

JOAQUÍN LUQUE RODRÍGUEZ

*Catedrático del Departamento
de Tecnología Electrónica*

SONETO AL ÍCARO DIGITAL

LECCIÓN INAUGURAL
DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Curso Académico 2001-2002

EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA



ÍNDICE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

SONETO AL ÍCARO DIGITAL

JOAQUÍN LUQUE RODRÍGUEZ
Catedrático del Departamento de Tecnología Electrónica

PORTADA

ÍNDICE



SEVILLA 2015

Colección Textos Institucionales (Serie: Ingeniería)
Núm.: 12

COMITÉ EDITORIAL:

Antonio Caballos Rufino (Director de la
Editorial Universidad de Sevilla)
Eduardo Ferrer Albelda (Subdirector)

Manuel Espejo y Lerdo de Tejada
Juan José Iglesias Rodríguez
Juan Jiménez-Castellanos Ballesteros
Isabel López Calderón
Juan Montero Delgado
Lourdes Munduate Jaca
Jaime Navarro Casas
M^a del Pópulo Pablo-Romero Gil-Delgado
Adoración Rueda Rueda
Rosario Villegas Sánchez

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito de la Editorial Universidad de Sevilla.

Edición digital de la primera edición impresa de 2001

© EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA 2015
C/ Porvenir, 27 - 41013 Sevilla
Tfnos.: 954 487 447; 954 487 451; Fax: 954 487 443
Correo electrónico: eus4@us.es
Web: <http://www.editorial.us.es>

© JOAQUÍN LUQUE RODRÍGUEZ 2015

ISBNe: 978-84-472-1687-1
Edición digital: Dosgraphic, s. L. <www.dosgraphic.es>

PRIMER CUARTETO

PORTADA

ÍNDICE

Excmo. Sr. Rector Magnífico de la Universidad de Sevilla;
Ilmo. Sr. Director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Informática;
Excmas. e Ilmas. autoridades;
Profesores, estudiantes, miembros del Personal de Administración
y Servicios;
Familiares, amigas, amigos:

Me cabe hoy el inmenso honor de pronunciar la Conferencia de Inauguración del Curso 2001-2002 en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad de Sevilla. Y este hecho, que sin duda sería un honor relevante para cualquier profesor, recobra tintes más destacados al concitarse la circunstancia de que hoy, no sólo estamos inaugurando un curso académico, sino que además estamos iniciando una nueva etapa en la todavía joven andadura de nuestro centro. Mi agradecimiento por tanto a la Dirección de la Escuela por su ofrecimiento y a todos ustedes que, con su presencia, subrayan la importancia de este acto singular.

Y la satisfacción que hoy me embarga por el hecho de intervenir en la inauguración del nuevo curso y del nuevo centro,

no es sólo académica, sino también personal. Tengo la fortuna de haber participado en los estudios de informática en la Universidad de Sevilla desde su nacimiento en Octubre de 1985. Mi aventura vital y profesional ha estado desde entonces fuertemente imbricada con la de estos jóvenes estudios. Durante estos años he sido testigo de cómo, lo que era una párvula criatura, se ha ido constituyendo en la sólida realidad de hoy. Recorramos brevemente esta andadura.

De disputada paternidad, inicialmente pretendida por varios centros, nuestra titulación es, tras su alumbramiento, dejada al cuidado de una cariñosa tía: la Escuela Universitaria Politécnica. Allí dio sus primeros pasos, aprendió sus primeras lecciones y allí también le salieron los primeros dientes. Sus primas a veces le ponían zancadillas, pero también le prestaban sus juguetes. Unas veces reñían y otras eran compañeras inseparables. Crecieron juntas y el cariño de aquellos años inolvidables tejió una red de entrañables realidades comunes.

En 1989, con las fiebres propias del desarrollo, nuestra titulación dio el primer estirón: apareció el segundo ciclo. La Informática se puso pantalón largo y ya jugaba en el patio con los mayores, aunque algunos grandullones todavía le empujaban cuando cogía el balón. Años de aprendizaje y estudio, de formación y consolidación. De ilusiones de futuro y trabajo diario.

Seguían pasando los años. A la Informática, ya crecida, se le empezaban a quedar pequeños todos los trajes y había que ir haciéndoles remiendos. Hubo que hacer reformas en la casa porque ya no cabían con holgura todos en ella. Esto planteaba

PORTADA

ÍNDICE

dificultades de alojamiento que aconsejaron, en 1991, su traslado a un nuevo edificio, un centro de acogida recién construido en el que nuestros mayores también decidieron alojar a los recién nacidos estudios de Estadística. Durante muchos años, ambas titulaciones han convivido sin dificultad e incluso a veces han salido juntas de excursión. Más yuxtapuestas que integradas, pero en civilizada convivencia.

Pero la Informática se estaba haciendo mayor. Su adolescencia estaba terminando y necesitaba otros rumbos. La conversión de los títulos de Licenciatura en Ingenierías acaba por reafirmar el marcado carácter tecnológico de los estudios y se impone su salida hacia nuevos horizontes. Hoy, 16 años después de su nacimiento, celebramos la mayoría de edad. Y como los jóvenes en estas circunstancias, nuestro sentimiento es doble: por una parte manifestamos nuestro aprecio y respeto por los que durante estos años nos tutelaron y nos acompañaron; pero por otra no podemos esconder nuestra alegría, no ajena de responsabilidad, por el futuro que estamos empeñados en recorrer.

Y en estas gozosas circunstancias me propongo impartir la Conferencia de Inauguración de Curso de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Y al ser la primera ocasión en la que tiene lugar este acto, no tengo precedentes en los que fijarme para intentar acertar con el tono y el contenido de mi exposición de hoy. ¿Qué es una Conferencia de Inauguración de Curso? Permítanme que, durante unos minutos, juguemos con las palabras. Descubramos el sentido, a veces oculto, pero siempre presente de lo que decimos.

PORTADA

ÍNDICE

Conferencia; de Inauguración de curso; de la Escuela; Técnica; Superior; de Ingeniería; Informática.

“Conferencia” lo define el Diccionario como la “plática entre dos o más personas para tratar de algún punto o negocio”. El término derivaría del *conferre* latino que significa “llevar junto con”. Según esto, yo llevaría algo conmigo que pretendo negociar con la audiencia. Les cambio su atención y su tiempo por mis ideas. Ustedes juzgarán al final si el negocio mereció la pena.

Y las ideas que les propongo deberán servir para la “inauguración”, para *in-augurare*, para observar los agüeros, tal como acostumbraban hacer los clásicos en circunstancias parecidas. No sé si sumo sacerdote o simple matarife, en esta ceremonia habría yo de sacrificar alguna víctima, observar el vuelo, el canto o las entrañas de las aves y predecir el futuro. ¿Cómo será este curso? ¿Cuál es el porvenir de nuestra nueva Escuela? Sin pretender provocar a la Providencia o quebrar nuestro *fatum* colectivo, tengo la convicción de que, precisamente, es nuestra tarea imaginarnos el futuro y tratar de conseguirlo. Con humildad, pero con tenacidad. No esperar que nos venga dado, sino tratar de construirlo de acuerdo con nuestra voluntad colectiva y en el servicio a la sociedad a la que nos debemos.

Lo que hoy inauguramos no es sólo un curso, sino la propia Escuela, la *σχολη* griega, el conjunto de profesores y alumnos de una misma enseñanza. Todos, docentes y discentes, trabajando juntos en una misma dirección. Y es precisamente este carácter de comunidad de personas y objetivos del que deriva

PORTADA

ÍNDICE

el propio término “universidad”. A veces los académicos, a medio camino entre la vanidad y el error, hacemos derivar el termino “universidad” de “universal”, del *universum* latino, del conjunto de todas las cosas. Con ello, pretendidamente, hacemos residir en nuestra institución el Saber con mayúsculas, el saber de todo, sólo un peldaño por debajo de la omnisciencia. Sin embargo somos universidad, no por saber del *universum*, sino por saber en *universitas*, en comunidad. La riqueza de nuestra institución radica, como acertadamente señalaba Ortega, en la *universitas magistrorum et scholarium*, la comunidad de profesores y alumnos. Saber cultivado y transmitido en comunidad mediante el estudio, la investigación y la docencia.

La Escuela que inauguramos hoy la calificamos de Técnica. Y buena parte de nuestros anhelos se han visto satisfechos cuando el calificativo de Técnica ha venido a sancionar lo que queremos hacer en ella. La palabra “técnica”, que tanto nos ha costado conseguir, deriva de la “techné” griega que significa arte, oficio, habilidad, y esta palabra a su vez, deriva de la raíz indoeuropea “teks-” que significa tejer o inventar. Podríamos definir la técnica como la “habilidad para ejecutar cualquier cosa o conseguir algo”. Técnica sería una determinada disposición para hacer, para actuar, para la acción. Por tanto, la técnica sería el conjunto de medios y habilidades necesarios para actuar en un determinado ámbito. Pero maticemos. No toda acción es una acción técnica. Existen muchas formas en las que el hombre actúa, en las que el hombre se sitúa en el mundo, se enfrenta al mundo. El hombre puede tratar de comprender el mundo (reflexión, filosofía, ciencia), puede tra-

PORTADA

ÍNDICE

tar de gozarlo (amor, juego, música), o incluso puede tratar de negarlo (misticismo, nirvana). Todas ellas son formas de acción, pero ninguna de ellas forma parte de la técnica. El hombre actúa técnicamente cuando se rebela ante el mundo y trata de modificarlo. La acción técnica sería aquella que trata deliberadamente de modificar el entorno del hombre. La ciencia, la filosofía, el arte y la religión son un modo de conocimiento. Sin embargo la técnica no es una forma de conocer el mundo, sino de actuar sobre él, no es un modo de aprehender las cosas sino de transformarlas. La religión, la filosofía, el arte o la ciencia buscan una interpretación del mundo, quieren descubrir la verdad del mundo, probablemente para intentar llenar un vacío insondable, para apagar una sed insaciable, para sedar una angustia infinita. Sin embargo la técnica tiene un objetivo más modesto. No se cuestiona cuál sea la verdad del mundo. No se plantea descubrir la verdad. Tan sólo aspira a construir un mundo más cómodo para el hombre, modificando la naturaleza y construyendo artefactos que le sean útiles, que le proporcionen un mayor bienestar. En las Escuelas Técnicas se trata de cultivar el saber necesario para realizar estas transformaciones.

PORTADA

ÍNDICE

Escuela Técnica Superior. Puede cabernos la tentación de engolarnos con el calificativo de Superior. Pero sería un error. Nuestra Escuela, en la que deliberada y conscientemente nos enorgullecemos de integrar estudios de 3 y 5 años, es Superior, no denostando a otros estudios académicamente menos complejos, sino asumiendo la gran responsabilidad que supone tener que alcanzar los más altos conocimientos en una disciplina.

Superior no como descripción, sino como meta. Superior como identificación ante la sociedad y las empresas de la alta cualificación a que aspiramos entre nuestros Ingenieros egresados. Superior como marca y seña de identidad, pero también como exigencia. Y en cualquier caso reconociendo, profesores y alumnos, el privilegio de poder participar en esta Educación Superior.

Y en esta Escuela Técnica Superior vamos a hacer Ingeniería. Sustituimos el tradicional término “Escuela de Ingenieros” por el de “Escuela de Ingeniería” con lo que, entre otras cosas, pretendemos hacer un guiño, esperemos que en la dirección adecuada, en los conflictos de género. Tradicionalmente las Escuelas eran de Ingenieros, tanto en el nombre como en la inmensa mayoría de sus miembros. Esa realidad va afortunadamente cambiando y el término neutro de Ingeniería es una invitación, una declaración de intenciones, una proclamación de una mayor apertura que trata de captar los mejores cerebros, sean cuales sean las hormonas que los rieguen. Pero Ingeniería también en otro sentido. El “ingeniero” en las lenguas sajonas (*engineer* en inglés) hace referencia a la máquina (*engine*) que conciben, diseñan y operan. El ingeniero como constructor de artefactos. Por el contrario en las lenguas románicas el ingeniero es el *in genius*, el que tiene de su parte al genio, duendecillo o deidad que según los antiguos vela por cada una de las personas y se identifica con su suerte. Ingenieros e ingenieras, por tanto, como personas que, tras duros años de trabajo, han sabido convencer a sus genios particulares de que se apliquen con ellos en la construcción de artefactos.

PORTADA

ÍNDICE

Y por fin el término Informática. El calificativo definitivo que nos identifica y nos distingue. Ingeniería no dedicada a cualquier tipo de artefacto, sino a aquéllos, sean de tipo físico o lógico, que procuran el tratamiento automático de la información. La información es nuestra materia prima. Nosotros somos los encargados de construir los sistemas capaces de tratarla automáticamente, de procesarla, almacenarla y transmitirla. Y en una sociedad, que se autocalifica como Sociedad de la Información, el tratamiento eficaz y eficiente de esta materia prima es, probablemente, una de las principales claves del progreso. He ahí nuestro reto.

Con esto termino el primer cuarteto del soneto que me encargó nuestro particular Violante y, al igual que el clásico, me veo de nuevo en el aprieto de tratar de acertar con el resto de la Conferencia. Debo confesarles que en un primer momento tuve la tentación de ofrecerles un análisis técnico de complejos sistemas de información. Pero poco después, y ya con algunas páginas escritas, descarté la idea. Si siempre resulta difícil mantener la atención de una audiencia, mucho más aún en un acto festivo como el que hoy celebramos. Probablemente inundarles de cifras, esquemas y logros técnicos haría aún más insoportables mis palabras. Así que en último término me decanté por elegir un tema más general, más adecuado para un público culto, pero posiblemente heterogéneo, y en el que debería brillar la reflexión propia del ocio y no una nueva descripción sobre el negocio. Espero de su benevolencia que sepan juzgar con generosidad mi atrevimiento.

PORTADA

ÍNDICE

SEGUNDO CUARTETO

PORTADA

ÍNDICE

He proclamado ya en varias ocasiones a lo largo de mi conferencia el orgullo y la satisfacción que nos emociona el día de hoy. Legítimo orgullo por los logros conseguidos durante estos años. Proclamamos nuestra satisfacción por la calidad, material pero sobre todo humana, de la Escuela que hoy inauguramos. Constatamos la creciente presencia de nuestro centro en diferentes ámbitos tanto nacionales como internacionales. Recibimos parabienes por el rápido y eficaz acomodo que encuentran nuestros titulados en las empresas e instituciones del tejido social para el que trabajamos. Crece nuestra presencia social. La marca Ingeniero Informático de Sevilla vende. Y vende por que tiene una sólida realidad detrás. Así que en el día de la gloriosa entrada en sociedad de nuestro centro, al igual que en la antigua Roma, me he propuesto hacer el papel del esclavo que recordaba al general victorioso su condición mortal.

Orgullo sí. Pero orgullo ilustrado. No una ciega y estéril soberbia, sino un conocimiento de nuestras limitaciones. Y esto no como autoinmolación ante el altar de la Sabiduría, sino como plataforma desde la que mejorar. Sólo identificando y asumiendo las dificultades se podrán éstas superar. Me propon-

PORTADA

ÍNDICE

go pues desarrollar en los próximos minutos algunas cuestiones en relación a los límites del conocimiento tecnológico y las consecuencias éticas que estos límites implican. Aunque buena parte de mis argumentos son aplicables a cualquier sistema tecnológico voy a centrar mi exposición principalmente en las limitaciones y repercusiones dentro del ámbito de la informática.

Uno de los hilos conductores para cualquier ingeniero en su caminar caminando es, sin duda, la sombra del fallo. El error profesional, el hundimiento de los proyectos, el fracaso en sus más diversas formas de presentación ha sido siempre compañero inseparable de este apasionante viaje que está siendo la Ingeniería. Claro que también hay multitud de logros, e incluso puede que su número sea mayor que el de fallos. Pero la miel de cien éxitos no hace menos amargo el sabor de una sola derrota. ¿Habremos de resignarnos a la imperfección de nuestro trabajo? ¿Por qué nuestros proyectos habrían de soportar la constante amenaza del error que acecha? Si nuestra misión como Ingenieros es acomodar al hombre en una realidad inhóspita, ¿por qué no conseguimos domeñar la insultante realidad del error?

Mi respuesta a estas preguntas se ha ido moldeando en el yunque de la experiencia. Recuerdo, todavía en mis años de estudio universitario, el dolor que me produjo mi primer fracaso en un proyecto industrial. En unas pruebas de laboratorio se trataba de determinar la capacidad de intercambio de calor en un radiador de automóvil. Inyectábamos al radiador un caudal de agua caliente y, mediante un ventilador, se le aplica-

PORTADA

ÍNDICE

ba un flujo de aire para enfriarlo. Variando caudales y temperaturas de agua y aire pretendíamos obtener unas curvas simples de funcionamiento del aparato. El esfuerzo fue titánico. Primero la comprensión y formulación precisa del fenómeno físico. Después las consideraciones tecnológicas del intercambiador. Y, por último, los problemas prácticos de realización del proyecto. Uno de estos problemas de simple intendencia era disponer de un radiador de automóvil. Un chatarrero vino a darnos la única solución compatible con el exiguo presupuesto estudiantil. Desgraciadamente la calidad del radiador era también compatible con el bajo precio que pagamos por él. De esta forma, y cuando estábamos en pleno proceso de medición de temperaturas, el radiador no pudo soportar la presión del agua que le inyectábamos y se rompió, arruinando de esta forma varios meses de trabajo y, de paso, inundando de agua el laboratorio.

No sólo mi calificación salió maltrecha de aquella experiencia. También mi orgullo había salido seriamente lastimado. No obstante, la capacidad de comprender, justificar y perdonar nuestras propias faltas es ilimitada. Y en este caso, por supuesto, el mecanismo funcionó a la perfección, ayudándome a lamer mis heridas. “Claro,” –me decía– “la culpa, en realidad, no es mía. Si hubiera podido comprarme un buen radiador todo habría salido bien. El fracaso del proyecto ha sido debido, obviamente, a una rotura de los equipos”. De esta forma atribuía el problema a un fallo de los materiales utilizados.

Unos años después, y ya en el ejercicio profesional, aunque todavía como un ingeniero novato, tuve una segunda experien-

PORTADA

ÍNDICE

cia de fracaso que considero significativa. Mi empresa me puso al frente de un proyecto que implicaba la instalación de unos determinados armarios con equipos electrónicos en una planta industrial de nuestro cliente. Las pruebas del sistema en fábrica se habían desarrollado sin contratiempos. Se decidió, por tanto, comenzar la instalación y pruebas en su ubicación definitiva. Durante unas semanas todo funcionaba correctamente pero, de pronto, varios componentes del equipo se averiaron. Inicialmente la avería se consideró fortuita, por lo que fue reparada y se continuaron las pruebas de campo. De nuevo, tras unas semanas de funcionamiento se reprodujo la avería en los mismos componentes. Este segundo fallo consecutivo nos alertó de la posibilidad de un problema de diseño o de instalación. Tras unos minuciosos análisis, para los que hubo que solicitar el concurso de ingenieros de mayor experiencia, se descubrió una mala instalación de las tomas de tierra que, en determinadas condiciones de trabajo de la planta, provocaba sobreintensidades en los equipos que estábamos instalando.

La no comprobación por mi parte de las tomas de tierra le costó a mi empresa varios millones de pesetas, y a nuestro cliente un serio retraso en sus planes de trabajo. La generosidad de mi jefe, quizás recordando experiencias personales anteriores, evitó que aquello afectara mi nómina, pero el efecto sobre mi vanidad fue demoledor. A pesar de ello, de nuevo me absolví de mis culpas. No había sido negligencia ni falta de interés. Simplemente, desconocía la importancia de las tomas de tierra en ese tipo de instalaciones. Esta vez no habían fallado los materiales. Era una limitación de mi conocimiento.

PORTADA

ÍNDICE

“Si hubiese estudiado más electrotecnia,” –me decía– “esto no habría pasado. Pero claro, esta ignorancia es provisional. Cuando estudie más, cuando haga más proyectos, cuando tenga más experiencia, estos fracasos no volverán a ocurrir”. De esta forma atribuía el problema a un fallo de mis conocimientos científicos.

Mi carrera profesional me condujo, varios años después, por el camino del diseño y construcción de sistemas informáticos. Al principio, programando, cometía muchos errores, pero poco a poco aprendí a controlarlos y a depurarlos. No obstante, mis diseños jamás estaban completamente libres de errores. Por más interés que ponía, por mejores que fueran las herramientas de diseño, programación y prueba, los sistemas informáticos que construía se mostraban resistentes a la depuración total. Este fenómeno, que luego encontré documentado en la literatura técnica especializada, fue minando la altivez tecnológica con la que salí de la Universidad. Sin embargo, los errores en los sistemas informáticos no son ni científicos ni materiales. ¿Cómo explicarlos?

En el ámbito de la construcción de sistemas informáticos se tiene conciencia de que cualquier producto ya terminado contiene, no obstante, un número indeterminado de errores no detectados. Precisamente por ello, se intenta avanzar consiguiendo productos cada vez más fiables mediante la mejora en la técnica de construcción de sistemas, habiéndose creado una disciplina que, bajo el nombre de “Ingeniería del Software”, agrupa un conjunto de técnicas encaminadas a producir software de calidad. Diversos autores han señalado que el número de

errores que detecta un proceso de control de calidad es mayor cuanto mayor sea el esfuerzo dedicado a esta tarea de vigilancia. Esta relación funciona bien al principio pero, sin embargo, llega un momento en el que un incremento en el esfuerzo dedicado al control de calidad no se traduce en una mayor detección de errores, quedando siempre un número remanente de errores no detectados (Figura 1).

Para otros autores el proceso es, si cabe, aún más desolador, puesto que las mejoras que se logran mediante el control de calidad son contrarrestadas por los nuevos errores que aparecen al introducir modificaciones en el software original. Por tanto,

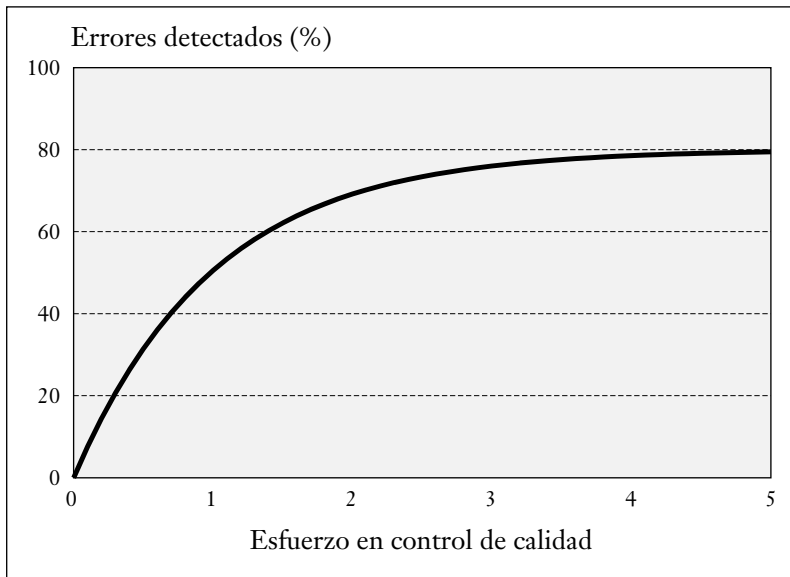


Figura 1.

la evolución en el tiempo del número de errores presenta un primer comportamiento descendente debido al control de calidad, seguido de un posterior incremento debido a los cambios en el software (Figura 2).

Esta baja calidad de los desarrollos de software hace que la duración media de los proyectos informáticos crezca de manera alarmante a medida que crece su tamaño (Figura 3). Incluso en muchos de estos proyectos el fracaso puede ser tan espectacular que llegan incluso a la cancelación, con la pérdida de toda la inversión realizada. La probabilidad de fracaso y, por

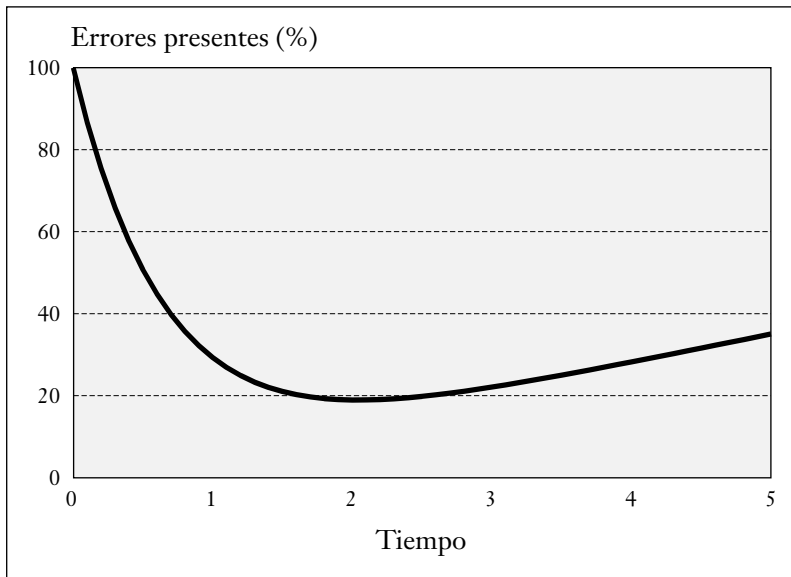


Figura 2.

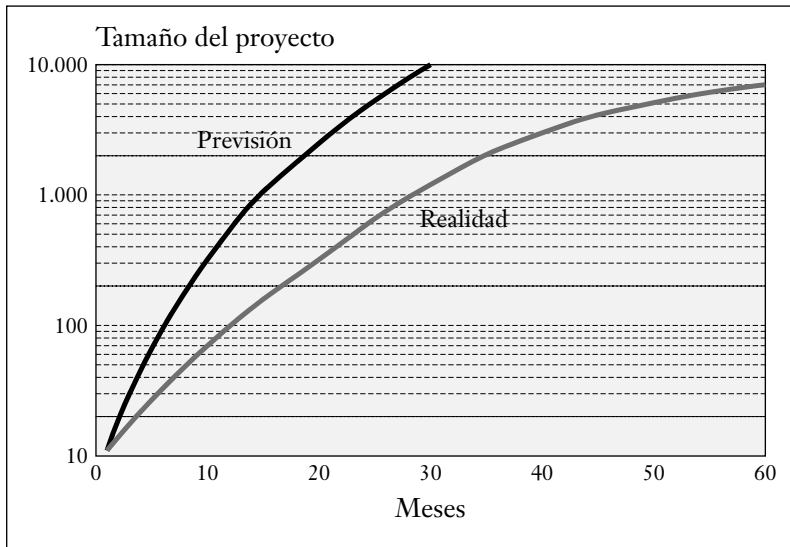


Figura 3.

tanto de cancelación, crece también con el tamaño del sistema (Figura 4).

Pero el tamaño y la complejidad de los sistemas informáticos no para de crecer. Se estima que la cantidad de código instalada en la mayoría de los productos de consumo (televisores, lavadoras, etc.) se está duplicando cada dos años. Así, por ejemplo, puede observarse en la evolución del número de líneas de código utilizadas para distintos programas de vuelos espaciales (Figura 5). Mayor complejidad frente a nuevas y mejores técnicas de programación y construcción de sistemas informáticos. La cuestión se plantea inmediatamente: ¿se podrá seguir mejorando y conseguir un software libre de errores?

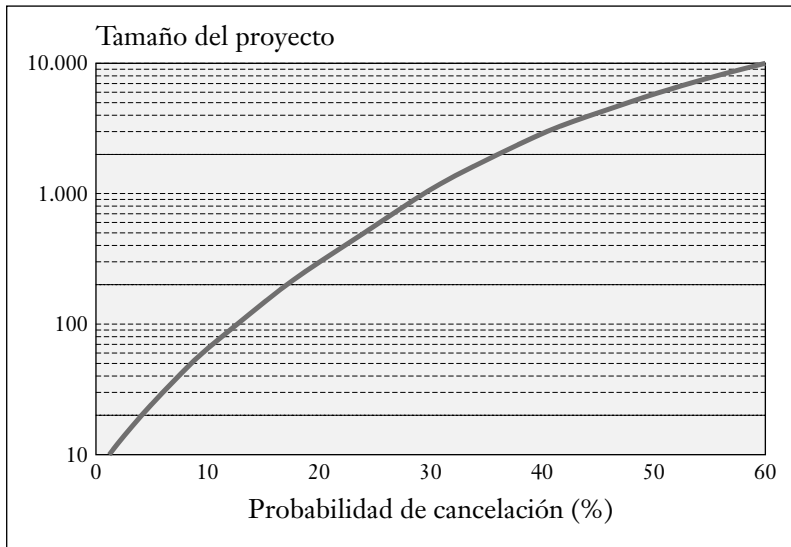


Figura 4.

Quizás un optimismo inicial, basado en la confianza que la sociedad deposita en la tecnología, llevará a muchos a contestar afirmativamente. La respuesta, no obstante, es más compleja. El pensamiento occidental ha sido testigo de cómo sólidos edificios conceptuales han sucumbido a la erosión del tiempo y de un más fino análisis. En la Antigüedad y en la Edad Media el saber *científico* en Occidente se expresaba, entre otras doctrinas, principalmente a través de la Física y Filosofía aristotélicas. Al comienzo de la Edad Moderna sin embargo, este concepto consolidado del mundo sufre dos ataques demolidores. Por una parte Galileo, entre otros, introduce la experimentación como el criterio más decisivo de corroboración y

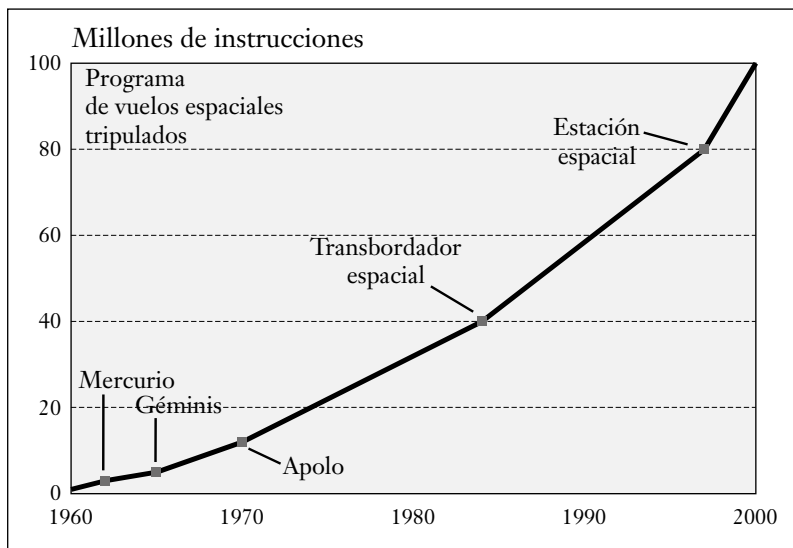


Figura 5.

la exigencia de una expresión matematizada de los contenidos del conocimiento: surge la Ciencia Moderna. Por otra parte Descartes, con su duda metódica, inaugura una nueva manera de hacer filosofía, lo cual ha conformado la mentalidad moderna que en muchos aspectos rechaza la metodología y el pensamiento filosófico anteriores.

Es mucha la seguridad que se ha perdido, pero al menos permaneció la Ciencia como roca a la que asirnos y la razón moderna como criterio máximo para alcanzar la verdad. En esta época se logran grandes avances y ello llena de orgullo y optimismo a la humanidad, viviendo quizás su momento cumbre en el período de la Ilustración (siglo XVIII). Desgra-

ciadamente, esta situación terminó a finales del siglo xix y principios del xx, cuando se producen descubrimientos científicos que, por un lado, cuestionan gravemente la imagen que la Ciencia tenía del mundo hasta ese momento y, en segundo lugar, ponen límites al propio conocimiento científico. Aparecen la teoría de la relatividad, que revoluciona conceptos primarios como los de espacio y tiempo, y la mecánica cuántica que limita lo que podemos conocer de una partícula (relaciones de indeterminación de Heisenberg). Pero incluso en terrenos aparentemente seguros como la matemática, al revisar los principios fundacionales (Hilbert y Russell entre otros) se produce una pérdida de certidumbre y se limita abiertamente el conocimiento matemático (teorema de Gödel).

Un panorama comprometido para el hombre del siglo xxi: si, ni la Filosofía ni la Ciencia pueden darnos seguridad, ¿hacia dónde miraremos en esta búsqueda de certidumbre? Aún nos queda la Tecnología. La Ciencia puede que no explique el mundo de una forma segura, pero al menos sus predicciones funcionan, y con ellas se pueden construir todo tipo de artefactos que hacen mejorar nuestra posición en el mundo. La sociedad de nuestro siglo proyecta pues su confianza en la Tecnología. Es cierto que los avances tecnológicos se pusieron en entredicho ante los terribles resultados de la Primera y Segunda Guerras Mundiales, pero hoy ese es un debate superado. La Tecnología funciona, y funciona muy bien. La tenemos presente en cada momento de nuestra existencia cotidiana y, a pesar de las críticas de los últimos años, el hombre ha queda-

PORTADA

ÍNDICE

do ya instalado en un mundo tecnológico. Es más, hoy pueden cuestionarse ciertas aplicaciones y modos de utilización de la Tecnología, pero nadie propone seriamente una marcha atrás, una vuelta hacia situaciones pretecnológicas.

Sin cuestionarnos la validez de la Tecnología y su papel central en la sociedad contemporánea, sí queremos hacer una reflexión sobre sus limitaciones. Frente a indudables éxitos y progresos se producen fracasos cotidianos. ¿Podrán superarse estos fallos de la Tecnología? ¿La solución de la Tecnología es más y mejor Tecnología? En mi opinión no. Hay razones fundamentales que limitan la capacidad tecnológica del hombre. Con frecuencia, ante un fracaso, es normal buscar una causa externa: fatiga de los materiales, condiciones ambientales extremas, descuido humano, etc. Sin negar estas realidades, el origen primero de muchos de estos fallos hay que buscarlo con más profundidad. En este sentido, los fallos en el software pueden ser paradigmáticos, pues difícilmente pueden ser atribuibles a causas materiales. En nuestro criterio, el origen profundo de muchos fallos habría que situarlo en una *limitación intrínseca* del conocimiento tecnológico. Pero veámoslo por partes. La tecnología es limitada, al menos, por tres factores: límites materiales, límites científicos y límites operacionales. Comienza el primer terceto.

PORTADA

ÍNDICE

PRIMER TERCETO

PORTADA

ÍNDICE

Las primeras y más obvias de las limitaciones de la tecnología son las que imponen los materiales. No se pueden conseguir materiales más resistentes, o más ligeros, que los disponibles en un momento histórico determinado. Y cualesquiera que sean estos materiales tendrán unos límites de operación debidos a temperaturas, presiones, corrosión, fatiga, etc. Por ejemplo, una de las limitaciones fundamentales que impiden el desarrollo de la energía de fusión es la no disponibilidad de materiales adecuados para construir el reactor.

Dentro del ámbito de la informática podemos señalar también algunos límites materiales. Por ejemplo la construcción de computadores más potentes pasa por incrementar la complejidad de los circuitos que los componen, es decir, por incrementar el número de transistores por chip. Para ello hay que seguir avanzando en la miniaturización, haciendo que cada transistor individual mida cada vez menos. Pero nos encontramos una limitación relativamente próxima debida a la longitud de onda de De-Broglie. Por debajo de estas dimensiones los electrones dejan de comportarse como partículas clásicas y deben tenerse en cuenta fenómenos cuánticos. Por otra parte es difícil de imaginar cómo, con la actual tecnología,

PORTADA

ÍNDICE

podría hacerse que un transistor midiese menos que un átomo (Figura 6).

La segunda limitación de la tecnología viene dada por las propias limitaciones del conocimiento científico que le tendría que dar soporte. A su vez, estas limitaciones pueden ser intrínsecas al propio conocimiento científico o debidas a un momento histórico determinado. Así, por ejemplo, las tecnologías meteorológicas (predicción y modificación de climas) chocan con el carácter caótico de buena parte de los modelos de la física del aire. Por otra parte, muchas enfermedades se han podido curar cuando se ha sabido de manera científica cual era su causa. Así por ejemplo, muchas úlceras de estómago se curan

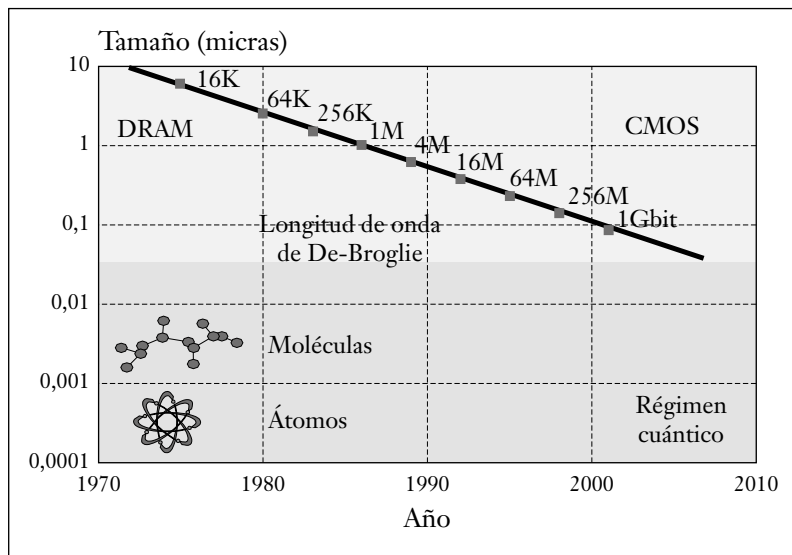


Figura 6.

hoy con antibióticos al haberse identificado que una de sus causas es una determinada bacteria.

Pero hay veces que la tecnología falla y no es debido a ninguna de las dos causas anteriores. Entre los informáticos circula un dicho que afirma que en la vida hay sólo tres certezas: la muerte, los impuestos y los errores en los programas. Esos errores no pueden ser atribuidos a defectos de materiales, pues no existen, ni tampoco a problemas científicos, pues las bases de la disciplina están bien establecidas. La complejidad conceptual de los sistemas informáticos hace que su implementación, el propio proceso operacional de “poner manos a la obra”, introduzca errores. Esta es la *limitación intrínseca* del conocimiento tecnológico a la que nos referíamos anteriormente y en la que nos vamos a centrar.

¿En qué consiste esta limitación? No es posible pensar que sea debida a un desconocimiento de los principios básicos que operan en los fenómenos que rigen los artefactos. Podemos suponer perfectamente que el conocimiento científico que confiere soporte al diseño y construcción de un artefacto es correcto y sin embargo producirse un fallo del artefacto. El conocimiento tecnológico es de tipo fundamentalmente operativo, no es tanto un “saber-qué” cuanto un “saber-cómo”. Y precisamente este saber-cómo es, según mi propuesta, necesariamente limitado, justamente aquello que provoca los errores y fallos. Se pueden conocer a la perfección, por ejemplo, los principios lógicos que dan soporte a la programación de computadores, y aplicar las más sofisticadas técnicas de ingeniería del software, pero no obstante seguirán existiendo erro-

PORTADA

ÍNDICE

res. Y a medida que el tamaño y la complejidad cognitiva del artefacto aumentan, la situación empeora.

Ahora bien, ¿por qué pensar que la situación no se corregirá cuando se obtenga una mejor Tecnología? ¿Qué razones avalan nuestra afirmación de la limitación del conocimiento tecnológico? Podemos identificar al menos tres argumentos, cada uno de ellos en distinto plano y, consecuentemente, con diferente fuerza argumentativa. Arranca el segundo terceto.

PORTADA

ÍNDICE

SEGUNDO TERCETO

PORTADA

ÍNDICE

El primero de estos argumentos lo denomino *argumento histórico* que, a su vez, viene sustentado por un doble razonamiento. En primer lugar apoya el argumento histórico una cierta coherencia lógica. En efecto, si ya previamente la Filosofía y la Ciencia nos habían prometido una seguridad que luego no pudieron proporcionarnos, ¿por qué fiarnos ahora de la Tecnología? En este sentido, el peso de la prueba recaería sobre los que afirmaran que la Tecnología dejará de fallar con más Tecnología. En segundo lugar, la historia de la Tecnología está llena de fracasos que llegan hasta nuestros días, lo que apunta más en el sentido de la limitación que proponemos que en sentido contrario. Este argumento puede tacharse si se quiere de “prueba circunstancial”, aunque no por ello pierde su fuerza demostrativa en cuanto presunción histórica muy probable. Sin embargo, los otros dos argumentos poseen quizás una mayor radicalidad.

Comencemos con el que denominamos *argumento de la recursividad*. Si tomamos como referencia que el hombre es un ser-en-el-mundo como enuncia Heidegger, o un ser instalado formalmente en la realidad, siguiendo a nuestro Zubiri, hay que afirmar que esta realidad le es ya dada al hombre, se le

PORTADA

ÍNDICE

impone, le desborda, y que el hombre es parte de la realidad. Ahora bien, un saber-hacer ilimitado sobre la realidad debe incluir al propio hombre, lo cual es un absurdo. La capacidad de actuación tecnológica tiene que ser limitada para no ser contradictoria. En caso contrario nos encontraríamos en la misma circunstancia que traza magistralmente Escher en su litografía “Drawing Hands”, en la que una mano derecha está dibujando una mano izquierda que, a su vez, está dibujando la mano derecha que la dibuja. La sociedad tecnológica humana no puede saber-hacer una manipulación de la realidad tal que suponga una construcción de sí misma.

Este argumento, efectivamente, impone un límite al conocimiento tecnológico pero, podría argüirse que, salvo el caso descrito, es de escaso interés práctico y que, en consecuencia, la sociedad tecnológica no tiene límites en su saber hacer. Veamos, sin embargo, que esto no es así mediante el tercero y último de los argumentos, que es el que denomino *argumento de la complejidad*. El sujeto tecnológico (sea éste un individuo o una sociedad) posee un saber-hacer que proyecta en una acción tecnológica. Este proceso implica pues un conocimiento de carácter tecnológico, que reside primero en el sujeto y, luego, se plasma en la realidad. Por tanto, la complejidad de la acción tecnológica realizada no puede ser superior a la del saber-hacer del sujeto. Entendemos aquí por complejidad la cantidad de información necesaria para describir una acción tecnológica o un saber-hacer. Pero, por otra parte, la complejidad del saber-hacer no puede superar a la del sujeto tecnológico. Si, de acuerdo con Shanon, medimos la cantidad de

PORTADA

ÍNDICE

información en bits, podemos formular el argumento de la complejidad diciendo que el número de bits que describen una acción tecnológica no puede ser superior a la capacidad de almacenamiento y proceso de la sociedad tecnológica que la lleva a cabo. Y como la capacidad de almacenamiento y proceso de cualquier sociedad tecnológica, presente o futura, estará necesariamente limitada, también lo estará su saber-hacer, su conocimiento tecnológico. A medida que la complejidad de una acción tecnológica se va aproximando a la capacidad del sujeto de dicha acción, el número de aspectos que dejan de ser tenidos en cuenta va creciendo. Como consecuencia de esto, los fallos son más frecuentes.

Voy ya terminando el soneto. A la luz de los planteamientos descritos, y basándonos en estos tres argumentos, creo estar autorizado a proponer lo que denomino el *principio de inoperancia*. Este principio puede formularse de la siguiente forma: “La complejidad de una acción tecnológica y su tiempo medio entre fallos (MTBF) son inversamente proporcionales, dependiendo la constante de proporcionalidad de la capacidad tecnológica del sujeto que realiza la acción” (Figura 7). Obviamente en esta expresión, cuando hablamos de fallos, nos estamos refiriendo exclusivamente a aquéllos atribuibles a un defecto del saber-hacer, no a defectos de materiales, desgastes, fatigas, etc. Por otra parte, en esta formulación, el término de proporcionalidad inversa no hace referencia a una función matemática determinada, sino que describe más un comportamiento cualitativo que cuantitativo.

PORTADA

ÍNDICE

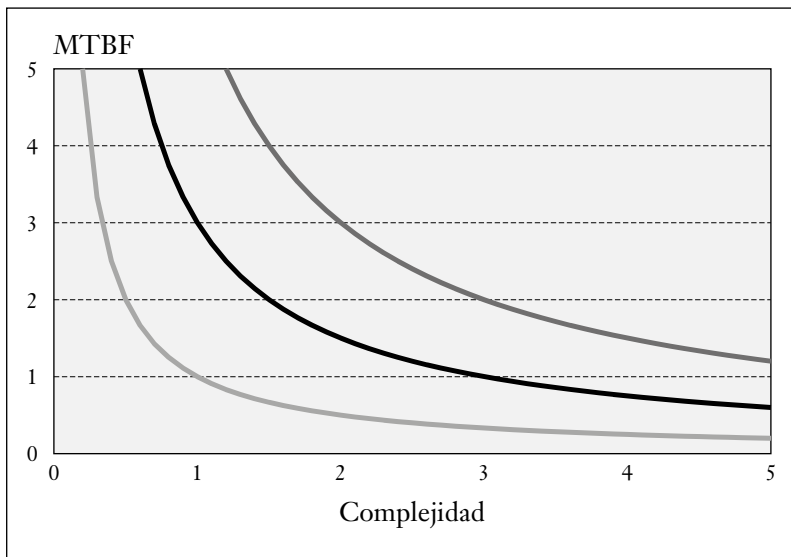


Figura 7.

Al igual que Dédalo, el ingeniero sigue hoy diseñando y construyendo artefactos que ayuden al hombre a superar el laberinto de la realidad. Y en esta tarea está logrando avances espectaculares que transforman la sociedad y al propio hombre. Pero, si la moneda de la tecnología tiene en su anverso éxitos indudables, su reverso está preñado de fallos y errores. Y hoy estos fracasos no pueden ser sólo atribuidos a consideraciones sobre los materiales o a limitaciones cognoscitivas. Es la complejidad tecnológica la que acaba derritiendo la cera en las alas de los modernos Ícaros digitales.

Volvamos ahora a algunas preguntas planteadas a lo largo de este análisis. En definitiva, tampoco la Tecnología puede

darnos un conocimiento seguro, ni siquiera de tipo práctico. Nos encontramos, como decía Schopenhauer, en medio del mar embravecido en un barco con un sólo remo. ¿Qué actitud se ha de tomar? Y quizás más importante en nuestro ámbito, ¿qué actitud debe adoptar el ingeniero ante esta situación? En mi opinión, sin duda alguna, sólo una respuesta cabe: debe remar. Debe aprovechar su conocimiento tecnológico, limitado sí, pero todavía útil, y ponerlo al servicio de la sociedad. Pero esto sin ingenuidad, consciente de los límites de su saber-hacer, alerta ante los inevitables fracasos que surgirán en el camino y dispuesto a pagar el precio que ello pueda suponer, y nunca pensando que ha encontrado, de nuevo y una vez más, la solución definitiva.

He dicho.

PORTADA

ÍNDICE

ÍNDICE

Primer cuarteto	7
Segundo cuarteto	17
Primer terceto	31
Segundo terceto	37

PORTADA

Para ir a la página pulsar en la línea 