implementación y mantenimiento de las componentes software y hardware que forman los modernos sistemas informáticos. Está sólidamente fundamentada



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

en teorías y principios de computación, matemáticas, física e ingeniería y aplica todos ellos a la resolución de problemas técnicos que requieran el desarrollo de arquitecturas software, hardware y de red que presenten un equilibrio entre diferentes requisitos y objetivos contrapuestos". (UCM, 2021a)

Ellos inducen al Doble Grado (IngInf y Matemáticas), lo que argumentan con:

"La Matemática es la ciencia básica por antonomasia cuyo conocimiento se transmite de generación en generación. Un matemático es una persona con un gran pensamiento crítico, con capacidad de abstracción y de razonamiento lógico. Debe ser capaz de enfrentarse a problemas complejos, tanto desde un punto de vista teórico como práctico, además de modelizar posibles soluciones para dichos problemas. El desarrollo de las matemáticas durante los dos últimos siglos ha sido sorprendente. Este desarrollo ha llevado a que cada vez sea una herramienta más básica e indispensable para la formación y entendimiento de otras Ciencias. Además, desde los primeros pasos de la Ingeniería, en cualquiera de sus modalidades, la matemática ha sido base fundamental en su desarrollo". (UCM, 2021a).

Este Grado de IngInf posee una duración de cinco años. En su 1er año prevén las asignaturas Algebra Lineal, Análisis de Variable Real, Matemática Discreta y Lógica Matemática I y II. 2do año, Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Estadística, Estructuras Algebraicas y Probabilidad. Análisis de Funciones de Variable Compleja, Elementos de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, Geometría Lineal, Investigación Operativa, Métodos Algorítmicos en Resolución de Problemas I y II, y Métodos Numéricos. 4to, Ecuaciones Algebraicas, Ecuaciones Diferenciales, Geometría Diferencial de Curvas y Superficies, y Optimización. Y, 5to, Algebra Computacional, Análisis Numérico y Geometría Computacional. (UCM, 2021b). Es de las pocas IngSoft en las que existe una formación amplia en Matemática.

Grado en Informática (Ceuta). Universidad de Granada (UG)

Es una carrera de cuatro años. Reciben la Matemática solo en el 1er año, Algebra Lineal y Estructuras Matemáticas, Lógica y Métodos Discretos, Cálculo (Cálculo Diferencial e Integral en una variable, Métodos Numéricos, Algoritmos Numéricos y Estadística). Están disponibles las Guías docentes de las asignaturas. (UG, 2020). El conjunto de asignaturas que poseen conforman una presencia media en esta ciencia.

Doble Grado en Matemáticas – Ingeniería Informática. Universidad de Cádiz (UCÁDIZ)

Se ha incluido esta oferta, a modo de ejemplo, con la intención de que quede constancia de una opción frecuente en distintas universidades, que beneficia tanto al matemático como al informático, aunque representa un mayor reto al estudiante. Poseen 24 asignaturas de Matemática que cubren con creces los contenidos básicos y avanzados de esta ciencia para carreras universitarias. (UCÁDIZ, 2021). El egresado resulta un Matemático con competencias prácticas



en el campo de la IngSoft, a la vez que es un Ingeniero de Software con una amplia base matemática, con capacidad de desarrollar nuevos software que puedan incluir algoritmos más eficientes y cálculos ingenieriles y científicos avanzados, asunto que resulta el talón de Aquiles de los que no poseen esa formación, potencialmente posible de resolver en la formación posgraduada o con la autoformación.

Del conjunto de universidades anteriores, queda una muestra apreciable de la diversidad de contenidos de Matemática en sus carreras de IngSoft y afines. Aquellos egresados que no reciben Métodos Numéricos ni Investigación de Operaciones y otros temas avanzados de esa ciencia, tendrían que estar auxiliándose de otro profesional preparado en esas materias si fuesen a enfrentarse al desarrollo de software que incluyan cálculo científico.

Conclusiones

Es generalizada la presencia de la Matemática en niveles medio y amplio, en carreras de Ingeniería Informática y afines, para los casos de 4 y más años de duración. La integración del Algebra Lineal y la Matemática Discreta es lo más frecuente, y la inclusión de la Investigación de Operaciones se aprecia en el extremo de lo menos frecuente.

Se mantiene en carreras de Ingeniería Informática y afines de varias universidades, el propósito de formar ingenieros con una base sólida de ciencias básicas técnicas y no técnicas, preparándolos en mejor forma para su desempeño futuro como profesionales y ciudadanos.

Especial valor poseen aquellos planes de estudio que definen títulos intermedios a lo largo de las carreras, cualidad esta de significativa importancia para el estudiante en formación, lo que sin embargo está presente de modo minoritario en los casos accedidos. Similar situación debe resaltarse de aquellos planes con varias salidas opcionales bien definidas, capaces de cumplimentar en mayor medida posibles intereses individuales de los alumnos y sus entornos correspondientes. Estas dos cuestiones deberían ser reexaminadas por aquellas universidades que no las poseen.

Vale resaltar la oferta en modalidad a distancia por varias universidades, de la Ingeniería de Software e Ingeniería Informática, como alternativa que flexibiliza la formación universitaria. Puede considerarse este asunto como otro aspecto importante a valorar por los centros que no disponen de la misma.

En lo expuesto hasta aquí de la presencia de la Matemática en carreras de Ingeniería Informática y afines en universidades de América y España, quedan identificados sitios web y documentos con valiosa información. En etapas futuras de indagación, aquellos interesados en otros elementos de la Didáctica de la Matemática en la formación de ingenieros en estos campos, tienen posibilidades de entrar en mayor grado de detalles en documentos existentes en universidades y asociaciones internacionales, como las citadas en este trabajo. Podrán encontrar recursos



educativos libres, de valor apreciable para complementar el aprendizaje, e indagar aspectos como la evaluación, en ese tipo de formación de educación superior.

Agradecimientos

Se le agradece a la Universidad de las Ciencias Informáticas su implementación del trabajo a distancia en estos difíciles tiempos de la Covid – 19 y en especial al Dr. C. Yunieski Coca Bergolla, Director en funciones del Centro de Innovación y Calidad de la Educación, quien estimula a sus profesores en esta actividad.

Conflictos de intereses

No existen.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: Tito Díaz Bravo
2. Curación de datos: Todos los autores
3. Análisis formal: Todos los autores
4. Adquisición de fondos: Todos los autores
5. Investigación: Tito Díaz Bravo
6. Metodología: Tito Díaz Bravo
7. Administración del proyecto: Tito Díaz Bravo
8. Recursos: Todos los autores
9. Software: Tito Díaz Bravo
10. Supervisión: Tito Díaz Bravo
11. Validación: Todos los autores
12. Visualización: Todos los autores
13. Redacción – borrador original: Tito Díaz Bravo
14. Redacción – revisión y edición: Todos los autores

Financiamiento



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Universidad de las Ciencias Informáticas

Referencias

- ACM & IEEE-CS(2015). Software Engineering 2014. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. [En línea]. Association for Computing Machinery and IEEE Computer Society. . [Consultado el 16 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/se2014.pdf>
- ACM & IEEE-CS(2020). Computing Curricula 2020. [En línea]. Association for Computing Machinery and IEEE Computer Society. [Consultado el 16 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2020.pdf>
- AU. "Software Engineering, B.S. [En línea]. Auburn University". 2021. [Consultado el 5 de setiembre de 2021]. Disponible en: http://bulletin.auburn.edu/undergraduate/samuelginncollegeofengineering/departmentofcomputerscienceandsoftwareengineering/softwareengineering_major/
- Baldwin, B.; Walker, H.M. and Herderson, P.B. The roles of mathematics in computer science. ACM Inroads, 2013, 4(4).
- DÍAZ, T.; GRANDA, A. Y PÉREZ, M.T. Sugerencias para la enseñanza en Ingeniería de asignaturas que no son de la especialidad. [En línea]. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas. 14 (1), Enero, 2021, 34-52. [Consultado el 22 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/692>
- DÍAZ, T., QUINTANA, J., PÉREZ, G. y VELÁZQUEZ, A. Acciones para desarrollar el pensamiento matemático desde la asignatura Matemática I en la carrera ICI. [En línea]. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 2020, 13(12), 163-176. [Consultado el 15 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/702>
- DÍAZ, T.; VELAZQUEZ, A. Y QUINTANA, J.H. Didáctica de los Métodos Numéricos en Ingeniería en Ciencias Informáticas. III Conferencia Científica Internacional UCIENCIA 2018. [Consultado el 16 de marzo de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330542278_Didactica_de_los_Metodos_Numericos_en_Ingenieria_en_Ciencias_Informaticas



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

- FIT. "Software Engineering, B.S." [En línea]. "Florida Institute of Technology". Estados Unidos de Norteamérica. 2021. [Consultado el 6 de agosto de 2021]. Disponible en:
https://catalog.fit.edu/preview_program.php?catoid=9
- HENDERSON, P. B. The Role of Mathematics in Computer Science and Software Engineering Education. *Advances in Computers*. 2005, Vol. 65 (349-395).
- ITM. Ingeniero en Sistemas Computacionales con especialidad en Ingeniería de software. [En línea]. Instituto Tecnológico de Monterrey. México. 2021. [Consultado el 16 de agosto de 2021]. Disponible en:
<https://admission.itesm.mx/folleto/isc>
- MC. "Bachelor of Science in Computer Information Systems. Academic Program Sequence Map. [En línea]. Mercy College". Estados Unidos de Norteamérica. 2021. [Consultado el 10 de setiembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.mercy.edu/media/2020-2021-bs-computer-information-systems-0>
- MEDINA, J. F., ARTEAGA, E. Y DEL SOL, J. L. La enseñanza de las matemáticas, en la carrera de Ingeniería Informática, utilizando el software libre. *Universidad y Sociedad*. [En línea]. 9(5), 2017, 219-225. [Consultado el 15 de setiembre de 2021]. Disponible en: <https://rus.ucf.edu/cu/index.php/rus/article/view/734>
- MES. Plan de Estudio "E". Carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas. Ministerio de Educación Superior, La Habana. 2019
- MORA, F. Matemática para informática I. Guía de estudio. [En línea]. UNED. 2014. 120 p. [Consultado el 19 de julio de 2021]. Disponible en:
<https://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/handle/120809/1375/50287%20Matematicas%20para%20informatica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MTU. "Software Engineering, B.S. Catalog Year 2020-2021". [En línea]. "College of Computing. Michigan Technological University". Estados Unidos de Norteamérica. 2020. [Consultado el 10 de setiembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.mtu.edu/computing/undergraduate/software/software-engineering-flowchart-2020-21.pdf>
- OCC. "Computer Information Systems Software Engineering Option". [En línea]. Estados Unidos de Norteamérica. 2021. [Consultado el 10 de setiembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.oaklandcc.edu/programs/plans/cis.swe.aas.pdf>
- PSU. "Courses - Software Engineering Bachelor's Degree Online - Penn State World Campus". 2021. [En línea]. Estados Unidos de Norteamérica. [Consultado el 11 de agosto de 2021]. Disponible en:



<https://www.worldcampus.psu.edu/degrees-and-certificates/penn-state-online-software-engineering-bachelors-degree/courses>

QUINTANA, J. H.; DIAZ, T. Y ROSETE, A. Procedimientos didácticos para aplicar conjuntos de resultados en el desarrollo de la habilidad resolver problemas combinatorios. [En línea]. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*.

15(2), 2021. 158-182. Disponible en: <https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path%5B%5D=2017>

RODRÍGUEZ, J. Algunos temas de Cálculo para el Grado en Ingeniería Informática. v1.05. 229 p. Departamento de Ingeniería y Tecnología de Computadores. Universidad de Murcia. 2021. [Consultado el 6 de julio de 2021]. Disponible en: https://webs.um.es/joserr/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=calculo_alumnos_2.pdf

UCA. Plan de estudio. Carrera de Ingeniería Informática. [En línea]. Universidad Católica de Argentina. 2021. [Consultado el 9 de junio de 2021]. Disponible en:

<http://uca.edu.ar/es/facultades/facultad-de-ingenieria-y-ciencias-agrarias/carrera-de-grado/ingenieria-en-informatica/plan-de-estudio>

UCÁDIZ. Doble Grado en Matemáticas – Ingeniería Informática. [En línea]. Universidad de Cádiz. 2021. [Consultado el 14 de julio de 2021]. Disponible en:

https://www.uca.es/wp-content/uploads/2021/06/WEB_CIENCIAS_Mat_I_Informatica_jun21.pdf

UC-IRVINE. "Software Engineering, B.S.". [En línea]. "Donald Bren School of Information and Computer Sciences. University of California Irvine. General Catalogue". Estados Unidos de Norteamérica. 2021. [Consultado el 9 de junio de 2021]. Disponible en:

http://catalogue.uci.edu/donaldbrenschoolofinformationandcomputersciences/softwareengineering_bs/#sampleprogramtextcontainer

UCM(2021a). [Ingeniería Informática - Matemáticas Plan 2019](#). Grado y Doble Grado. Curso 2021/2022. [En línea]. Universidad Complutense de Madrid. 2021. [Consultado el 16 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.ucm.es/estudios/grado-informaticaymatematicas>

UCM(2021b). Díptico de la carrera Ingeniería Informática. [En línea]. Universidad Complutense de Madrid. 2021. [Consultado el 16 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://informatica.ucm.es/data/cont/docs/titulaciones/1917.pdf>

UDIMA. Grado en Ingeniería Informática. [En línea]. Universidad a Distancia de Madrid. 2021. [Consultado el 15 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.udima.es/es/grado-ingenieria-informatica.html#plan-estudios>



- UG. Grado en Informática (Ceuta). [En línea]. Universidad de Granada. 2020. [Consultado el 23 de marzo de 2021].
Disponible en: https://grados.ugr.es/informatica_ceuta/pages/infoacademica
- ULP. Licenciatura en Ingeniería de Sistemas Informáticos. [En línea]. Facultad de Ingeniería. Universidad Latina de Panamá. 2021. [Consultado el 2 de setiembre de 2021]. Disponible en:
<https://ulatina.edu.pa/carreras-ingenieria/licenciatura-en-ingenieria-de-sistemas-informaticos/>
- UMURCIA(2021a). Grado en Ingeniería Informática. [En línea]. Universidad de Murcia. 2021. [Consultado el 13 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.um.es/web/estudios/grados/informatica>
- UMURCIA(2021b). Guía de la asignatura de grado Álgebra y Matemática Discreta 2021-2022. [En línea]. Universidad de Murcia. 2021. [Consultado el 13 de julio de 2021]. Disponible en:
<https://aulavirtual.um.es/umugdocente-tool/htmlprint/guia/RwQQFuxsCP9iXLvJ2obhizEkKafZaXfNSbTCI8Bt2auZLdga94Y>
- UNED-CR. Licenciatura en Ingeniería Informática. [En línea]. Universidad de Educación a Distancia. Costa Rica. 2018. [Consultado el 19 de julio de 2021]. Disponible en:
<https://www.uned.ac.cr/ecen/images/carreras/desplegables/Brochure-Ingenieria-informatica-licenciatura.pdf>
- UNED-CR. Técnico Universitario en Computación e Informática. [En línea]. Universidad de Educación a Distancia. Costa Rica. 2021. [Consultado el 19 de julio de 2021]. Disponible en:
<https://uned.ac.cr/extension/act/cursos-en-linea/192-area-comunicacion-tecnologia/tecnico-universitario-en-computacion-e-informatica/523-plan-de-estudios>
- UNED-ES. Guia_7101_2022 Grado en Ingeniería Informática. [En línea]. Universidad de Educación a Distancia. España. 2021. [Consultado el 20 de julio de 2021]. Disponible en:
<http://portal.uned.es/GestionGuiastitulacionesGrado/GenerarPDFGuia?c=2022>
- UP, Plan de estudios. Carrera de Ingeniería en Informática. [En línea]. Facultad de Ingeniería. Universidad de Palermo. Argentina. 2021, [Consultado el 9 de junio de 2021]. Disponible en:
https://www.palermo.edu/ingenieria/ingenieria_informatica/plan_estudio.html
- UPAP. Plan de estudio de la carrera Ingeniería Informática. [En línea]. Universidad Politécnica y Artística del Paraguay. 2021. [Consultado el 10 de junio de 2021]. Disponible en: <https://upap.edu.py/wp-content/uploads/2021/07/upap-ingenieria-informatica-malla-curricular.pdf>
- UTH. Plan del proceso docente. Carrera Ingeniería Informática. Plan "E". Universidad Tecnológica de la Habana. 2017



UTP. Malla curricular de la carrera Ingeniería de Sistemas e Informática. [En línea]. Universidad Tecnológica del Perú. 2020. [Consultado el 3 de agosto de 2021]. Disponible en:

<https://www.utp.edu.pe/sites/default/files/malla-curricular/Sistemas%20e%20Inform%C3%A1tica-2020.pdf>

UVIC. "Software Engineering, BS. Program overview". [En línea]. Universidad de Victoria. Canadá. 2020. [Consultado el 14 de junio de 2021]. Disponible en:

<https://www.uvic.ca/engineering/software/future-students/program/index.php>

UW. "Bachelor of Software Engineering". [En línea]. "Undergraduate Studies Academic Calendar". Universidad de Waterloo. Canadá. 2021. [Consultado el 16 de junio de 2021]. Disponible en:

<http://ugradcalendar.uwaterloo.ca/page/ENG-Software-Engineering>

CA - Univ of Waterloo - Canadá\Undergraduate Studies Calendar _ Bachelor Software Eng.html



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)