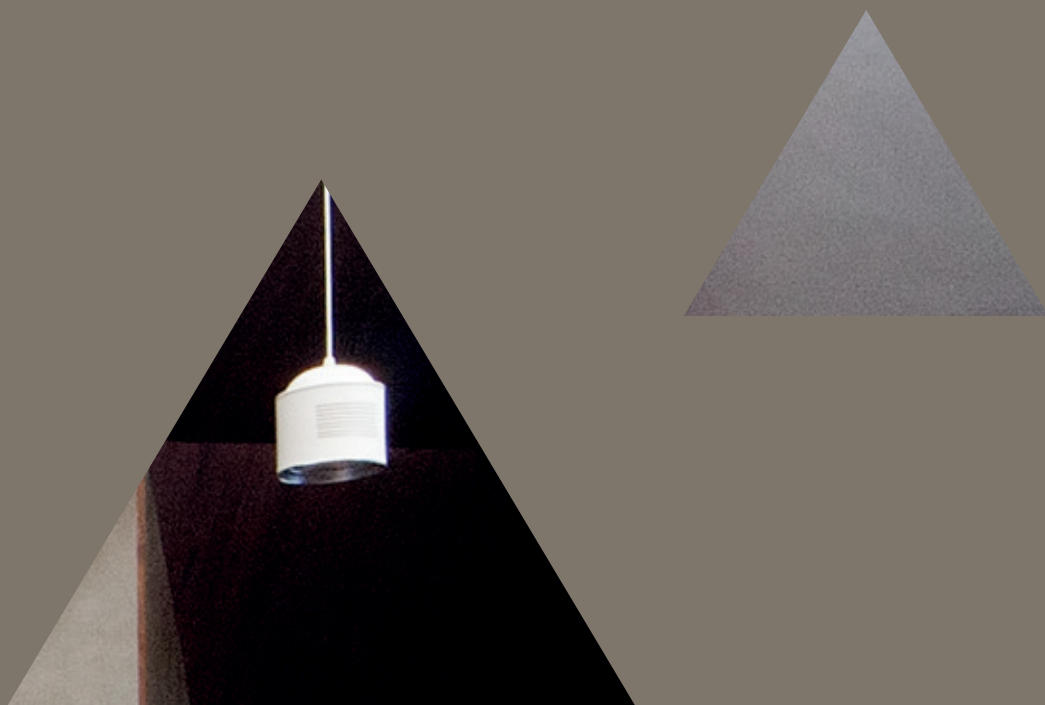


4/ Los comienzos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria

Enrique Castillo



**Los comienzos de la Escuela Técnica Superior
de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
de la Universidad de Cantabria**



CONSEJO EDITORIAL

Dña. Silvia Tamayo Haya
*Presidenta. Secretaria General,
Universidad de Cantabria*

D. Vitor Abrantes
*Facultad de Ingeniería,
Universidad de Oporto*

D. Ramón Agüero Calvo
*ETS de Ingenieros Industriales
y de Telecomunicación,
Universidad de Cantabria*

D. Miguel Ángel Bringas Gutiérrez
*Facultad de Ciencias Económicas
y Empresariales, Universidad de
Cantabria*

D. Diego Ferreño Blanco
*ETS de Ingenieros de Caminos, Canales
y Puertos, Universidad de Cantabria*

Dña. Aurora Garrido Martín
*Facultad de Filosofía y Letras,
Universidad de Cantabria*

D. José Manuel Goñi Pérez
*Modern Languages Department,
Aberystwyth University*

D. Carlos Marichal Salinas
*Centro de Estudios Históricos,
El Colegio de México*

D. Salvador Moncada
*Faculty of Biology, Medicine and
Health, The University of Manchester*

D. Agustín Oterino Durán
*Neurología (HUMV), investigador del
IDIVAL*

D. Luis Quindós Poncela
*Radiología y Medicina Física,
Universidad de Cantabria*

D. Marcelo Norberto Rougier
*Historia Económica y Social Argentina,
UBA y CONICET (IIEP)*

Dña. Claudia Sagastizábal
*IMPA (Instituto Nacional de
Matemática Pura e Aplicada)*

Dña. Belmar Gándara Sancho
*Directora Editorial,
Universidad de Cantabria*

Los comienzos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria

Enrique Castillo



Ediciones
Universidad
Cantabria

Castillo Ron, Enrique, autor

Los comienzos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria / Enrique Castillo. – Santander : Editorial de la Universidad de Cantabria, 2023

121 páginas : ilustraciones. – (Florilugio ; 90)(50UC : Universidad de Cantabria ; 4)

1. Universidad de Cantabria. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos-Historia.

378.6:624(460.13)(091)

THEMA: JNM, TNH, IDSE-ES-F

Esta edición es propiedad de la EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA; cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Diseño de colección y fotografía de cubierta: Editorial Universidad de Cantabria por Gema Rodrigo

© Enrique Castillo (UC)

© Editorial de la Universidad de Cantabria
Avda. de los Castros, 52. 39005 Santander
Tlfn. y Fax: 942 201 087
ISNI: 0000 0005 0686 0180
www.editorial.unican.es

DOI: <https://doi.org/10.22429/Euc2023.006>

Hecho en España - *Made in Spain*
Santander, 2023

SUMARIO

Introducción y motivación	11
Trabajo solicitado	11
Antecedentes y motivación ingenieril	12
Importancia de la obra pública	12
La docencia y la investigación en el área de la Ingeniería.	
Diferencias y semejanzas con el área de Ciencias	15
Estado de la docencia y la investigación al comienzo de los años 60	15
El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX	16
Comparación con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas	17
El Plan 64	21
Salidas al extranjero para formarse	22
El papel de la Universidad de Northwestern	23
Fundación de la Escuela de Santander	25
Creación de la Escuela	25
La visión de los primeros alumnos	26
Dedicación exclusiva del profesorado	29
Incorporación de los primeros profesores con dedicación exclusiva	29
Primeros doctores con doble titulación	30

Primeros directores de la Escuela y primeros profesores numerarios	33
Pedro Aguilar	33
Ricardo Quince	33
Alfredo Páez	35
Ángel Uriarte	36
Tomas de posesión de los primeros profesores numerarios de la Escuela	36
Los primeros años de la Ingeniería del Terreno en la Universidad de Cantabria	39
El comienzo	39
Primeros proyectos de investigación	41
Otros proyectos	43
Proyección exterior	44
El grupo de Cálculo de Estructuras, Física y Mecánica	45
El grupo de Cálculo de Estructuras	45
El grupo de Física y Mecánica	47
Urbanismo y Ordenación del Territorio	49
Líneas de trabajo	49
El Centro de Cálculo	51
Introducción	51
Fundación inicial y traslado a la Facultad de Ciencias	51
Convenio con Nuclenor	53
Firma del acuerdo con Nuclenor	53
Primer análisis probabilista de riesgos de una central nuclear en España	54

El ordenador CDC 180-830	55
Colaboración con la Universidad de Oviedo y la colaboración con Institutos europeos de investigación	57
Estancias en el Politécnico de Zürich	58
Estancias en el EMPA	59
Trabajos conjuntos con otros importantes centros dedicados a la fatiga de materiales	60
Informe sobre el accidente ferroviario de Eschede	62
La estancia de año sabático en la Universidad de Temple ...	67
Distribuciones bivariadas con condicionales normales	67
El trabajo conjunto con Barry Arnold y José María Sarabia	71
Contribución a la creación de otras Escuelas de Ingenieros de Caminos.....	75
Contribución a la Escuela de Ciudad Real	75
Enseñanza asistida por computador	77
Vídeos de YouTube	77
Enseñanza a nivel escolar	77
Hypercard y Supercard	79
Ecuaciones funcionales	83
Libros de ecuaciones funcionales	83
Acciones solidarias.....	85
Maestría en Informática y Computación en Sudamérica ..	85
Proyecto Socio-Cultural en el Centro Penitenciario	
El Dueso	86

Proyectos de desarrollo en Paraguay	88
Proyectos de desarrollo en África	91
Reparación del puente de los alemanes	91
Proyecto frustrado de presa	94
Mototaxis	97
Microcréditos para madres de familia	100
Consecuencias de la colaboración con Nuclenor	103
Seguridad de líneas ferroviarias	103
Seguridad de carreteras, autovías y autopistas	106
Nueva Ley de carreteras	107
Publicaciones y libros	111
Publicación de artículos y actas de congresos	111
Lista de libros completos	111
Reconocimientos exteriores	113
Reconocimientos a profesores de la Escuela	113
Presencia de titulados en el extranjero	114
Trabajo en equipo y agradecimientos finales	115
Referencias	119

INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

Quiero comenzar esta pequeña contribución a la celebración de los 50 años de la Universidad de Cantabria agradeciendo a su rector, Ángel Pazos, su invitación a escribirla. También agradecer al vicerrector Tomás Mantecón por la ayuda prestada.

Al tratarse de un trabajo muy delicado, quiero empezar pidiendo excusas por los errores que pueda cometer, pues los años no pasan en balde y la memoria falla.

TRABAJO SOLICITADO

El Rector me pidió que escribiera sobre lo que consideraba que fue especialmente relevante en la transformación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de esta universidad. Por ello, dejo fuera de este trabajo todos los aspectos administrativos e históricos, que ya han sido motivo de estudio en otras obras, como las realizadas por Jesús Fraile Mora Fraile (2011), sobre la de Madrid y la de Pedro Serrano Bravo Serrano (2017), sobre los 50 años de la Escuela de Santander. Además me indicó que estaba interesado en que describiera la primera etapa de la Escuela.

Por ello, me limitaré a esta etapa inicial y, especialmente, a lo que mejor conozco, es decir, a aquellas actividades en las que he participado personalmente, pues supongo que ya habrá otros autores que describirán mejor que yo las etapas muy brillantes que siguieron con la formación de grupos de investigación muy importantes, que supongo le corresponderá a otros describirlos.

Sin embargo, escribir muchos años después de algo ocurrido entonces, me permite comentar aspectos que solo es posible hacer desde esta perspectiva. Me refiero a las consecuencias que tuvieron esos años y que entonces eran impensables, pero que hoy se ve claramente la importancia de los antecedentes de aquellos años heroicos en los que pensábamos que casi nada estaba hecho. La perspectiva del tiempo nos hace ver hoy la importancia de hechos de entonces.

También pretendo añadir algunas anécdotas que den un poco de gracia a una simple descripción de sucesos y hechos que ayuden a ilustrar ideas de fondo de cierto interés.

ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN INGENIERIL

Este trabajo nace del orgullo por lo que significa la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y la de Obras Públicas. Las estructuras, los puentes, las carreteras, los ferrocarriles, las presas, los puertos, canales y otras obras hidráulicas, suponen un grandísimo servicio a la sociedad. Suponen cambios muy importantes de los que todos somos conscientes, pero que a veces la sociedad parece ignorar.

IMPORTANCIA DE LA OBRA PÚBLICA

Déjenme que, para ilustrar la importancia de lo que es y de lo que una obra pública supone, nos marchemos virtualmente, y solo por un momento, a Sudamérica y hablemos, como ejemplos, de la importancia social de los puentes y que considere los cuatro puentes, que existen hoy y que están situados cada uno a unos 400 km de otro, en la zona fronteriza del sur de Paraguay con Brasil y Argentina, y que he visitado varias veces.



Figura 1. Sur de Paraguay en la zona fronteriza con Brasil y Argentina mostrando los cuatro puentes situados a 400 km uno de otro.

Cuando uno vive en uno de los lados del río, tiene con frecuencia que viajar entre los tres países a destinos que, en línea recta, son próximos, pero que de no estar en lugares cercanos a estos puentes exigen largos desplazamientos, como muestra la figura 1. Como ejemplo, citaré el caso en el que varios profesores teníamos que trasladarnos desde Corrientes (Argentina) a Pilar (Paraguay) para impartir nuestras clases de la Maestría itinerante, que luego mencionaremos. La distancia era solo de 150 km en línea recta, pero al no poder disfrutar de puentes cercanos que facilitaran nuestro viaje nos exigían largos desplazamientos por carretera para alcanzar el puente cercano a Asunción y luego seguir por carretera hasta el destino, lo que suponía 800 km. La alternativa consistía en algo muy parecido, un desplazamiento hasta Posadas para atravesar el puente hasta Encarnación y

seguir por carretera hasta el destino, es decir, otros 800 km. Los que sufren estos problemas saben de la importancia de los puentes, que además dan vida a las dos ciudades de uno y otro lado, que normalmente unen. Por ello, cuando allí se inaugura un puente se celebra a lo grande y se organiza una gran fiesta, en la que participan muchos miles de personas que saben, aprecian y agradecen lo que ello significa. Desgraciadamente, los que tenemos muchos puentes hemos perdido esta sensibilidad para reconocer lo que tenemos y lo que la obra pública aporta.

Las Escuelas de Ingenieros están para enseñar cómo podemos servir a la sociedad y dotar a sus profesionales con la capacitación necesaria. Eso es para nosotros el principal motivo de satisfacción.

LA DOCENCIA Y LA INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA DE LA INGENIERÍA. DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS CON EL ÁREA DE CIENCIAS

Para analizar los cambios en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de Santander hay que entender antes lo que supone la existencia de un Centro Superior en Cantabria: un gran servicio a la sociedad cántabra y el comienzo de un camino hacia una Universidad.

ESTADO DE LA DOCENCIA Y LA INVESTIGACIÓN AL COMIENZO DE LOS AÑOS 60

Hay que comenzar analizando cómo era la situación de la docencia y la investigación en España al comienzo de los años 60.

Mientras que en el área de Ciencias, la labor de investigación se realizaba en forma de artículos y tesis doctorales, en el área de la Ingeniería el doctorado no existía.

Sin embargo, el hecho de que los estudios de Ciencias constaban de cinco cursos y en los de Ingeniería eran siete más un proyecto fin de carrera, llevó a considerar los dos cursos extras y al proyecto como equivalente a los cursos de doctorado más la tesis doctoral, de forma que a los ingenieros con proyectos destacados por su complejidad, nivel y dificultad, tras un acto público de defensa, se les concedía el título de doctor.

Más tarde, a partir de los titulados del Plan de 1957, ya se exigía una tesis doctoral. Finalmente, cuando terminan sus estudios los ingenieros de Plan 64 se inicia ya el paso definitivo en el que convergen científicos e ingenieros en la forma de organizar los doctorados y las tesis doctorales.

Es importante señalar que los ingenieros desarrollan su profesión, en la mayoría de los casos, mediante su trabajo en forma de proyectos, cosa que también ocurría con algunas ramas científicas, como la Medicina, en la que los médicos, también en su mayoría, trabajaban en hospitales, consultas, etc., aunque ambos tenían al tiempo sus actividades investigadoras.

EL CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS CEDEX

Hay que señalar que en aquellos años, los ingenieros investigaban en centros especializados, además de la labor que ya realizaban a diario, aunque de forma no muy explícita, en sus proyectos de ingeniería, al tener que resolver muchos problemas difíciles incorporando soluciones muy novedosas y originales de gran valor. En el caso nuestro, el papel del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) fue muy importante incorporando centros de investigación de gran calidad.

El CEDEX nació como organismo autónomo por Decreto de 23 de agosto de 1957, en el que los entonces existentes Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción, el de Transporte, el de Puertos y el de Hidráulica, en los que se realizaban estudios e investigaciones de mucha altura, quedaban coordinados bajo la directa

dependencia del entonces Ministerio de Obras Públicas, bajo el nombre de CEDEX.

Una excepción la constituía el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, que nació de un grupo de ingenieros con la intención de honrar a Eduardo Torroja, pero que, tras unos años, acabó finalmente formando parte del CSIC.

COMPARACIÓN CON EL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Por tanto, mientras que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas se organiza mediante Institutos, Centros y Unidades, como indica su página web: «El CEDEX está compuesto por una serie de unidades técnicas especializadas, denominadas Centros y Laboratorios, que proporcionan asistencia técnica de alto nivel, investigación aplicada y desarrollo tecnológico en el marco de la ingeniería civil: puertos y costas, hidráulica de aguas continentales, carreteras, estructuras y materiales, geotecnia, técnicas aplicadas a la ingeniería civil y el medio ambiente, y estudios históricos de las obras públicas». Mientras que el CSIC incluye a todas las Ciencias, el CEDEX se especializa en las Obras Públicas, o, si se quiere, en la Ingeniería Civil.

La organización actual de este centro, que se muestra en la figura 2, muestra su composición actual, en la que pueden identificarse los cambios de denominación y los nuevos centros y laboratorios.

Algunos de estos Centros tuvieron su origen en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, como el Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), que tiene su origen en el Laboratorio de Puertos de la Escuela, o el Centro de Estudios del Transporte (CET) y



Figura 2. Organización actual del CEDEX.

el Laboratorio de Geotecnia, que nacen en 1944, del laboratorio anejo a la cátedra de Caminos de la Escuela Especial, en el que se impartían las clases prácticas de las cátedras de Caminos, la de Geotecnia y Cimientos y la de la de Puentes de Fábrica.

A partir de los años 60, el nuevo laboratorio experimentó sucesivas obras de acondicionamiento, ampliación y mejora de sus instalaciones y, en 1979, pasó a denominarse Laboratorio de Carreteras y Geotecnia «José Luis Escario», en honor a su fundador.

Una prueba de que los proyectos incluían investigación importante es el caso de los puentes. Hace no muchos años, cuando una carretera atravesaba un río, lo hacía perpendicularmente a él, para luego recuperar la dirección de partida. A las razones de economía, por reducir la longitud necesaria del puente, hay también que añadir las dificultades del cálculo de los puentes esviados, que no se sabía muy bien cómo hacerla. Carlos Fernández Casado fue uno de los primeros que construyó muchos de estos puentes, empezando en los de la carretera de La Coruña.

Hay que señalar también que muchos de los investigadores del CEDEX eran profesores de la ETSICCP de Madrid, por lo que en realidad estos centros de investigación jugaban el papel de laboratorios que años más tarde se duplicarían en las mismas escuelas.

Sin duda alguna, el profesor que más se implicó en este nuevo doctorado fue José Antonio Jiménez Salas, alrededor del cual nos formamos varios de cuantos nos integramos luego en la Universidad de Santander. También tuvo un papel importante Manuel Elices Calafat en el área de materiales.

EL PLAN 64

Es de destacar que el plan 64 comienza en el curso 1964-65 con su primer curso, que es común a todas las ingenierías y también a las carreras de ciencias, y equivalente e idéntico al selectivo anterior. Sin embargo, el curso 1965-66 ya fue diferente en las diferentes escuelas de ingeniería. Este hecho es relevante, pues en dicho curso se produce un filtrado muy fuerte que selecciona alumnos capaces de superar altos niveles de exigencia. Por ejemplo, en la ETSICCP de Madrid, de 1.000 alumnos matriculados aprobaron en junio todas las asignaturas solo tres, que se completaron con otros 39 en la convocatoria de septiembre. Al ser grupos reducidos y de alta calidad académica, los mejores profesores se sintieron atraídos a impartir las clases. Hay que recordar que en esa época había muchos alumnos matriculados en las escuelas de ingeniería y, en general, existían varios grupos por curso con diferentes profesores, lo que implicaba que los mejores profesores no podían explicar en todos los grupos, pero que muchos de ellos eligieron este grupo reducido. Todo ello condujo a una mejor calidad de la enseñanza de estos alumnos y a un progreso continuado con el paso de los cursos, que no solo no mostró pérdidas de alumnos, sino que aumentó el tamaño de dicho grupo, ya que algunos recuperaron en el camino, por lo que al final terminaron 45 alumnos en la primera promoción del año 1969, lo que favoreció el arranque de los nuevos doctorados al aumentar los posibles candidatos.

Hay que recordar también que en esa época había algunos alumnos de cuarto y quinto de carrera que trabajaban medio día, a tiempo

parcial, en oficinas de proyectos de algunos profesores, como era el caso de la del Catedrático de estructuras, Florencio del Pozo, que proyectaba muchos puentes, o la de Intecsa, que era filial de la empresa Dragados y Construcciones, en la que se trataba de trabajos más variados. Esa fue una época muy importante para la ingeniería Civil durante la cual se proyectaron y construyeron los puentes de las autopistas de Madrid a La Coruña, de las autopistas catalanas, valencianas, del País Vasco, etc.

Aunque, como se ha indicado, se convalidaban los cursos de doctorado a los de los planes anteriores, motivo por el cual había pocas incorporaciones de éstos a las tesis doctorales, ya que muchos de los ingenieros anteriores al Plan 57 recurrieron a la vía del proyecto fin de carrera. Por tanto, la inmensa mayoría de los nuevos alumnos del doctorado eran del Plan 64, precisamente los que acababan de terminar sus estudios. Es aquí también donde aparece un gran interés por varios profesores por captar a estos alumnos para el doctorado, con sus cursos y correspondientes tesis doctorales.

SALIDAS AL EXTRANJERO PARA FORMARSE

El interés y la visión de futuro de los profesores de la Escuela de Madrid por mandar a los alumnos a centros extranjeros a formarse posibilitó que una larga lista de ellos se doctoraran en el extranjero. La relevancia de este hecho la comprobamos ya desde sus inicios, pero hoy, tras la perspectiva de los años, somos conscientes de que jugó un importante papel en la formación de todos los que tuvimos esa suerte de acceder a esta posibilidad, que cambió nuestras vidas.

EL PAPEL DE LA UNIVERSIDAD DE NORTHWESTERN

Los papeles desarrollados por los ingenieros del Plan 57 en las Universidades norteamericanas, como Manuel Rechea, Enrique De Miguel, Antonio Santos, Manuel Melis y José Luis Monte, con su alta preparación en asignaturas de matemáticas, llevó a dos profesores, Raymond Krizek, de la Universidad de Northwestern, y Gabor Karadi, de la Universidad de Madison en Milwaukee, a atraer a alumnos de la ETSICCP de Madrid a estudios de postgrado en dichas universidades.

De hecho, la buena impresión de una mezcla de conocimientos y madurez de sus graduados y el buen desempeño allí en los estudios de máster de estos alumnos, llevó a que Enrique Castillo pudiera ser el primer graduado de esa Escuela que no tuviera que realizar los estudios de máster para cursar directamente los de doctorado, privilegio que, a partir de entonces, disfrutarían el resto de graduados, ventaja que los graduados de los restantes países no tenían.

Esto nos permite valorar muy positivamente esa etapa de estudios de siete años de las escuelas de ingenieros, que fue clave en que todo lo anterior fuera posible.

FUNDACIÓN DE LA ESCUELA DE SANTANDER

CREACIÓN DE LA ESCUELA

La ETSICCP de Santander, fue inicialmente dependiente de la Universidad de Valladolid. Se creó, junto con las de Agrónomos de Córdoba, Industriales de Sevilla y varias de Peritos el 12 de diciembre de 1963 (BOE del 2/11/64), aunque hasta octubre de 1966 no se iniciaron las clases, gracias al esfuerzo del comisario director, Antonio Ruiz, que dirigió a un selecto grupo de ingenieros locales. Entre ellos estaban Ricardo Quince, Guillermo del Barrio, Juan Elorza, Agustín Gómez Obregón, Jaime Izquierdo, Juan José Lastra, Agustín Premanes, José Antonio Plaza, Manuel Labastida, Antonio Altadill y Modesto Jáuregui, entre otros. A ellos se añadieron más tarde, José Pablo Redondo, Javier Orbe y José Antonio Gurruchaga, entre otros. Antonio Ruiz fue sustituido, más tarde, por Pedro Aguilar, que fue su primer director. A todos ellos la ETSICCP de Santander les debe mucho por su heroico esfuerzo. Fue muy decisiva, también, la colaboración de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, que cedió sus locales. Todo ello estuvo coordinado por el Catedrático Juan Batanero, de la Escuela de Madrid, nombrado por el Ministerio de Educación Nacional.

Como referencia incluimos el dato de que la Facultad de Ciencias Físicas se creó en 1968 y la Universidad de Santander en 1972, cuyo 50º aniversario celebramos. El curso 1972-73, en su primer año, la Universidad de Santander impartía tres titulaciones superiores (Ingeniería de Caminos, Medicina y Ciencias Físicas) y cuatro de grado

medio (Estudios Empresariales, Ingeniería Técnica Industrial, Profesorado de EGB e Ingeniería Técnica Minera).

En 1985 la Universidad cambió de nombre y pasó a ser la Universidad de Cantabria.

LA VISIÓN DE LOS PRIMEROS ALUMNOS

En junio de 1971 finalizó la primera promoción de la Escuela de Caminos con 18 ingenieros titulados.

En junio de 1972 todavía había que hacer la primera matrícula universitaria en Valladolid, aunque poco después ya se hacía en Santander. En primer curso había tres grupos en tres clases diferentes, de unos 60 alumnos cada uno, con tres profesores diferentes en cada asignatura; los alumnos se sentaban por orden alfabético en las clases, aunque a medio curso ya se cambiaban algunos de sitio. Solo había una alumna en la Escuela. Aunque ya estaba finalizado el edificio de laboratorios de Caminos, las clases de todos los cursos se impartían en el edificio de la UIMP. Las diferencias entre la docencia de los profesores en una misma asignatura eran notables, por lo cual los cambios de grupo (sin permiso) eran lo habitual.

En 1975 comenzó la docencia en la segunda planta del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingenieros de Caminos. Con el número tan elevado de alumnos los exámenes se realizaban en el «búnker» que es la gran nave de la planta baja del edificio de laboratorios (de 100 × 20 m²). En la vigilancia de los exámenes solían colaborar los conserjes debido al gran número de alumnos y el reducido de profesores. En algunas asignaturas se examinaban más de 300 alumnos.

En la Escuela los dos primeros cursos eran selectivos, es decir, no pasaban de curso hasta completar el anterior. Normalmente no pasaban a segundo curso (podían formalizar la matrícula) hasta acabar el primero, aunque algunos asistían a clase de asignaturas de segundo cuando les quedaba una sola asignatura de primer curso.

En segundo curso era normal quedarse entre cuatro y siete años cursándolo, pues era selectivo, es decir, no se pasaba a tercero hasta haber aprobado las siete asignaturas de segundo. En primer curso había unos 150 alumnos, pero en segundo había unos 400 alumnos matriculados y el abandono de los estudios era muy alto. En tercer curso había unos 20 o 30 alumnos. Por tanto, al final de cada año académico, en segundo llegaban unos 60 alumnos nuevos, pasaban a tercero 20 alumnos y abandonaban la Escuela otros 40 alumnos.

A partir de 1975, con la incorporación de los nuevos profesores numerarios, casi todos procedentes de Madrid, se notó un importante mejoría en la calidad y dedicación del profesorado. En el año 1981 había en la Escuela 17 catedráticos y agregados numerarios.

Las promociones se formaban en tercer curso y pasaban juntos los tres años siguientes para finalizar todos juntos en quinto curso. Realmente en tercer curso ya se consideraban compañeros y sabían, casi seguro, que en otros dos años todos acabarían la carrera.

DEDICACIÓN EXCLUSIVA DEL PROFESORADO

En 1973 se produce un hecho muy importante y relevante. La ETSICCP de Santander, que dependía entonces de la Universidad de Valladolid, convocó, por primera vez, cuatro plazas para la dedicación exclusiva a la Universidad.

INCORPORACIÓN DE LOS PRIMEROS PROFESORES CON DEDICACIÓN EXCLUSIVA

A 1 de octubre de 1973 se incorporaron tres de los primeros ingenieros de caminos del Plan 64, César Sagaseta, Enrique Castillo y Juan Murcia, junto con Juan Ramón Ruiz Tolosa, un extraordinario profesor e Ingeniero Industrial, que residía en Santander, para ocupar esas plazas. Ello constituiría un hecho muy relevante y el comienzo de una nueva forma de dedicación a la enseñanza e investigación. No sobra recordar que las tres primeras personas venían ya marcadas por su formación y experiencia del Plan 64, del trabajo a tiempo parcial, como alumnos, y del nuevo enfoque del doctorado.

En este momento, la ETSICCP de Santander, se abastecía de profesores que residían en Cantabria y de otros, que venían de Madrid, Bilbao, Valladolid, etc., que impartían sus clases de forma intensiva en breves estancias semanales de un día. Como ejemplos notables, puede recordarse a Julio Martínez Calzón, Alcibíades Serrano, Miguel Ángel Hacar, Carlos Kraemer, Rafael Izquierdo, José Manuel García y Díaz de Villegas, Juan Ramón Ruiz Tolosa y Rafael López. A partir de este momento se pensó en profesores que residieran en el mismo Santander.

No se debe dejar pasar el importante papel que jugaron estos profesores, dedicados en cuerpo y alma a la Escuela de Santander, desde sus orígenes. Conviene recordar que la Escuela de Santander fue la segunda de Ingenieros de Caminos en España y que tuvo que competir con Barcelona y Zaragoza, siendo Francisco Franco el que decidió dónde ubicarla, lo que fue una sorpresa agradable para los cántabros. El esfuerzo que todo esto supuso fue muy grande, incluyendo incluso esfuerzos económicos de alguno de ellos, como Ezequiel Bengoa, que llegó a adelantar el dinero para pagar una nómina que no llegaba a tiempo.

PRIMEROS DOCTORES CON DOBLE TITULACIÓN

La formación matemática y física en las Escuelas de ingenieros era muy buena, pues ambas disciplinas eran muy necesarias para desarrollar el ejercicio de la profesión y la investigación que surgía de esa práctica profesional, de los problemas encontrados y de la necesidad y actitud positiva que existía en resolverlos. De una forma especial esto era un signo distintivo en la ETSICCP de Madrid. Hacemos notar por ejemplo, que a la Real Academia de Ciencias habían pertenecido ingenieros de Caminos muy distinguidos, que incluso presidieron la institución, tales como Echegaray (1832-1916), Amós Salvador Rodríguez (1845-1922), Leonardo Torres Quevedo (1852-1936) y Alfonso Peña Boeuf (1988-1976).

Desde el primer momento en que adquirí la responsabilidad de dirigir el Departamento de Matemática Aplicada, sentí la necesidad de combinar los conocimientos teóricos con los aplicados, que van íntimamente ligados y no eran comprendidos, ni son todavía equiparados con los teóricos. Como la formación de los profesores con los que

contaba era entonces ingenieril, conocían bien las aplicaciones de las matemáticas e incluso teníamos una formación en algunas ramas que no formaban parte de los estudios de matemáticas en las Facultades de matemáticas, como era, por ejemplo, el caso del cálculo de variaciones, que se impartía ya en la ETSICCP de Madrid desde los tiempos de Echegaray, gran defensor de este área de conocimiento bellísima. Sin embargo, consideramos que era muy conveniente mejorar nuestros conocimientos teóricos, motivo por el cuál me matriculé en la Universidad Complutense de Madrid, en la especialidad de Estadística, y cursé, con gran esfuerzo, los estudios desde Santander, a fuerza de viajar por las noches en coche litera y estudiando los apuntes que me dejaban algunos compañeros y compañeras, pues los libros de texto de las asignaturas eran escasos. Como tenía aprobado el primer curso, que era común a ciencias e ingenierías y conocido como «Selectivo», y, además, había cursado asignaturas de Matemáticas y Física en Caminos, me convalidaron diez asignaturas, equivalentes a dos cursos, por lo que solo tuve que hacer tres más. En el curso 1973-74 aprobé todas ellas y conseguí mi título en Matemáticas.

Esta idea traté de trasmitirla a mis discípulos de las primeras tesis doctorales, pues muchos de ellos se quedaron en la Escuela como profesores. Al principio tuve éxito, pues tres de ellos, Jaime Puig-Pey, Alberto Luceño y Eduardo Mora, se apuntaron a la UNED y terminaron la carrera, con lo que en nuestro departamento teníamos nada menos que cuatro profesores con las dos titulaciones, lo que considero todo un hito y un muy buen precedente. No cabe duda que la dedicación exclusiva facilitó e hizo posible este hecho.

PRIMEROS DIRECTORES DE LA ESCUELA Y PRIMEROS PROFESORES NUMERARIOS

PEDRO AGUILAR

Los primeros directores tuvieron un papel difícil y muy relevante, por lo que es de justicia recordarlos aquí, destacando que colaboraron, con sentido de estado y por el bien de las comunidades cántabra y española a que el proceso de renovación del profesorado se produjera de forma suave, rápida y sin ningún tipo de egoísmo. Como ejemplo muy destacado cabe mencionar que Pedro Aguilar, renunció a sus intereses personales para facilitar la llegada de un profesor de gran prestigio, como era Miguel Ángel Losada.

RICARDO QUINCE

Tras Pedro Aguilar ocupó la dirección de la Escuela Ricardo Quince (1974-78). En esos años la responsabilidad académica de la Topografía y del dibujo técnico estaban asignadas a los profesores Manuel Labastida Villar y Ricardo Quince Salas. Este último, fue referente nacional por sus publicaciones docentes y fue modelo para alumnos y jóvenes profesores por sus impecables clases. La ley de incompatibilidades del personal al servicio de las administraciones públicas del año 1984 truncó materialmente su actividad académica, lo que sin duda decapitó la cátedra que cubría justo en el momento previo a su transformación en departamento universitario.

Así, las áreas de «Topografía y Dibujo» comenzaron su andadura bajo la LRU con un personal permanente jovencísimo. Ninguno en Caminos llegaba a los cuarenta años. El día a día y los resultados demuestran que ello no afectó al ejercicio de la docencia, gracias probablemente al talento y dedicación de estos jóvenes profesores permanentes, que supieron seguir y quizá incluso mejorar la estela de sus antecesores.

Otro aspecto, más complejo, fue el de la investigación, porque ambas disciplinas (ya entonces, más propiamente, áreas de conocimiento) siempre tuvieron una más que acentuada orientación profesional, esfera en la que por cierto su conexión con la actividad industrial siempre se produjo con una naturalidad encomiable. En estas áreas, el desarrollo de la actividad investigadora estaba asociada a los profesores Rafael Ferrer Torío y César Otero González.

El profesor Rafael Ferrer creó el Grupo de Investigación de Ingeniería Cartográfica; su entusiasmo, iniciativa y desbordante capacidad de trabajo hicieron posible reunir un equipo de jóvenes investigadores con brillantes expedientes académicos. Supo y fue capaz el profesor Ferrer de transformar la concepción misma de la Topografía como disciplina académica; supo y fue capaz de captar talento y recursos que permitieron desarrollar unas líneas de investigación cuyos continuadores han sabido mantener vigentes hasta el día de hoy, dentro y fuera de la Escuela de Caminos.

El profesor César Otero, diez años más joven, creó precozmente el grupo de investigación EGICAD, centrado en la ciencia y tecnología asociada con los usos y métodos gráficos en la Ingeniería. La apertura de líneas de investigación y el propio ejercicio de ésta no fueron sencillos. La firme determinación y la constancia del profesor Otero hicieron posible consolidar un grupo que con el tiempo se acreditaría

bajo todos los estándares académicos, que tiene una reconocida solvencia a nivel nacional en su ámbito y cuyas publicaciones compiten exitosamente en revistas del más alto nivel científico internacional.

ALFREDO PÁEZ

A Ricardo Quince le sucedió Alfredo Páez, que tenía un gran prestigio y experiencia en estructuras complejas y en el área de hormigón armado y pretensado y que incluso publicó un trabajo sobre barcos de hormigón. Trabajó en el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento colaborando con Eduardo Torroja, para pasar, a principios de los sesenta, a trabajar en la empresa Hidrocivil. Tras pasar por Venezuela, volvió a España y proyectó algunos puentes de la Autopista del Mediterráneo. Alfredo Páez fue un referente mundial con muy reconocido prestigio en Europa.

La sensibilidad de Alfredo Páez hacia la cultura le llevó a encargarse del Vicerrectorado de Extensión Universitaria. En el periodo en que se encargó de estas labores se sentaron las bases para las primeras aulas de extensión universitaria (Música y Oratoria). A los primeros conciertos de música clásica en las aulas, apoyados por la curiosidad del profesor Antonio Montalvo de la Facultad de Medicina, se siguieron las representaciones de un teatro universitario que ya ensayaba en el Salón de Actos de Medicina y estaba compuesto principalmente por estudiantes de Filosofía y Letras y Medicina. La Comisión de Actividades Culturales de Estudiantes de Filosofía y Letras impulsaba esta labor. El coordinador de esa comisión estudiantil, Tomás Mantecón, servía de puente entre los proyectos de los estudiantes y la inquietud del Vicerrector Páez para desarrollar algunas de estas iniciativas. Los primeros focos que se utilizaron en el escenario teatral de Medicina

se compraron en este periodo. El grupo llegó a representar *El Tartufo* de Molière al final del curso 1982-83. Estas fueron el germen de las posteriores actividades del aula de Teatro una vez que ésta se conformó poco más tarde en torno a Isaac Cuende. Dentro del periodo de gestión de Páez, se abrieron las conversaciones para la apertura de un aula de Teología, germen de la actual de Pensamiento y Religión.

ÁNGEL URIARTE

Durante la etapa de Ricardo Quince se cubrieron las primeras plazas de Profesores Adjuntos, y varias de Catedráticos, así como se arrancó el Plan 75, que continuaron sus sucesores, Alfredo Páez y Ángel Uriarte a los que este proceso les exigió un gran esfuerzo y dedicación. Este último fue decisivo para la creación de la Fundación Leonardo Torres Quevedo en 1982, que tanta importancia tuvo en el apoyo a la investigación en la Escuela, y de la que fue su primer director. A él le siguieron Miguel Ángel Serna, Miguel Ángel Losada, César Sagasetta, Federico Gutiérrez Solana y Sergio Cicero.

TOMAS DE POSESIÓN DE LOS PRIMEROS PROFESORES NUMERARIOS DE LA ESCUELA

En 1975 tomaron posesión como profesores adjuntos (ver detalles en Serrano, 2017), seis de los profesores locales: Ricardo Quince, Manuel Labastida, Rafael López, José Manuel García y Díaz de Villegas, José Pablo Redondo y Juan Ramón Ruiz Tolosa, y dos de la Escuela de Madrid, Avelino Samartín y Francisco González de Posada, que posteriormente fueron Catedráticos de la Escuela de Santander. Todas ellas fueron muy importantes para nuestra Escuela.

En 1975 tomó posesión de su cátedra Guillermo Gómez Laá, como primer Catedrático de la Escuela de Santander, en 1976 lo hacen Avelino Samartín y Juan José Arenas y en 1977, Francisco González de Posada y Enrique Castillo, y en 1978, Rafael Izquierdo, Manuel Romana, José Ramón Atienza, José Félix Liria, Jesús Fraile Carlos Kraemer y José Calavera (ver detalles en Serrano, 2017).

En este periodo tomaron posesión de tres Agregadurías, Jaime Puig-Pey, Joaquín Cruces y José María Ureña.

En 1981 César Sagaseta toma posesión como Catedrático en la Universidad de Cantabria tras haberlo sido en la Universidad Politécnica de Cataluña, desde 1980.

Hasta 1982 tomaron también posesión seis profesores Adjuntos numerarios: Guillermo Barrio, Manuel Labastida, Francisco Balles-ter, Agustín Gómez Obregón, Félix Pérez Jiménez y Miguel Ángel Pesquera, con lo que se consolidó el plantel de profesores numerarios.

LOS PRIMEROS AÑOS DE LA INGENIERÍA DEL TERRENO EN LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

EL COMIENZO

La Ingeniería del Terreno se inició en la Escuela en 1966. Durante algunos años, las asignaturas de especialidad se encomendaron a profesionales destacados, que acudían semanalmente a impartir las clases correspondientes. Para la Ingeniería del Terreno, se consultó al Prof. J. A. Jiménez Salas, Catedrático en la Escuela de Madrid (entonces la única Escuela existente en España), quien sugirió al Prof. Alcibíades Serrano, ingeniero del Centro que hoy forma el CEDEX. El Prof. Serrano, además de impartir las clases, se preocupó de equipar el laboratorio de Geotecnia, con los instrumentos y máquinas para la docencia y posibilitar el futuro desarrollo de trabajos de investigación.

Tras el llamamiento a escala nacional para atraer profesores especialistas en las diferentes ramas, con título de Doctor, para ocupar interinamente cuatro plazas de Profesor Agregado, ya comentado en el apartado «Incorporación de los primeros profesores con dedicación exclusiva», los posibles candidatos eran en su mayoría jóvenes y, además, procedentes de la Escuela de Madrid. De los cuatro candidatos, para Geotecnia y Cimientos se presentó César Sagaseta.

Las respectivas tesis doctorales que habíamos realizado obedecían a financiaciones derivadas de obras y problemas concretos. En

Ingeniería del Terreno, la tesis doctoral de C. Sagaseta tenía su origen en un encargo del Ministerio de Obras Públicas, que iba a ampliar la red del Metro de Madrid, estando interesado en un estudio profundo del estado del problema en el mundo, y el desarrollo de métodos de cálculo adaptados a los métodos constructivos habituales y a las características específicas del terreno de Madrid. Para ello, estaban dispuestos a encargar al CEDEX el estudio del problema, incluyendo la posible instrumentación de secciones de estudio, con medición de tensiones y deformaciones en los túneles y el terreno.

Como resultado, además de los correspondientes al estudio del problema en cuestión, se desarrolló el primer programa en España de cálculo estructural de medios continuos mediante Elementos Finitos (Cañizo, Sagaseta y Castillo 1971), adaptado a las características específicas de los suelos, que incluía, por primera vez, los modelos de la Plasticidad y los procesos constructivos, y que se utilizó en el cálculo de muchas presas de diferentes tipologías. Sin embargo, el mayor mérito correspondió a los dos primeros coautores, ya que yo me dediqué a otros temas y ellos siguieron mucho más tiempo y esfuerzo con su desarrollo. Hay que señalar que, por sus características, el programa que desarrollaron fue pionero en el mundo y resultó muy bien valorado por los ingenieros que lo aplicaron a la práctica profesional.

Dentro del mismo grupo en el CEDEX, en la tesis doctoral del E. Castillo jugó un papel similar el proyecto del nuevo dique seco de Matagorda, en la bahía de Cádiz, que iba a ser el mayor recinto apantallado construido en España (y uno de los mayores del mundo).

PRIMEROS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Con las bases anteriores los primeros años fueron duros. Para todos era la primera vez en enfrentarse a la docencia total de una disciplina, preparando además las tareas de investigación, instaurando los cursos de doctorado y tratando de fomentar entre los alumnos la posible incorporación futura a los incipientes grupos.

Durante el primer año se empezó a oír hablar de una nueva estructura de organización de la investigación: la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Técnica (CAICYT). De hecho, nos visitó un alto cargo del Ministerio que estaba recorriendo las distintas Universidades para explicar al profesorado la naturaleza y objetivos del nuevo organismo. Para nosotros, era la primera vez que oíamos hablar de «proyectos de investigación» como vía estructurada para conseguir la financiación. Tal como ya se ha indicado, en las ramas de ingeniería, la investigación se reducía al estudio de problemas asociados al proyecto y construcción de obras concretas, en casos de interés, que motivaran la financiación de estudios, en general al amparo de organismos especiales de la administración o de algunas (pocas) empresas, y siempre encaminados a resolver a corto plazo problemas concretos. El planteamiento de proyectos de investigación, tanto teórica como práctica, como tales, era algo nuevo. Por ello, las solicitudes de financiación de proyectos que se presentaron se basaban en la resolución de problemas en casos concretos, desarrollando para ello nuevos métodos o ideas, y tratando de generalizar las conclusiones obtenidas.

Así, por parte del área de Ingeniería del Terreno se presentó un proyecto sobre Problemas de cimentaciones y obras en los suelos blandos que rodean la bahía de Santander, trabajo extensible a otras zonas

similares. El estudio, con componentes teóricas y experimentales, tanto de laboratorio como *in situ*, dio lugar a varias tesis doctorales: Francisco Ballester (1977), José Ángel Sáinz Borda (1979), José Manuel Sánchez Alciturri (1981) y Rafael Arroyo (1982), incluyendo:

- Desarrollo de métodos de cálculo, con análisis por Elementos Finitos de problemas de carga sin drenaje y de consolidación, pioneros en su momento.
- Técnicas experimentales como el empleo de bases lubricadas en el ensayo triaxial, y el desarrollo de un equipo de piezocono *in situ*.
- Construcción de un terraplén experimental instrumentado a escala 1:1 que se llevó hasta rotura sin drenaje, en la Autovía Santander-Torrelavega, en el enlace situado en la margen izquierda del río Pas, sobre un depósito de suelos blandos de gran espesor que, tal como predecía el proyecto, ha tenido unos asentamientos superiores a dos metros, a lo largo de más de veinte años.
- Además de este proyecto, se presentó otro en asociación con el área de Ingeniería Marítima y Portuaria, para el estudio de sistemas de bloques de hormigón en estructuras de protección frente al oleaje, cuyo interés vino incrementado por varios casos, como el dique de protección de Punta Lucero, del nuevo puerto de Bilbao. La participación del grupo de Geotecnia en este proyecto llevaría más tarde a las tesis doctorales de J. Cañizal (1987) y M. Celemín (1987).

OTROS PROYECTOS

No es el objeto de estas líneas describir, ni siquiera enumerar, los proyectos posteriores desarrollados por el Grupo de Ingeniería del Terreno. Únicamente cabe citar otros, por su relación directa de los anteriores, por su amplitud o por su singularidad.

En primer lugar, el estudio de suelos blandos tuvo una continuación de tipo práctico en los trabajos de asesoría llevados a cabo con motivo del Plan Director de Saneamiento del Gran Bilbao (1982-85), con la construcción de colectores en ambos márgenes de la ría. Curiosamente, la necesidad de cuantificar las deformaciones del terreno arcilloso debidas a la hinca y posterior extracción de tablestacas llevó al desarrollo de un método de análisis (Sagaseta, 1987) y premiado con el muy prestigioso Telford Premium por el Institute of Civil Engineers británico, utilizado profusamente desde entonces como método de análisis de estos problemas.

Una extensión lateral del estudio de suelos blandos es el acometido en los años 90 sobre el análisis de la cimentación de terraplenes y estructuras sobre columnas de grava, incluyendo análisis teóricos y experimentales de laboratorio y de campo, con intervención de J. Castro, A. Cimentada, M. Miranda, Jorge Cañizal y Almudena da Costa, con las tesis doctorales de los tres primeros.

Por otra parte, la experiencia del estudio realizado con motivo de la ampliación del Metro de Madrid en la tesis doctoral de César Sagaseta tuvo una continuación con los trabajos en posteriores ampliaciones, con la tesis doctoral de C. González (2002).

Asimismo, debe citarse una amplia área sobre Ingeniería Ambiental, concretamente sobre el estudio de vertederos de residuos sólidos

urbanos, incluyendo los análisis de estabilidad, y la determinación de parámetros mecánicos (deformabilidad y resistencia) de los residuos en sí y de los elementos usuales en su disposición (láminas, drenes...). Ha dado lugar a las tesis doctorales de J. Palma (1995), A. Martínez-Bacas (2009), M. Montenegro y P. Lapeña (2017).

Por último, la Mecánica de Rocas está siendo objeto de una investigación de tipo fundamental, sobre el análisis de la rotura frágil de rocas y la influencia de la temperatura, con la tesis doctoral de J. Justo (2022), premiada con el accésit al Premio ANCI.

PROYECCIÓN EXTERIOR

Los estudios anteriores han atraído la atención de otros centros de investigación, nacionales e internacionales, siendo destacables la colaboración con la Universidad de Oxford (1983-86), con el Massachusetts Institute of Technology (MIT) (1992-93), Universidad de Graz (Austria) (1995-2000), y Universidad de Freiberg (Alemania).

EL GRUPO DE CÁLCULO DE ESTRUCTURAS, FÍSICA Y MECÁNICA

La Física y la Mecánica han sido siempre, junto con las Matemáticas, las señas de identidad de los ingenieros de Caminos, lo que ha sido reconocido en todos los ámbitos. Por eso dedicamos esta sección a estas especialidades.

EL GRUPO DE CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

En 1974 llegó a la Escuela Avelino Samartín, conocido ingeniero experto en cálculo de estructuras y puentes, para liderar el grupo de estructuras y tomó posesión de la Cátedra en 1976. En 1976 también tomó posesión como Catedrático Juan José Arenas, que era uno de los mejores proyectistas de puentes en España.

Estas dos incorporaciones fueron claves para que esta especialidad tuviera una gran relevancia en el futuro de la Escuela.

Precisamente, un trabajo de dos profesores, Avelino Samartín y Enrique Castillo, bajo la dirección del primero, junto con un alumno de doctorado de entonces, Víctor Jaria, consistió en dar un método de cálculo en una interesante publicación, en la Revista *Hormigón y Acero* en 1976, con título «Losa ortótropa circular» (Samartín *et al.* 1976), en el que se muestra cómo el conocimiento de las matemáticas juega un papel relevante en las ingenierías, para resolver el problema de los puentes curvos de forma analítica numérica.

Bajo la tutela de Avelino y de Juan José, el departamento creció, pero el primero marchó en 1988 a la Escuela de Madrid, aunque dejando una profunda huella y manteniendo bastantes contactos. Al departamento se fueron incorporando varios profesores tales como Marcos Pantaleón, José Ramón González de Cangas, Carlos Alonso Cobo, Arturo Santamaría, Julián Díaz del Valle y Javier Torres. Posteriormente lo harían otros, como Guillermo Capellán, que creció bajo la tutela de Juan José Arenas y que heredaría su empresa tras su fallecimiento.

Hay que señalar que la especialidad de estructuras siempre tuvo un gran peso en todas las escuelas y no fue menos en la nuestra.

Juan José fundó la empresa APIA XXI en la que se hicieron proyectos de gran relevancia internacional.

Posteriormente, Marcos Pantaleón, más joven que Avelino y Juan José, creó su propia empresa y se unió a APIA XXI, trabajando juntos durante varios años, tras los cuales, Marcos se quedó con APIA XXI y Juan José fundó una nueva empresa con el nombre: Arenas y Asociados.

Al fallecimiento de Juan José, Guillermo Capellán fue su sucesor en la gerencia de la empresa y continuó con una gran serie de éxitos internacionales.

La Universidad de Cantabria y la Escuela le han dedicado una cátedra con su nombre. La *laudatio* la pronunció Enrique Castiello en el que dedicó a algunas de sus obras unos pequeños versos (https://meteo.unican.es/temp/castie/CJJArenas_compressedFINAL.pdf), que también pueden verse en YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=e2vSP6rTljA>).

EL GRUPO DE FÍSICA Y MECÁNICA

Francisco González de Posada obtiene la Cátedra de Fundamentos Físicos de las Técnicas en 1977 y permanece con nosotros hasta 1987 con destino a la Escuela de Madrid.

Joaquín Cruces llegó el curso 1977-78 como catedrático interino de Fundamentos Físicos de las Técnicas y obtuvo la plaza de profesor agregado en Barcelona en 1978, pero se llegó al acuerdo con la Escuela de Barcelona para que siguiera en Santander hasta que se resolviera un concurso pendiente.

Además de Joaquín, del Dpto. de Ciencias Aplicadas a la Ingeniería formaban parte: el profesor Adjunto de Física, José Pablo Redondo Lagüera, Enrique Cantera, profesor encargado de curso en Mecánica y María Dolores Redondo Alvarado.

Poco después, se contrataron como profesores ayudantes a José María Varona Ruiz para Física, Jesús Prieto Fernández para Mecánica y Ángel Unzúe Pérez para Ampliación de Física.

Años después llegó Pedro Serrano al que Joaquín Cruces dirigió la tesis doctoral.

URBANISMO Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

José María Ureña, poco después de finalizar su Máster en Diseño Urbano y Planificación Regional en la Universidad de Edimburgo, a través de Joaquín Cruces, llegó a la Escuela de Santander, en el curso 1977-78 como Profesor Adjunto Interino, finalizando su tesis doctoral en 1978 y siendo nombrado profesor Agregado, centrándose en entender las consecuencias urbanísticas de las obras públicas, trabajando con equipos pluridisciplinares.

En el curso 1978-79 se hizo responsable de las materias de urbanismo que le cede Domingo Lastra, un reconocido arquitecto Santanderino, que había sido responsable hasta el momento del área de urbanismo.

LÍNEAS DE TRABAJO

Su trabajo en aquella época se desarrolló en tres líneas principales de Trabajo:

1. *Infraestructuras, Cambio Tecnológico, Reorganización productiva y organización espacial en Cantabria.* Incluye la tesis doctoral de Pedro Gómez Portilla sobre Ordenación Industrial del Territorio: comarca de Santander, su estancia en la Universidad de California, Berkeley con el estudio de las bases teóricas de la relación entre Infraestructuras, ciclos

económicos y procesos de reordenación espacial y el proyecto de investigación Cambio Tecnológico, reconversión industrial y organización espacial en Cantabria financiado por Caja Cantabria y desarrollado con un numeroso grupo de colaboradores (Rogelio Olavarri y otros). En esta etapa publicaron sus primeros trabajos en revistas JCR y capítulos en libros relevantes.

2. *Innovación docente*. El uso de Juegos de Simulación en la enseñanza del Urbanismo llegando a ser Miembro del Comité Ejecutivo de la International Simulation and Gaming Association, 1979-82 y publicando varios artículos y el capítulo «Reggis: gioco di produzione di un territorio differenziato in regioni» en el libro de Cecchini y F. Indovina (1989) *Simulazione*, Ed. Franco Agnelli. Además, como Subdirector del Plan de Estudios y de Ordenación Académica y Profesorado (siendo director el profesor Miguel Ángel Losada), entre 1982-86, se aprueba un innovador Plan de Estudios que diferencia la Escuela de Santander de las demás Escuelas de Caminos.
3. *Planeamiento*. También con un equipo multidisciplinar de profesores (Eduardo Ruiz de la Riva, José Ortega, Julio Pozuela y Carlos de la Hoz) conformaron el equipo redactor del Plan de Urbanismo de Torrelavega. Un Plan en el que fueron determinantes el rediseño y reubicación de las rondas (las actuales autopistas) para mejorar sustancialmente las posibilidades de aquella ciudad muy deteriorada. Un Plan del que se ha aprendido mucho para otros planes en Cantabria y al que se han hecho referencias en diversas publicaciones y cursos.

EL CENTRO DE CÁLCULO

INTRODUCCIÓN

La Escuela, sus profesores y sus alumnos se han caracterizado desde el comienzo por el uso de ordenadores, a lo que evidentemente invitaba la asignatura de cálculo numérico, en la que se enseñaba a programar en algún lenguaje. Hay que señalar que en la ETSICCP de Madrid, al comienzo del Plan 64, se enseñaba incluso código máquina, aunque el lenguaje principal era entonces el FORTRAN.

Las experiencias de los primeros profesores, venidos de Madrid, se basaban en el uso de grandes ordenadores, tales como UNIVAC, IBM, CDC, etc., por lo que el arranque en Santander no estuvo carente de dificultades. Hay que recordar que hubo que trabajar con un ordenador VANG y que durante algunos años, los trabajos de los alumnos viajaban a Madrid, al Ministerio de Obras Públicas, se ejecutaban allí y se devolvían por correo, por cierto con un servicio de Correos mucho más eficiente que el de ahora. De hecho, los mejores trabajos que se hicieron en la asignatura de cálculo numérico correspondieron a esos años. Una vez más, las dificultades sirvieron de estímulo para lograr los mejores resultados.

FUNDACIÓN INICIAL Y TRASLADO A LA FACULTAD DE CIENCIAS

Bajo la iniciativa de Enrique Castillo y Avelino Samartín, de la Escuela, y de Salvador Bracho, de la Facultad de Ciencias, nació en 1975, el centro de cálculo, que inicialmente se montó en locales de la Escuela.

Se instaló un ordenador Eclipse-230 de Data General, con el que se consiguió una mejora excelente. En 1984, la Universidad trasladó el Centro de Cálculo a la Facultad de Ciencias, que siguió dirigiendo Francisco del Campo, al que hay que agradecerle su magnífico trabajo y colaboración.

CONVENIO CON NUCLENOR

Un hito muy relevante para la Universidad y nuestra Escuela fue el acuerdo de colaboración con Nuclenor para realizar el análisis probabilista de riesgos de la Central Nuclear de Santa María de Garoña.

FIRMA DEL ACUERDO CON NUCLENOR

Cuando en 1982 sale elegido director Miguel Ángel Losada, tras la formación de un grupo de profesores que quieren producir un cambio de la forma de trabajar en la Escuela y con el apoyo, noble y entusiasta del grupo que lanzó la misma, se firma un contrato en el que Miguel Ángel Losada juega un importante papel. Nuclenor buscaba el apoyo universitario, en general, y el técnico, en particular, en la tecnología informática y en los análisis de riesgos que implicaban importantes análisis estadísticos y de probabilidad. Julio González, representando a Nuclenor, y Enrique Castillo, como representante de la Universidad de Cantabria y como director del Departamento de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación y especialista en estadística y teoría de extremos, dan comienzo a una larga etapa de colaboración, centrada fundamentalmente en este tema de seguridad nuclear.

Hay que señalar que las centrales nucleares hoy no podrían existir sin que hubieran existido estos análisis probabilistas de seguridad, que la garantizan. De no existir éstos, se habrían producido accidentes muy graves que hubieran llevado a su cierre.

PRIMER ANÁLISIS PROBABILISTA DE RIESGOS DE UNA CENTRAL NUCLEAR EN ESPAÑA

Se trataba además del primer análisis de este tipo que se realizaba en España en una central nuclear y que sirvió de modelo a las demás centrales nucleares españolas. Con frecuencia recibíamos la visita de expertos americanos, que nos ayudaban, orientaban y controlaban lo que aquí se hacía. Hay que señalar que por entonces en el tema nuclear sin tener la bendición, el asesoramiento, el control y su apoyo no hubiera sido posible esta tarea.

Es interesante decir que para estos estudios se utilizaban los llamados árboles de sucesos y los de fallos, que consistían en identificar todos los sucesos y todas las formas posibles de fallo de la central, tratando de no olvidarse de ninguna. Ello requería conocer lo que se había hecho en otras centrales en el mundo, pero también agudizar la imaginación y el ingenio para el caso particular de la de Garoña. De esta forma se analizaron miles de combinaciones y cadenas de sucesos y de fallos, y se evaluaron las frecuencias y las probabilidades de ocurrencia de cada una de ellas. Cuando se identificaban algunas que superaban los límites de riesgo tolerables o admisibles, había que proceder a su mitigación, mediante sistemas de seguridad que redujesen esas frecuencias o probabilidades a valores asumibles.

En particular, se trató de identificar todos los fallos humanos y, en su caso, ponerles remedio. La filosofía central de la seguridad en centrales nucleares, no admite que se atribuyan los fallos solo a errores humanos, exigiendo que haya al menos uno, pero en muchos casos más sistemas de protección que controlen las decisiones y acciones humanas y las corrijan, en su caso.

EL ORDENADOR CDC 180-830

Todo esto exigía realizar unos cálculos muy complejos, que no podían realizarse sin ordenadores muy potentes en aquellos años. Por ello, Nuclenor aportó al proyecto un ordenador CDC 180-830. Yo, que venía de realizar mi doctorado en la Universidad de Northwestern y que había usado los CDC 6400 y CDC 6600, en mis trabajos de investigación, consideraba esto una muy grata noticia, pues este ordenador estuvo al servicio de los alumnos de la Escuela durante varios años. Como anécdota curiosa, diremos que en las universidades estadounidenses se organizaban campeonatos de ajedrez, que los jugaban los ordenadores universitarios, que claramente superaban al hombre en su capacidad de analizar alternativas a la interminable lista de posibles jugadas.

COLABORACIÓN CON LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO Y LA COLABORACIÓN CON INSTITUTOS EUROPEOS DE INVESTIGACIÓN

También los problemas estadísticos dieron lugar a una serie de colaboraciones, que aún hoy continúan en el área de la fatiga de materiales. Una visita del Profesor Alfonso Fernández Canteli a nuestra Escuela, para entrevistarse con Enrique Castillo, el día 12 de noviembre de 1982, fecha que he reconocido ahora al escribir este ensayo, es decir, al llamarle para que me recordara el año de esta visita y, cuál no ha sido mi sorpresa, cuando me ha dicho que fue ese día, cuando retornaba a Gijón, a la vuelta de un viaje que había realizado a Bilbao y que conservaba el orden del día de la cita.

Su visita se debió a que buscaba respuesta a un problema estadístico que se le había presentado en su análisis del problema de fatiga de cables y tendones, lo que le llevó a esta entrevista, dónde encontró, no solo solución a su problema, sino el comienzo a una colaboración que todavía existe en la actualidad entre ambos. De hecho, una larga lista de tesis doctorales y artículos de investigación que preocuparon a alumnos de doctorado versan y nacieron de esta colaboración.

La Universidad de Oviedo me concedió el doctorado *honoris causa* como agradecimiento a esta colaboración.

ESTANCIAS EN EL POLITÉCNICO DE ZÜRICH

El profesor Fernández-Canteli había trabajado en la ETH, el Politécnico de Zürich, en el Campus de Honggerberg, durante varios años y tenía muy buenas relaciones de colaboración en temas de fatiga. Ello hizo que nos conectara con ese grupo, que nos financió varias estancias de una semana y, a veces de un mes, en dicho centro de investigación, sin apenas trabas burocráticas, lo que agradecíamos pues nos permitía concentrarnos en nuestro trabajo. Nos invitaba el Profesor Bruno Thürlimann, que fue uno de los pocos académicos extranjeros de la National Academy of Engineering (NAE) y con el que desarrollamos modelos de fatiga, una campaña experimental de alambres y tendones de pretensado y el estudio de la influencia de escala en tendones pretensados.

Como anécdota curiosa, pero que refleja la mentalidad suiza de aquella época, en el Politécnico había mesas de ping-pong y también, tres pianos, dos de cola y un colín, que utilizábamos de vez en cuando en nuestros escasos descansos. Hay que señalar que Alfonso tenía ya la carrera de piano y yo había cursado en Santander cuatro cursos de solfeo y hacía mis pinitos en piano. Esto habla de la mentalidad suiza con sus alumnos y profesores y de su preocupación por su estado psíquico y mental. También nos llamó la atención el hecho de que a cada investigador le daban una llave, que abría las puertas que cada uno tenía permitidas, como la puerta de entrada al Instituto, la del despacho, la de la biblioteca, las salas, etc. cuando aquí íbamos con el llavero que ocupaba un buen lugar en nuestro bolsillo.

ESTANCIAS EN EL EMPA

Los ensayos de fatiga los realizábamos en el EMPA, véase las figuras 3 y 4, que era y es uno de los mejores laboratorios europeos en problemas de fatiga de materiales. En aquel momento era el director del grupo de fatiga V. Esslinger con el que desarrollamos grandes campañas experimentales sobre fatiga, modelos de fatiga y evaluación de resultados, así como el desarrollo del programa de evaluación ProFatigue, que se usa en la actualidad para evaluación de ensayos de fatiga en muchos centros del mundo.



Figura 3. Campus del Politécnico de Zürich en la actualidad.



Figura 4. Instalaciones del EMPA en Dübendorf.

TRABAJOS CONJUNTOS CON OTROS IMPORTANTES CENTROS DEDICADOS A LA FATIGA DE MATERIALES

Como resultado de este trabajo y estancias surgieron varias publicaciones, siendo la estrella el trabajo de 1985 que publicamos los cuatro. En él, utilizamos las ecuaciones funcionales para definir nuestro modelo de fatiga basado solo en propiedades, con lo que eliminábamos la posible arbitrariedad de otros modelos.

Durante todos estos años hemos seguido colaborando y ampliando relaciones con el Politécnico y con otros muchos centros, tales como con el Prof. Jürg K. Kalthoff de la Ruhr-Universität Bochum, Alemania, desarrollando modelos de fractura considerando el carácter tensorial del factor de intensidad de tensiones y una campaña experimental en fractura de metales. Con el Prof. Bryan Harris de la Universidad de Bath, en el Reino Unido, colaboramos en una campaña experimental

de fatiga en materiales compuestos y evaluación de resultados. Con el Prof. Zdenek Knesl del Institut of Physics of Materials, Brno, Academy of Sciences of the Czech Republic, República Checa desarrollamos modelos de fractura y fatiga, así como una campaña experimental en metales y hormigón, extendida recientemente con Stanislav Seitl a la University of Technology of Brno.

También hemos colaborado con el Prof. Golta Khatibi del Christian Doppler Laboratory for Lifetime and Reliability of Interfaces in Complex Multi-Material Electronics, de la Technische Universität, Viena, Austria, en desarrollo de modelos y evaluación de resultados sobre la influencia de la frecuencia en ensayos de fatiga de componentes electrónicos de potencia, con el Prof. Abílio de Jesús y Dr. José Correia, de la Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, en el desarrollo de modelos de fractura y fatiga y en materiales viscoelásticos, así como en una campaña experimental en metales y polímeros, y con la Dra. Olivia Bluder Kai Kompetenzzentrum für Automobil- und Industrie-electronic GmbH, Villach, Austria, en una evaluación de resultados de fatiga en semiconductores, y con la Prof. Sabrina Vantadori de la University of Parma, Italia, en aplicaciones de modelos de fatiga y escala a materiales compuestos, y con el Prof. Brital Pyttel, de la Technische Universität Darmstadt, Alemania, en el desarrollo de modelos y evaluaciones de resultados de fatiga en la región de muy alto número de ciclos (VHCF).

Finalmente, con el Prof. Valery Shlyannikov del Scientific Research Center Kazan, Russian Academy of Sciences, Rusia, hemos desarrollado modelos sobre la influencia del efecto de escala en fractura y fatiga, y con Dr. Sergio Blasón, del Bundesnastalt, BAM, Berlín, Alemania, hemos colaborado en varios trabajos de evaluación de resultados de fatiga.

A nivel nacional, hemos tenido continuas colaboraciones con la Universidad de Mondragón en desarrollo de un modelo y evaluaciones de campañas experimentales de fractura y fatiga, con INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) en campañas experimentales y evaluación de fatiga en polímeros, con la Universidad de Sevilla y la Universidad de Castilla-La Mancha en desarrollo de modelos y evaluación de fractura y fatiga en hormigones, con la Universidad Rey Juan Carlos en evaluación de fatiga de polímeros.

Algunos años más tarde, establecimos contacto y colaboraciones con publicaciones relevantes con el Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics en Friburgo, donde trabaja una de nuestras doctorandas desde hace años.

Ni que decir tiene que estas experiencias en los centros más significativos del mundo, marcaron nuestro futuro y sirvieron para cambiar nuestra mentalidad de forma que pudiéramos formar mucho mejor a nuestros alumnos, dándoles la posibilidad de realizar estancias en estos centros, que aprovecharon varios de ellos, y que incluso están trabajando y recibiendo ofertas de trabajo en ellos.

INFORME SOBRE EL ACCIDENTE FERROVIARIO DE ESCHEDI

Una curiosidad interesante es que tras el accidente ferroviario ocurrido en Eschede (Alemania) en 1998, véase la figura 5, el más grave de todos los ocurridos, en el que fallecieron 100 personas y hubo 100 heridos graves, el informe independiente sobre el análisis del fallo de la rueda que lo produjo fue emitido por los prestigiosos investigadores Dr. V. Esslinger y Dr. R. Kieselbach, del EMPA, que es el laboratorio ya mencionado, en el que se analizó la rueda y la banda exterior que se desprendió y que a la larga, combinada con otros sucesos causaron el accidente.



Figura 5. Accidente ferroviario de Eschede.

Estos dos ingenieros, de gran prestigio son los coautores con Alfonso Fernández Canteli y Enrique Castillo en dos artículos conjuntos, uno publicado en los *IABSE Proceedings* en 1985 y otro en el *International Journal of Fatigue* en 2006, en los que se presenta por primera vez su modelo de fatiga y se discute la hipótesis de independencia para estudiar el efecto de la longitud, habiendo realizado sus experimentos en este laboratorio.

La relación entre estos autores con Alfonso es tan estrecha que el Dr. R. Kieselbach regaló a la Universidad de Oviedo, una máquina de 1 MN, bastante más grande que la mayor que entonces había en España, y allí sigue todavía hoy (véase en la figura 6 la máquina de 0.5MN). Todo ello permitió estancias financiadas por este laboratorio de un alumno y una alumna de las ETSICCP de Santander y Ciudad Real, que fueron también coautores en otros trabajos realizados con



Figura 6. Máquina de 0.5MN para ensayos de fatiga.

ellos. La tesis doctoral de la alumna fue codirigida por Alfonso Fernández Canteli y Enrique Castillo.

Por otra parte, el informe que se hizo de la rueda en Alemania se hizo en el Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics, donde trabaja actualmente la mencionada exalumna, con el que estos dos investigadores mantienen y comparten importantes trabajos conjuntos, sobre el problema de fatiga, con investigadores de dicho Instituto.

LA ESTANCIA DE AÑO SABÁTICO EN LA UNIVERSIDAD DE TEMPLE

De vital importancia fue mi estancia de año sabático en la Universidad de Temple. Inicialmente estaba destinada a escribir un libro conjunto sobre estadística de valores extremos con Janos Galambos, que era, probablemente, el mejor especialista en dicha especialidad. Sin embargo, un conflicto de intereses de la editorial de su libro de extremos con el nuevo libro evitó que pudiéramos concluir el trabajo, por lo que tuve que hacerlo en solitario.

DISTRIBUCIONES BIVARIADAS CON CONDICIONALES NORMALES

Sin embargo, sí pudimos escribir algunos artículos conjuntos durante mi estancia en Filadelfia y algunos en años posteriores. Como indico en mi trabajo (Castillo 2011), mi primer contacto con la especificación condicional de distribuciones tuvo lugar en la Universidad de Temple (Filadelfia) en 1985, cuando trabajaba con Janos Galambos. Un jueves me invitó a escribir un trabajo para presentarlo en una conferencia que comenzaría diez días después. Me dijo:

He sido invitado a dar una de las charlas principales en una Conferencia sobre distribuciones ponderadas en la Universidad Estatal de Pensilvania en Pittsburgh. Como voy a Pittsburgh en auto, puedes venir conmigo y puedes financiar tus gastos de hotel con un pequeño apoyo financiero que recibirás por la presentación de la ponencia.

Entonces, le pregunté a Janos «¿qué son las distribuciones ponderadas?», y bromeando me respondió: «No sé». Entonces, tenía diez días para escribir un artículo sobre un tema que no conocía.

Durante ese fin de semana decidí qué trabajo presentar y estuve trabajando muy duro para poder mostrarle algún trabajo a Janos el próximo lunes. Como sabía que todas las distribuciones condicionales de una normal bivariada eran normales, me pregunté sobre la posibilidad de que existieran otras distribuciones bivariadas con la misma propiedad. Afortunadamente, tenía algo de experiencia en ecuaciones funcionales, y pude resolver el problema produciendo el primer borrador, a partir del cual generamos el trabajo conjunto, que, en resumen, fue el siguiente.

Considérese una distribución bivariada absolutamente continua cuyas funciones de densidad marginales y condicionales, respectivamente, son $f_{(X,Y)}(x, y)$, $g(x)$, $h(y)$, $f_{X|Y}(x|y)$ y $f_{Y|X}(y, x)$.

Es evidente que

$$f_{(X,Y)}(x, y) = f_{X|Y}(x|y)h(y) = f_{Y|X}(y|x)g(x) \quad (1)$$

Si se supone además que las condicionales son normales, resulta

$$\frac{\exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{y-a(x)}{b(x)}\right]^2\right\}}{b(x)}g(x) = \frac{\exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-d(y)}{c(y)}\right]^2\right\}}{c(y)}h(y), \quad (2)$$

donde $b(x) > 0$, $c(y) > 0$ y $a(x)$ y $d(y)$ definen las líneas de regresión y $b(x)$ y $c(y)$ son las desviaciones típicas correspondientes. Resolviendo

esta ecuación funcional, en seis funciones incógnitas, y sustituyendo en (1), se tiene:

$$f_{(x,y)}(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{G}{2}\right\} \times \\ \times \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[2Hx + 2Ay + Jx^2 + Dy^2 + 2Bxy + 2Cx^2y + 2Exy^2 + Fx^2y^2\right]\right\},$$

donde, para que $f_{(x,y)}(x,y)$ sea una función de densidad, las constantes A, B, C, D, E, F, G, H y J deben cumplir las condiciones:

- (i) $F = E = C = 0, D > 0, J > 0, B^2 < DJ,$
- (ii) $F > 0, FD > E^2, JF > C^2.$

El Modelo (i) es el modelo normal usual, y el Modelo (ii) es nuevo y tiene las propiedades siguientes:

- Las líneas de regresión no son rectas.
- Las distribuciones marginales no son normales.
- La moda o las modas están en la intersección de las líneas de regresión.

El resultado sorprendente es que existe otra familia con condicionales normales. La figura 7 muestra tres ejemplos de distribuciones con condicionales normales, donde la figura superior corresponde al caso normal y las otras dos no son normales, siendo una unimodal y la otra un interesante ejemplo bimodal.

Estos resultados fueron publicados en esa conferencia.

Debo reconocer aquí la importancia de estar familiarizado con las ecuaciones funcionales y el importante papel que jugó el libro de Janos Aczél (1966) al hacer esto posible. No puedo entender cómo las ecuaciones funcionales, que son tan importantes y poderosas como las ecuaciones diferenciales no se estudian en cursos regulares a nivel de postgrado.

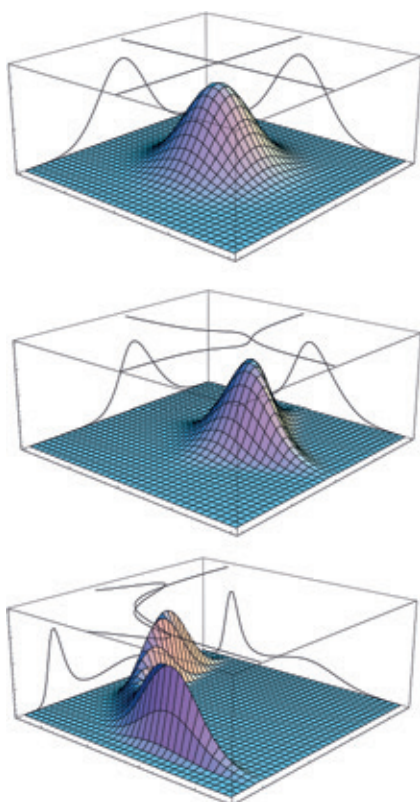


Figura 7. Ejemplos de distribuciones bivariadas con condicionales normales que muestran las densidades conjuntas, las marginales como proyecciones horizontales y las líneas de regresión en una proyección superior. La figura superior corresponde al caso normal. Las otras dos no son normales, una es unimodal y la otra es un interesante ejemplo de bimodal.

EL TRABAJO CONJUNTO CON BARRY ARNOLD Y JOSÉ MARÍA SARABIA

La participación en esta conferencia fue también el origen de nuestros largos y prolíficos años de colaboración con Barry Arnold y José María Sarabia sobre especificación condicional de distribuciones.

El profesor Barry Arnold de la Universidad de California (Riverside) participó también en esa conferencia y dos meses después le escribió a Janos para pedirle permiso para publicar un artículo inspirado en el nuestro pero que trataba sobre condicionales exponenciales en lugar de normales. Nuestros resultados también se publicaron en un congreso en El Cairo y una extensión para caracterizar las distribuciones normales en otro trabajo. Un poco más tarde resolvimos el problema de las condicionales de Weibull y las condicionales gamma.

Barry Arnold y sus colegas siguieron trabajando en esta metodología para definir funciones de distribución multivariadas. Ante esta situación, escribimos a Barry y le propusimos escribir un libro conjunto sobre especificación condicional de distribuciones, a lo que inmediatamente nos respondió encantado. Ello fue el comienzo de muchos años de trabajo conjunto con visitas constantes de Barry a la Universidad de Cantabria. El primer resultado fue la publicación de una monografía en la serie *Lecture Notes in Statistics*, Arnold *et al.* (1992), que se agotó rápidamente, por lo que nos decidimos a escribir un libro que apareció en Springer, Arnold *et al.* (1999) y que ha tenido una muy buena acogida. Las portadas de ambas publicaciones se muestran en la figura 8.

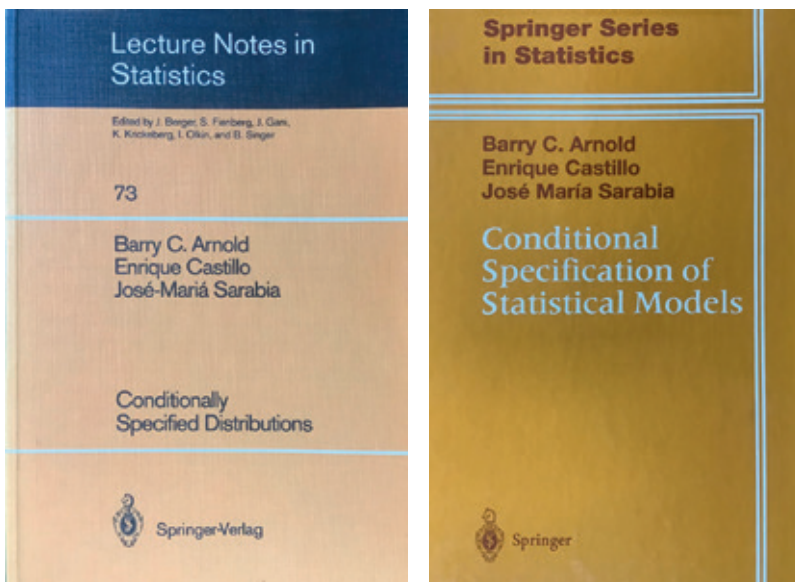


Figura 8. Portadas de la monografía y el libro de Springer.

El libro tiene una gran importancia en la actualidad, ya que han surgido métodos y herramientas muy potentes para especificar las distribuciones mediante sus marginales y condicionales de varios tipos. Sin embargo, el libro muestra los enormes riesgos de definir marginales y condicionales incompatibles, en el sentido de que las distribuciones conjuntas resultantes no son compatibles con las condiciones que las definen. En otras palabras, al obtener las marginales y condicionales a partir de los modelos obtenidos, no resultan las impuestas, debido, en no pocos casos, a la incompatibilidad de las condiciones impuestas.

Esto pone de manifiesto que las redes bayesianas son la forma óptima de definir las distribuciones conjuntas, pues si las marginales y condicionales dadas son verdaderas funciones de distribución, no se da nunca la incompatibilidad.

Es interesante recordar que si las variables aleatorias son independientes, la distribución conjunta de variables n -dimensionales se obtiene mediante el producto de las n distribuciones marginales y que, si son dependientes, hay que sustituir los n factores anteriores por las distribuciones de cada variable condicionada a sus padres. En cualquier caso, una ventaja muy importante es que esta forma de definir las utiliza solo información local y que hay muchas alternativas válidas de definición, ya que pueden ordenarse arbitrariamente las variables (madres e hijas), si bien unas pueden ser mucho más convenientes que otras.

CONTRIBUCIÓN A LA CREACIÓN DE OTRAS ESCUELAS DE INGENIEROS DE CAMINOS

La ETSICCP se ha caracterizado también por su colaboración con otras escuelas de ingeniería de Caminos o de Obras públicas españoles. Destacaremos aquí, como ejemplo, los casos de las de las Universidades de Castilla-La Mancha y Burgos.

CONTRIBUCIÓN A LA ESCUELA DE CIUDAD REAL

En el caso de Castilla-La Mancha, el profesor José María Ureña se desplazó como director comisario y como primer director de la misma a Ciudad Real durante varios años. Los dos primeros años de su arranque, también lo hizo, para ayudarlo, el profesor Enrique Castillo, que se encargó de montar las asignaturas de Matemáticas y Estadística y los cursos de doctorado en estos dos primeros años y que luego realizó estancias de un mes completo en la misma para iniciar todos los meses de septiembre durante los 23 años transcurridos, sin excepción, los cursos con los nuevos alumnos iniciándoles en el álgebra lineal con sus métodos inspirados en la ortogonalidad y la polaridad.

De los primeros profesores que han formado parte de su profesorado fijo, hubo muchos que procedían de la UC, tales como Ana Rivas, Carmen Castillo, Cristina Solares, Rosa Eva Pruneda, etc.

Otros profesores estuvieron unos años allí o participaron viajando desde Santander para ayudar en la docencia y en los trabajos de

investigación, como Ana Ruiz Terán, Roberto Mínguez, Fernando Escobedo, Luisa Pérez García y Arturo Santamaría, etc.

La UCLM agradeció el trabajo realizado concediéndome el doctorado *honoris causa* (<https://www.youtube.com/watch?v=NAy61x8zvG0>).

Análogamente, la Escuela de Burgos ha recibido una ayuda semejante, que no describo aquí por no haber participado de forma directa, dejando a sus protagonistas que nos lo cuenten.

Puede decirse claramente que estas Escuelas son hijas de la de Cantabria, de lo que deben sentirse orgullosas tanto la Escuela como nuestra Universidad, pues todos sus logros son, también, en parte nuestros.

ENSEÑANZA ASISTIDA POR COMPUTADOR

VÍDEOS DE YOUTUBE

En la última etapa, tras jubilarme, he dedicado una parte importante de mi trabajo a subir a YouTube una serie de vídeos que contiene material que considero interesante y que figuran en mi página web (<https://meteo.unican.es/temp/castie/pw.html>).

En particular, incluye una serie de cursos de doctorado que impartí los últimos años, de optimización, métodos bayesianos con OpenBUGS, de extremos, de ecuaciones funcionales, de modelización, y los cursos de álgebra que he impartido en la Escuela de Ciudad Real durante 23 años seguidos durante los meses de septiembre íntegros y sin faltar uno solo. En todos ellos hay elementos de originalidad que permitirán a los que recurran a ellos dar un enfoque diferente a los problemas tratados.

ENSEÑANZA A NIVEL ESCOLAR

Sorprendidos por las nuevas posibilidades ofrecidas por determinadas herramientas, en la Universidad de Cantabria se formó un grupo preocupado por incorporar la enseñanza asistida por ordenador a la enseñanza infantil y primaria. En el grupo estaban José Antonio del Barrio, Manoli Fernández, Enrique Castillo y otros profesores que merecen un reconocimiento.



Figura 9. Algunas de las aplicaciones de material escolar desarrolladas en la Universidad de Cantabria.

Por ello, se desarrollaron una serie de módulos que incluían, entre otros:

1. Los complejos.
2. Calcula conmigo.
3. Progresando.
4. Inglés para niños.
5. Los verbos.

En particular merece especial atención el caso de los verbos, que era una herramienta de inteligencia artificial capaz de conjugar unos 12.000 verbos de la lengua castellana, cuando todavía la RAE no lo tenía incorporado a su página web.

Los verbos se clasificaron en 110 grupos, tres de los verbos regulares y 107 de irregulares. El sistema era capaz de conjugar cualquier tiempo de esos verbos, lo que facilitó el aprendizaje de los alumnos y se produjeran además competiciones entre colegios, actuando como árbitro el sistema informático que se desarrolló.

Los módulos venían muy bien presentados y constaban de unos libritos diminutos, en los que se explicaba cómo utilizarlos y un disquete que contenía los programas para ejecutarlos (véase la figura 9).

HYPERCARD Y SUPERCARD

Al comienzo de la década de los noventa, la aparición de Hypercard y Supercard de Apple Computer supuso una gran novedad en la enseñanza asistida por ordenador, ya que estas dos herramientas permitían realizar aplicaciones con suma facilidad. Como siempre, Apple se adelantaba en ofrecer nuevas formas de trabajo muy originales.



Figura 10. Libros de Hypercard y Supercard publicados en editorial Paraninfo.

Hypercard (1991) es un entorno de desarrollo que fue lanzado originalmente con el System Software 6 en 1987 (<https://es.wikipedia.org/wiki/HyperCard>) y Supercard (1993) fue creado por primera vez por Bill Appleton y publicado por Silicon Beach Software en 1989 (<https://en.wikipedia.org/wiki/SuperCard>).

Enrique Castillo y sus discípulos y colaboradores sacaron inmediatamente dos libros en castellano, véase la figura 10, que permitieron divulgar éstas e invitar a una nueva forma de enseñar muy novedosa y atractiva, a la que respondieron muchas personas, algunas en la Escuela de Santander, como Carmen Castillo Sánchez y Enrique Castillo Sánchez, que desarrollaron algunos juegos.

Sin embargo, la mentalidad de la época no estaba adaptada a las entonces nuevas tecnologías, motivo por el cual no se generalizaron. Sin embargo, hay que reconocer que las ideas subyacentes eran muy avanzadas y, como en muchos otros casos, tuvieron que esperar unos años hasta que resurgieron con fuerza renovada. Hoy están ya plenamente arraigadas muchas de las formas de crear material docente y de divulgación que estaban ya presentes en estas dos herramientas.

Tenemos que estar orgullosos de haber contribuido entonces a hacer una llamada de atención en favor de la enseñanza asistida.

ECUACIONES FUNCIONALES

Todo el mundo conoce la importancia de las ecuaciones diferenciales e integrales y, también, que es una forma muy interesante y útil para construir modelos matemáticos que se basan en propiedades observadas en la realidad. Ello implica que los modelos resultantes son los únicos que cumplen dichas propiedades, por lo que no solo muestran la estructura general de estos modelos, dados por sus soluciones, sino que también, sirven para afirmar que los modelos de otra forma no las cumplen.

Las ecuaciones funcionales son otro tipo de ecuaciones, en las que las funciones que aparecen no figuran con derivadas ni integrales, sino tal como son. Aunque la importancia de estas ecuaciones no es menor que la de las anteriores, mientras que las primeras figuran dentro de los planes de estudio de Facultades y Escuelas, no es lo mismo el caso de las últimas.

LIBROS DE ECUACIONES FUNCIONALES

Conscientes de esta discriminación injustificada y motivados por la belleza y los resultados obtenidos, Enrique Castillo y sus discípulos se centraron en el estudio de estas ecuaciones, estudiando en primer lugar los libros de Aczél (1966), conocido como el padre de las ecuaciones funcionales, y de Eichhorn (1979), que las aplicó sistemáticamente a los problemas de Economía, así como muchos otros trabajos suyos y de otros autores. Tras algunos años de trabajo con estas ecuaciones Enrique y sus discípulos escribieron dos libros en inglés, Castillo y

Ruiz-Cobo (1992) y Castillo *et al.* (2005), en los que se describen métodos generales de resolución de estas ecuaciones y presentan variadas aplicaciones a modelización en Física, Economía e Ingeniería.

Desde aquí invitamos a los lectores a disfrutar de estas ecuaciones, que han representado para nosotros una herramienta muy novedosa y potente con la que hemos modelado muy variados problemas. Como ejemplo, es relevante el libro Castillo y Fernández Canteli (2009) en el que se usan propiedades para elaborar los modelos de fatiga. En particular, los modelos que se usaron en el informe sobre el accidente ferroviario de Eschede, anteriormente mencionado, y sus bases están en esta publicación.

ACCIONES SOLIDARIAS

MAESTRÍA EN INFORMÁTICA Y COMPUTACIÓN EN SUDAMÉRICA

Otro hito que puede enorgullecer a la Universidad de Cantabria y a su ETSICCP fue la presencia en Universidades hispanoamericanas de la Universidad de Cantabria y la fundación de la Maestría Itinerante en Informática y Computación de Sudamérica, que nace por la preocupación de formar a nivel internacional y favorecer la solidaridad y el desarrollo. Tras impartirse una serie de cursos en nueve universidades sudamericanas siguiendo las ideas de Enrique Castillo y bajo su dirección, la UC fundó una Maestría Itinerante en Informática y Computación en Sudamérica, que ha permitido a muchos profesores de universidad obtener un título de máster, que no estaba a su alcance, lo que ha mejorado notablemente la docencia y la investigación en las universidades implicadas, al elevar el nivel de su profesorado y facilitarles la enseñanza en otras universidades de su país y extranjeras, al incorporarse posteriormente al programa.

También ha permitido a muchos de los profesores de la Escuela y la enseñanza en Sudamérica, creciendo y enriqueciéndose tanto como profesores como a nivel humano.

Las maestrías y colaboraciones en doctorados internacionales de nuestros profesores en varias partes del mundo forman parte de lo que es hacer Escuela. De ello debemos sentirnos orgullosos, no solo por lo que supone para los que nos reciben, sino también, y muy importante, por lo que recibimos. Con todo ello, llevamos el nombre de nuestra Escuela y Universidad por esos mundos tan ricos en experiencias,

culturas, idiomas, etc. Agradecemos aquí, por tanto, a todos aquellos que participaron.

Recientemente, he recibido el doctorado *honoris causa* de la Universidad de Pilar (Paraguay), como reconocimiento y agradecimiento a la labor desarrollada por todos los participantes (<https://www.youtube.com/watch?v=TMt11qUA0KU>).

PROYECTO SOCIO-CULTURAL EN EL CENTRO PENITENCIARIO EL DUESO

Poco después de 1990 se inició un proyecto en la cárcel de El Dueso. Carmen Goñi, una profesora de Santander, respondiendo a las inquietudes y peticiones de un interno que estudiaba 5º de Derecho, preparó un encuentro con el director de la cárcel para planificar algunas actividades culturales que incentivarán la vida de aquellos jóvenes. A partir de aquel momento, todo fueron facilidades. En el centro existía una escuela, dirigida por Galo, su maestro, al que asistían, de modo voluntario, para completar sus estudios básicos. Y un grupo pequeño estudiaba bachillerato a distancia por la UNED, a los que se brindaba apoyo y acompañamiento. También se organizó un seminario de técnicas de estudio, por Carmen Sainz profesora de la Escuela de Magisterio de la Universidad de Santander.

Tras ponerse en contacto con Enrique Castillo, éste puso en marcha una pequeña aula de informática con ordenadores facilitados por la Escuela y la UC, que funcionó por varios años y que permitió a los reclusos dedicar una buena parte de su tiempo a esta actividad.

También se organizaron unos seminarios con sesiones quincenales de una o dos horas de educación para la salud y musicoterapia, por el Doctor médico, Joaquín Lobera. A ellas asistían entre 20 y 30

personas. Los temas fueron: Conceptos de Salud; Conocimiento del cuerpo; Higiene y cuidados; Alimentación; Ejercicio físico y deportes; Higiene mental; Medio ambiente y ecología; Alcohol tabaco y drogas; Educación sexual; Enfermedades de transmisión sexual. Las sesiones eran animadas y dinámicas y los asistentes se encontraban a gusto, pero lo mejor era que al terminar, los chicos hacían preguntas y contaban y consultaban sus problemas, siempre en privado.

La figura 11 muestra algunos objetos elaborados por los reclusos en el taller de El Dueso que obsequiaban a los participantes en el programa como muestra de agradecimiento.



Figura 11. Objetos elaborados por los reclusos en el taller de El Dueso que obsequiaban a los participantes en el programa como muestra de agradecimiento.

PROYECTOS DE DESARROLLO EN PARAGUAY

Las Villas de Limpio en Paraguay es una obra del Padre Salesiano José Antonio Rubio, que estando en el Colegio Salesiano de Santander decide marcharse a Paraguay y dedicarse a esta impresionante obra. Es uno de los proyectos financiados con fondos españoles.

La idea es la de sacar las chabolas de los márgenes del río Paraguay (ver figura 12), desplazándolas a unos 20 km, en la zona de Limpio, donde existen unos terrenos para ubicar los poblados, y que grupos de cinco familias cada uno, residiendo temporalmente en las chabolas, se encarguen de construir las cinco casas que les corresponden, dirigidas magistralmente por un equipo de expertos y jóvenes arquitectos, que organizan todo y miden el rendimiento a diario de los grupos.

Las casas, una vez terminadas, se ocupan por estas familias y se destruyen las chabolas, compromiso que las familias deben firmar al comienzo de los trabajos.

Hay que entender que la construcción de las chabolas ha constituido un gran esfuerzo y que esto produce una dependencia emocional en éstas, a las que les cuesta mucho desprenderse de ellas, pues son «sus casas». Por ello, el compromiso firmado de su destrucción una vez terminadas las nuevas casas.

Hay que decir que el Padre Rubio ha dado vivienda a un total de 20.000 personas, contando los numerosos poblados que ha creado y el número medio de habitantes por casa.

El proyecto ha sido visitado por Felipe González, los Reyes eméritos, José María Aznar y por Felipe VI, cuando era Príncipe (véase la figura 13).



Figura 12. Ejemplo de chabolas trasladada desde los márgenes del río Paraguay a la zona de Limpio, donde se construyeron los poblados.

Durante mis visitas a Paraguay para impartir los cursos de la Maestría Itinerante, era siempre obligada una visita al Colegio Salesiano, en el que me dejaban una celda-habitación para pernoctar y me invitaban siempre a comer con ellos, como uno más. Mi familia se implicó bastante en la financiación de algunas casas y visitaba las obras regularmente.

Tengo que añadir que el comedor de Salesiano era una fuente inagotable de interés cultural y social, pues coincidía con políticos de alto nivel, historiadores, poetas, músicos, maestros, etc. Nunca hubiera podido imaginar este nivel, en pocos lugares en el presente.



Figura 13. (a) Visitas de Felipe González y de la Reina Sofía. (b) José Antonio Rubio y Enrique Castillo. Visita de Enrique Castillo y Mary Carmen, su esposa a los poblados. (c) Mary Carmen Castillo, alumna de la Escuela de Santander, con unos niños del poblado durante su visita para colaborar con la construcción de viviendas en Limpio (Paraguay).

En una ocasión llegué al Palacio Presidencial y fui escoltado al aeropuerto para volver a España, por motoristas del presidente.

La figura 14 muestra cómo quedan los poblados al terminarse. Una simple comparación de la chabola de la figura 12 con éstos da una idea de la mejora experimentada por las familias tras el proyecto.

Como pueden comprobar la experiencia de la visita a este proyecto produce una gran satisfacción y orgullo, y hace que los españoles podamos sentirnos orgullosos de tener compatriotas como José Antonio.

PROYECTOS DE DESARROLLO EN ÁFRICA

En esta subsección se describen las actividades organizadas en Togo y Benín.

Reparación del puente de los alemanes

Hay que señalar que el clima en la zona incluye una época de grandes lluvias, que producen riadas que destruyen los puentes, tal como se muestra en la figura 15 en la que puede verse el caso de dos puentes, uno desaparecido en su totalidad y otro con daños muy severos en su estribo. También se muestra un puente metálico construido por los alemanes, en el que puede verse el daño de su cimentación, que ayudamos a reparar. La foto muestra a cuatro ingenieros, entre los que está, José Antonio Rodríguez, que realizó un gran trabajo en Togo con la construcción de pozos y formación en la universidad, y Enrique Castillo, profesores de la Escuela de Santander y Jesús Sánchez Vizcaíno, de la Escuela de Ciudad Real junto con un ingeniero de

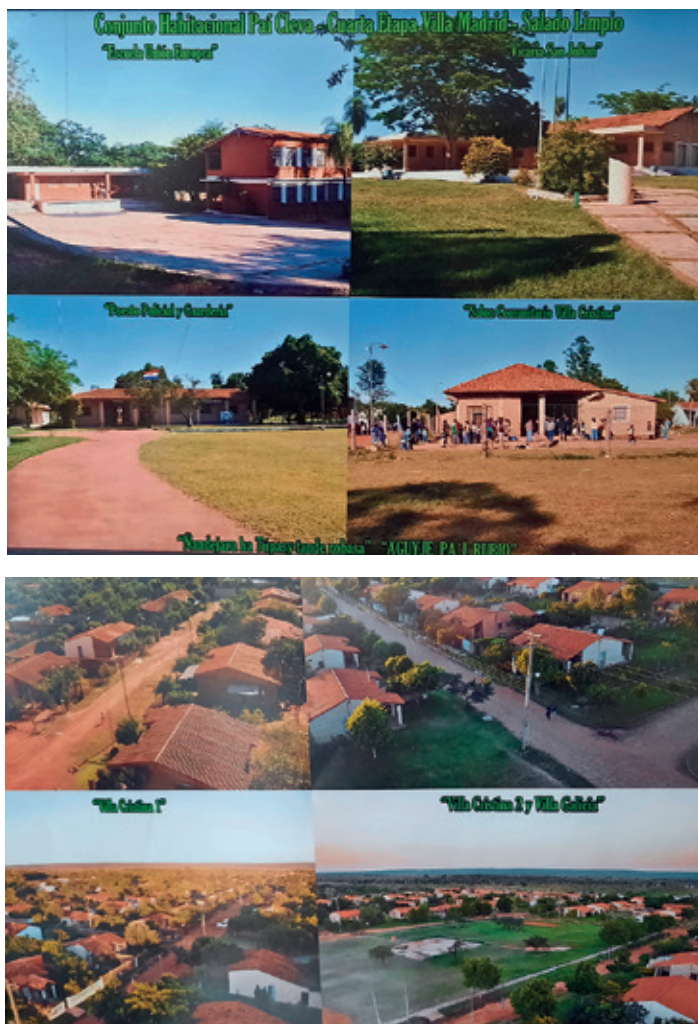


Figura 14. Vista de los centros de uso general y aspecto de los poblados.



Figura 15. Ilustración del deterioro de los puentes con las riadas.

Santander que contribuyó muy notablemente al proyecto de la Presa que describiremos a continuación.

Proyecto frustrado de presa

La figura 16 muestra el proyecto de una presa, realizado entre profesores y alumnos de la Escuela, que pretendía almacenar agua para regadío y abastecimiento de agua a la ciudad de Cinkansé en Togo. Para estudiar la zona nos desplazamos al lugar de ubicación de la misma y tanteamos la conveniencia de construirla. Afortunadamente, visitamos la zona y conocimos de primera mano, que era un grave error su construcción, pues no había ninguna experiencia de cultivar, dadas las malas condiciones del clima y la ausencia de agua. Tampoco había experiencia de plantar para grandes producciones. Además, la distribución de agua, basada en pozos era la fuente de sustento para muchas familias y los poderosos del lugar controlaban el negocio del agua. Ello nos demostró que antes de realizar ninguna obra de desarrollo hay que hablar con ellos, mentalizarlos y considerar muy seriamente sus deseos y forma de ver las cosas.

Desde España, usando Google y la información de un vuelo americano conseguimos la información topográfica y pudimos localizar 4 o 5 pozos que pensábamos construir para que pudieran abastecerse de agua, pero las condiciones indicadas nos hicieron desistir.

Bajo la dirección de Pedro Serrano, profesor de la Escuela, se ofreció la construcción de un puente que permitiera que dos zonas no quedaran aisladas por el agua durante los periodos lluviosos. La sorpresa fue que nos dijeron que no querían un puente, sino que deseaban una pista sólida que permitiera pasar de una zona a otra incluso con



Figura 16. Proyecto de presa.

el agua hasta la cintura, pero que evitara que se hundieran al pasar (véase la figura 17).

La figura 17 muestra la idea sugerida por ellos, que resultó muy práctica y del agrado de todos. En la parte baja derecha se ve a Pedro Serrano, dirigiendo las obras, junto a Antonio Gutiérrez, un salesiano, y a un alumno de la Escuela de Santander.

La figura de la parte inferior muestra cómo la obra dio trabajo a la gente del lugar durante unos tres meses. Esta solución fue la adoptada tras descartar el uso de maquinaria, que hubiera permitido hacer la obra en diez días. Una vez más la consulta con ellos y la consideración de

EJEMPLO DEL PUENTE O LA PLACA



USAR SUS MEDIOS Y NO LOS NUESTROS



Figura 17. Solución adoptada para evitar el aislamiento de dos zonas debidas a la inundación en época de lluvias torrenciales.

sus necesidades, en este caso la necesidad de trabajo remunerado, nos permitieron aprender y comprobar que nuestros esquemas allí no sirven.

Mototaxis

Se describe a continuación una actividad desarrollada en Benín que consistía en dar trabajo a 143 padres de familia sin medios económicos, que se convertían al día siguiente en moto-taxistas, pudiendo resolver su problema de trabajo de por vida (<https://meteo.unican.es/temp/castie/B1.doc>).

En principio consideramos la posibilidad de usar motocarros, pues queríamos dotarles de un medio no solo de transporte de personas, sino también de mercancías (véase la figura 18). Su rechazo al motocarro y deseo del moto-taxi era debido a que al circular por la única carretera disponible y casi siempre abarrotada, permitía a las motos adelantar por los arcenes, mientras que los motocarros tenían prohibido hacerlo por su tamaño. De nuevo surgió la idea de consultar previamente sus deseos y necesidades. Nos hubiéramos equivocado de no haberlo hecho.

Incluimos seguidamente el texto de la ceremonia de entrega de las primeras 75 unidades de moto-taxi (véase la figura 19).

El jueves 2 de febrero de 2012, tuvo lugar en el Centro Magone de Porto-Novo la entrega de 75 motos a padres de familias con problemas económicos de las Comunas beninesas de Dangbo, Adfarra y Porto-Novo. Esta entrega de moto-taxi forma parte del proyecto de ayuda a los sectores más desfavorecidos de Benín, llevado a cabo gracias a la colaboración prestada por Enrique Castillo, Carmen Sánchez y la Real Academia de Ingeniería Española, el cual, consciente de las precarias

EJEMPLO DE LAS MOTO-TAXIS



EJEMPLO DE LAS MOTO-TAXIS



Figura 18. Motocarros o mototaxis. Razones para su elección.



Figura 19. Ceremonia de entrega de las primeras 75 mototaxis.

situaciones en las que viven más de dos tercios de la población de Benín, deciden donar el premio recibido gracias a su gran labor realizada en el avance científico, para el desarrollo de este proyecto.

A la ceremonia de entrega de las primeras 75 moto-taxis, presidida por el Director del Foyer Don Bosco, el padre Juan José Gómez, y el Coordinador del proyecto, Marc Afangnon, acudieron un gran número de autoridades de Uuémé Plateau, varios representantes de la Directriz Departamental de la Familia de Porto-Novo, de los Servicios Sociales del Ayuntamiento y de los Centros de Promoción Social de las Comunidades de Dangbo, Adfarra y Porto-Novo, los cuales han contribuido de forma muy positiva con su trabajo al éxito del proyecto.

Enrique Castillo y Carmen Sánchez creen que «donde hay transporte hay desarrollo» y por ello apostaron por este proyecto de moto-taxis, un proyecto sostenible, que garantiza el desarrollo y la creación de empleos, así en la Ceremonia de entrega de motos, se subrayó la importancia de asumir los pagos semanales correspondientes y de no someterse a demoras que puedan perjudicar a futuros beneficiarios del proyecto. Durante la Ceremonia, bendecida por un padre Salesiano, se ofreció una breve sensibilización a los futuros conductores en temas de seguridad vial para prevenir posibles accidentes de tráfico y se remarcó la importancia del uso del casco de seguridad.

Para finalizar y tras la firma de los contratos y compromisos de respeto al pago correspondientes, los 75 beneficiarios pusieron rumbo a sus hogares con sus motos y sus respectivos cascos, con su nuevo medio de subsistencia.

Este proyecto ha aportado sin duda, multitud de alegrías a los corazones beninenses, además de ayudar a las familias sin recursos al fortalecimiento de sus capacidades y su confianza para ser más autosuficientes impulsando cambios positivos en las situaciones que viven y con un respaldo que les permita seguir adelante. Desde Benín agradecemos a la familia donante por ayudar a que este proyecto se haya hecho realidad.

Microcréditos para madres de familia

También se desarrolló un proyecto de microcréditos para madres de familia con la idea de resolver su problema de trabajo de por vida (véase la figura 20) (<https://meteo.unican.es/temp/castie/Benin2.doc>).

La idea central consiste en ayudarlas a entrar en los mercados locales, comprar al por mayor, a su nivel, y realizar beneficios a diario, lo que les permitía no solo resolver el problema del sustento familiar, sino poder devolver el crédito en plazos a veces inferiores al



Figura 20. Comité de distribución y receptoras de los microcréditos.

año, para facilitar que otras madres pudieran disfrutar del crédito devuelto. La idea de sostenibilidad subyacía en el fondo de la puesta en marcha de los microcréditos. Haber empleado los medios económicos en dar de comer hubiera significado que poco tiempo después se hubiera estado en la misma situación. Los microcréditos remediaban este grave problema.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que muchas veces, de una madre de familia dependen varias personas, pues no solo ellas su esposo e hijos se beneficiaban de todo esto, sino también, madres, padres y algunos otros familiares de las mismas. Por ello, un microcrédito beneficiaba generalmente a varias personas.

CONSECUENCIAS DE LA COLABORACIÓN CON NUCLENOR

La importancia del convenio con Nuclenor trascendió, con mucho, la ya muy grande de lo nuclear, pues fue la semilla de importantes trabajos y aportaciones de la Universidad de Cantabria a través de la ETSICCP. Me refiero a que este estudio planteó problemas muy interesantes de valores extremos, que son los que se utilizan en el diseño y proyecto de obras civiles, ya que los fallos y roturas tienen lugar cuando se da una combinación de grandes cargas, máximas, con unas resistencias pequeñas, mínimos.

También, tuvo, muchos años después, una gran incidencia en los análisis probabilistas de riesgos de líneas ferroviarias y de carreteras, idea que consiste en utilizar los principios y las técnicas aprendidas en centrales nucleares a los campos de transporte por carretera y ferrocarril. Podemos pues sentirnos orgullosos de haber conseguido y realizado este contrato de colaboración entre la Universidad y la Empresa y que fue pionero en España en su área de conocimiento.

SEGURIDAD DE LÍNEAS FERROVIARIAS

El desgraciado accidente ferroviario de Santiago nos comprometió seriamente con la seguridad de los ferrocarriles. Uno de los peritos judiciales, el ingeniero de caminos Juan Carlos Carballeira, pidió ayuda para analizar las causas del accidente y redactar el informe, y, tras consultas varias, decidió seleccionar a Enrique Castillo, que fue

nombrado para ese trabajo, dándole la oportunidad de adentrarse en esta área de conocimiento. Ni que decir tiene que los antecedentes del Análisis probabilista de riesgos de la Central de Santa María de Garoña fueron decisivos. Al analizar la metodología utilizada en la normativa europea y, también, en la española, se da cuenta de que muchos de los avances producidos en el caso de las centrales nucleares, son aplicables, con las consiguientes modificaciones, al caso ferroviario, emprendiendo un camino de varios años de investigación y varias tesis doctorales, para desarrollar lo que podríamos considerar el primer análisis probabilista de seguridad ferroviario al nivel y con tecnologías análogas a las de las centrales nucleares.

Esto implica una metodología y un proceso de análisis muy claro, basado, no solo en una identificación profunda de los peligros, en la que prima especialmente el error humano, que se recomienda como inexcusable a la hora de evaluar los riesgos asociados al diseño y funcionamiento de las líneas ferroviarias, sino también en una cuantificación de las frecuencias de aparición de los sucesos y peligros, o secuencias de ellos, que pueden conducir a un accidente. Como contribución muy especial está el de incorporar las redes bayesianas (véase la figura 21), que sustituyen a los clásicos árboles de fallos de los que se tiene tanta experiencia, pero que son más bastante más ventajosas, en muchos casos, como cuando existen causas comunes de fallo, por ejemplo. Esto permite reproducir las distribuciones conjuntas de probabilidad de todas las variables con una garantía de simplicidad, robustez y consistencia.

Además los modelos reproducen con fidelidad todos los elementos con los que se encuentran los trenes, tales como señales de todo tipo, cartelones, balizas, desvíos, curvas, rampas, taludes, etc., así como las diferentes situaciones climáticas, los errores humanos, etc., durante su

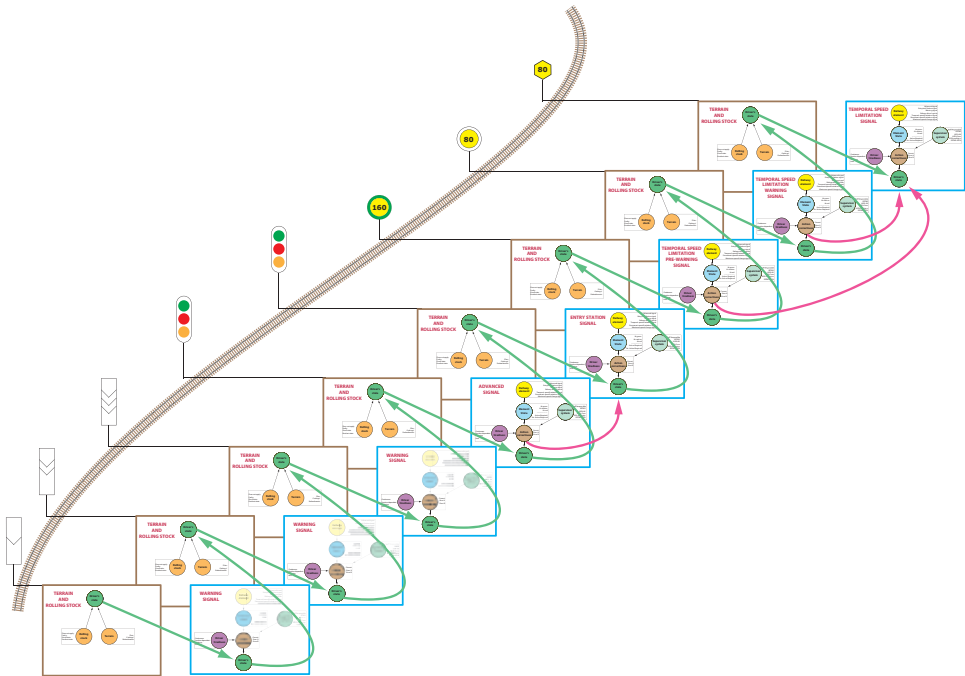


Figura 21. Ilustración de cómo se reproducen todos los elementos de la línea ferroviaria en el modelo de redes bayesianas.

circulación por las líneas analizadas, lo que no solo obliga, sino que realiza un análisis de todas y cada uno de dichos elementos, así como de todas las combinaciones de los valores de las variables analizadas, evitando así posibles olvidos.

Estos desarrollos y herramientas, de gran utilidad, ya han sido aplicados a algunas líneas en España e Irlanda, pero no se ha conseguido todavía que sean de aplicación general.

SEGURIDAD DE CARRETERAS, AUTOVÍAS Y AUTOPISTAS

Estos métodos se han extendido además al caso de carreteras, autovías y autopistas, pues los principios básicos y las herramientas a utilizar son coincidentes, aunque hay que adaptar la metodología propuesta al caso particular de las carreteras, que en algunos aspectos difiere mucho del caso de los ferrocarriles. Por ejemplo, mientras los ferrocarriles no necesitan ser guiados, ya que las vías se encargan de ello, los vehículos carreteros necesitan la guía del conductor. Otro elemento diferenciador importante es que en el caso de los ferrocarriles, los maquinistas son siempre profesionales con una formación dirigida a su trabajo, mientras que los conductores en su mayoría son personas individuales que carecen de esa formación específica. Otra diferencia notable surge en el frenado, que puede realizarse en longitudes y tiempos cortos en la carretera, pero que exige mucho mayores longitudes y tiempos en el caso de ferrocarriles, por lo que hay que prever las frenadas con la debida antelación.

A lo largo de los últimos años y, formando parte de trabajos de investigación y de tesis doctorales, se ha desarrollado una aplicación que realiza este análisis probabilista de riesgos en una carretera, a partir de un vídeo que informa del recorrido completo de la misma en sus dos direcciones, permitiendo construir una gran red bayesiana a base de añadir subredes que corresponden a todos los elementos presentes en la misma. Agradecemos a José María Mazón su apoyo en este proyecto.

Esta aplicación se ha utilizado ya a tres carreteras de Cantabria y tres o cuatro de Castilla-La Mancha, así como a alguna de Irlanda. Sin embargo, no hemos sido capaces de que se implementasen como obligatorias estas nuevas técnicas.

Un hecho muy significativo es que hace poco más de un mes, la empresa creada por el doctor que programó conmigo los análisis probabilísticos de seguridad de carreteras y ferrocarriles ha suscrito un acuerdo marco con el Ministerio de Fomento indio, una empresa española y una india para analizar la seguridad de las carreteras en la India. Dado que se trata de un país de 1400 millones de habitantes se trata de un hito muy relevante que pone los pelos de punta y llena de orgullo a las Universidades de Cantabria y Castilla-La Mancha, ya que de ellas salió el producto que ahora se valora, aunque sea por otros.

Estos análisis permiten mejorar la seguridad y decidir cambios, que en principio, los primeros, pueden ser muy rentables, ya que pueden elegirse las más eficientes.

NUEVA LEY DE CARRETERAS

Con la antigua Ley de Tráfico y Seguridad Vial los turismos y las motocicletas podían rebasar en 20 km/h los límites genéricos de velocidad fijados para las carreteras convencionales cuando adelantaban a otros vehículos que circulaban a una velocidad inferior al límite (BOE-A-2015). Con la nueva ley, en vigor desde el 21 de marzo de 2022, esto ya no es posible (BOE-A-2021).

Con el ánimo de contribuir a la seguridad vial, Enrique Castillo con dos académicos de la Real Academia de Ciencias en un trabajo reciente demuestran que este drástico cambio está poniendo en peligro gravemente la seguridad de conductores y pasajeros.

El estudio incluye un análisis determinista del problema y uno mucho más realista que incluye los aspectos aleatorios del problema.

La figura 22 muestra el esquema utilizado para analizar el adelantamiento de un vehículo cuando viene otro de frente.

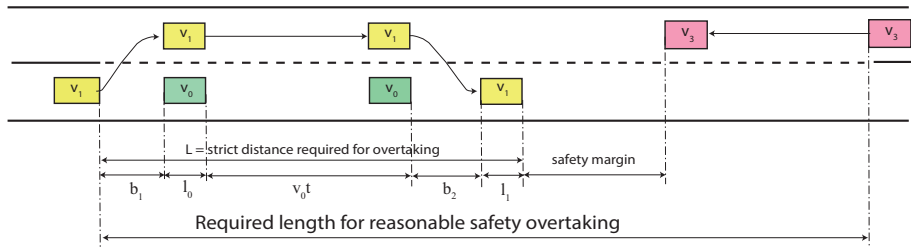


Figura 22. Esquema para analizar el adelantamiento de un vehículo cuando viene otro de frente.

La figura 23 muestra un ábaco doble con el que pueden calcularse las distancias requeridas para el adelantamiento con las dos leyes, vieja y nueva, donde a es la aceleración, l_s es la distancia estricta para adelantamiento y t_{100} es el tiempo requerido para alcanzar los 100 km/h partiendo de velocidad nula. En él puede comprobarse que los incrementos son muy notables e incluso pueden hacer imposible el adelantamiento en no pocos casos (<https://theconversation.com/los-riesgos-de-la-nueva-normativa-de-trafico-para-adelantar-178930>).

La tabla 1 muestra una comparación de distancias de adelantamiento razonablemente seguras para diferentes combinaciones de velocidad y aceleración del vehículo que adelanta, suponiendo una velocidad máxima $v_{max} = 90$ km/h, en las que se supone que el vehículo que adelanta parte de la parte trasera del adelantado, es decir, sus velocidades v_0 y v_1 son idénticas y que L_v y L_n se refieren a las longitudes de adelantamiento requeridas con las leyes vieja y nueva, respectivamente. En ella puede verse que las distancias fácilmente pueden duplicarse.

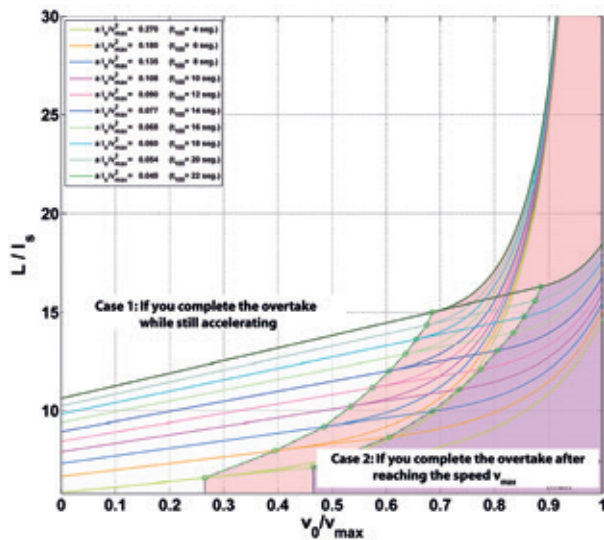


Figura 23. Ábaco para obtener las longitudes necesarias para el adelantamiento con las leyes vieja y nueva.

Tabla 1. Comparación de distancias de adelantamiento razonablemente seguras para diferentes combinaciones de velocidad y aceleración del vehículo que adelanta, suponiendo una velocidad máxima $v_{max} = 90$ km/h

$v_0 = v_1$			
al_s/v_{max}^2	60 km/h	70 km/h	80 km/h
0.049	$L_v = 475$ m	$L_v = 496$ m	$L_v = 517$ m
	$L_n = 475$ m	$L_n = 521$ m	$L_n = 779$ m
0.09	$L_v = 369$ m	$L_v = 384$ m	$L_v = 410$ m
	$L_n = 377$ m	$L_n = 452$ m	$L_n = 743$ m
0.27	$L_v = 249$ m	$L_v = 275$ m	$L_v = 323$ m
	$L_n = 299$ m	$L_n = 397$ m	$L_n = 714$ m

Además, la ley no debería haberse aprobado sin antes reconsiderar si las señales de fin de prohibición de adelantamiento existentes (ver figura 24) tienen que eliminarse ante las nuevas condiciones. El no hacerlo implica una invitación a los conductores a adelantar cuando no se debe hacerlo.

Los detalles de los modelos determinista y aleatorio de este estudio pueden verse en <https://meteo.unican.es/temp/castie/CastilloetalOpenJStatNUEVO.pdf>.



Figura 24. Señales a reubicar tras la nueva ley de adelantamiento.

PUBLICACIONES Y LIBROS

El profesorado de la Escuela se ha mostrado siempre muy inclinado a la publicación de apuntes y libros para facilitar a los alumnos el aprendizaje y seguimiento de las diferentes asignaturas. El servicio de publicaciones siempre ha tenido en sus enormes vitrinas, las muestras de este ingente e ilusionado trabajo, que hay que mencionar, valorar como muy positivo y alabar.

PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS Y ACTAS DE CONGRESOS

Son incluso mucho más importantes las publicaciones en español o inglés de artículos de investigación en revistas de mucho prestigio y en congresos, así como las participaciones parciales en monografías de varios autores.

Describir estos trabajos, además de ser muy extensos por la numerosa lista de trabajos existentes, se sale del objetivo de este trabajo, por lo que solo la mencionamos, pero con el orgullo del esfuerzo ingente realizado y por el éxito de nuestros compañeros, reconociéndolo expresamente aquí para que así conste.

LISTA DE LIBROS COMPLETOS

Sin embargo, solo como un ejemplo ilustrativo, sí que podemos dedicar unas líneas a los libros en inglés publicados en las grandes editoriales y/o colecciones, que hacen que éstos aparezcan inmediatamente en

las bibliotecas de las grandes Universidades del mundo, tales como Academic Press, Viley, Springer, Marcel Dekker, Elsevier, Kluwer, etc.

La lista facilitada por la Biblioteca de la Universidad de Cantabria incluye los siguientes libros completos en inglés disponibles en ella: Puig-Pey y Brebbia (1987), Castillo y Alvarez (1988), Arnold *et al.* (1992), Castillo y Ruiz-Cobo (1992), Castillo *et al.* (1997), Castillo *et al.* (1999), Arnold *et al.* (1999), Castillo *et al.* (1999), Castillo *et al.* (2002), Castillo *et al.* (2005), Ruiz-Tolosa y Castillo (2005), Gil *et al.* (2007), Box *et al.* (2009), Coto Millán *et al.* (2010), Fraile (2011), Serrano (2017), Cordera-Piñera *et al.* (2018) y Dell'Olio *et al.* (2018).

Desde aquí invitamos a otros autores a que donen una copia para que conste su valioso trabajo y quede a disposición de todos nosotros.

La importancia de los libros en mi caso particular debe quedar reflejada en este trabajo, pues los cinco libros siguientes: *Métodos Estadísticos* de Sixto Ríos, el libro de extremos de Janos Galambos, el de ecuaciones funcionales de Janos Aczél, el de redes probabilísticas de Judea Pearl y el de álgebra y optimización de Francisco Jubete hicieron que en cinco ocasiones incorporara las correspondientes líneas de trabajo a mi investigación. Agradecimiento infinito a todos ellos por haber decidido compartir sus conocimientos con todos nosotros.

RECONOCIMIENTOS EXTERIORES

Ha habido una serie de reconocimientos a los profesores y exalumnos de la Escuela realizados por Instituciones exteriores de los que podemos sentirnos orgullosos y en los que hemos colaborado todos, al dar un prestigio a estas instituciones.

RECONOCIMIENTOS A PROFESORES DE LA ESCUELA

Se recogen aquí a los profesores miembros de Reales Academias nacionales, a los que han obtenido Premios Nacionales de Investigación o de nivel equivalente y a los que forman parte del libro de personajes ilustres de la Universidad Politécnica de Madrid ([https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Gabinete%20del%20Rector/Galeria%20Ilustres/Documentos/ILUSTRES%2010%20febrero%20\(ACTUALIZACION%20BIOGRAFIAS\)%202016.pdf](https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Gabinete%20del%20Rector/Galeria%20Ilustres/Documentos/ILUSTRES%2010%20febrero%20(ACTUALIZACION%20BIOGRAFIAS)%202016.pdf)), o del Hall de la Fama de la ETSICCP de Madrid (<http://www1.caminos.upm.es/50aniversario/personajes-ilustres/>).

Reconocimientos de los profesores de la ETSICCP de la Universidad de Cantabria:

Francisco González de Posada: Académico de número de la Real Academia de Medicina de España desde 1998.

Enrique Castillo: Académico de número Fundador de la Real Academia de Ingeniería de España desde 1994, Premio Nacional Leonardo Torres Quevedo (2010), Académico de número de la Real Academia de Ciencias de España desde 2011, Premio Nacional de Estadística (2022),

Libro de Personajes Ilustres de la Universidad Politécnica de Madrid y elegido para formar parte del Hall de la fama en la ETSICCP de Madrid.

Íñigo Losada: Premio Rey Jaime I de Protección del Medio Ambiente (2018), Académico de número de la Real Academia de Ingeniería de España desde 2018, Premio Nacional Leonardo Torres Quevedo (2022).

Miguel Ángel Losada: Académico de número de la Real Academia de Ingeniería de España desde 2000, Premio Nacional de Ingeniería Civil (2018).

Alcibíades Serrano. Premio Nacional de Ingeniería Civil (2007) y elegido para formar parte del Hall de la fama en la ETSICCP de Madrid.

Juan José Arenas: elegido para formar parte del Hall de la fama en la ETSICCP de Madrid.

José Calavera. Premio Nacional de Ingeniería Civil (2014) y elegido para formar parte del Hall de la fama en la ETSICCP de Madrid.

Julio Martínez Calzón: Premio Nacional de Ingeniería Civil (2017) y elegido para formar parte del Hall de la fama en la ETSICCP de Madrid.

PRESENCIA DE TITULADOS EN EL EXTRANJERO

Hay que destacar también que muchos de nuestros alumnos han realizado con mucho éxito su trabajo en España y el extranjero, prestigian- do a nuestra Escuela y Universidad allá donde fueron. Sería interesante recopilar la lista de los más relevantes, lo que se sale del objetivo de este trabajo, pero debe constar nuestro orgullo y satisfacción por estos éxitos, ya que ellos constituyen la razón y ser de nuestro trabajo.

TRABAJO EN EQUIPO Y AGRADECIMIENTOS FINALES

La contribución a la sociedad a través de la ETSICCP de Santander inicialmente y luego de la UC ha sido un trabajo de equipo, así lo hemos concebido, todos hemos sido importantes para este apasionante proyecto, y todos significa todos.

En primer lugar los *alumnos* y nuestra sociedad, la razón y ser de nuestro trabajo de equipo. Sin ellos, no existen las universidades. Tampoco existe sin los *profesores* que con su entrega en labores de estudio, orientación, enseñanza, investigación y también administrativas la hacen posible. El *personal de administración y servicios*, que trabajó duramente, resolviendo los muchos problemas de una gestión compleja y nada fácil; se trata de las personas que han resuelto estos temas administrativos y muchos otros, en la Dirección de la Escuela y en los departamentos, el *personal de laboratorios*, que han hecho posible que se hicieran ensayos de rutina y muy novedosos para poder realizar avances en nuestra investigación, los *informáticos* que nos han ayudado a estar al día y nos han resuelto muchos problemas en los que nos encontramos perdidos, los que nos han atendido continuamente en la *conserjería*, atendiendo a visitas, paquetería, aulas y tantas cosas, el *personal de biblioteca*, que además de facilitar nuestro acceso a libros y revistas nos ha ayudado a elaborar nuestro currículo facilitándonos la información, etc., el *servicio de publicaciones*, que nos ha permitido acercarnos a los alumnos y al mundo, el *personal de mantenimiento*, que ha hecho posible que todo funcione sin descanso, el *personal de limpieza*, que ha mantenido esos

suelos relucientes por los que caminamos a diario, el estado de aulas, despachos, salas y aulas de reuniones, servicios, etc. Todos ellos deben sentirse, por un lado, protagonistas y, por otro, orgullosos de la labor realizada.

Hay que decir que esto no se hubiera conseguido sin la ayuda del resto de centros de nuestra Universidad, que han caminado con nosotros, con respeto y colaboración, y muy especialmente, la inestimable y relevante ayuda de los diferentes Rectores de la Universidad de Cantabria y de Castilla-La Mancha y equipos rectorales que han apoyado, con gran y manifiesto orgullo por nuestra Escuela.

En definitiva, esta lista quiere hacer ver la importancia de todos en nuestro equipo de la Escuela. 50 años juntos, caminando por un objetivo, que yo diría muy conseguido.

Agradecer también el apoyo de las Instituciones, que han sido muchas y que siempre nos han apoyado.

Agradecer al personal de biblioteca, Ana García, Isabel García y Álvaro López por su ayuda en la recopilación de libros completos existentes en nuestra biblioteca y a Alfonso Fernández Canteli, César Sagasetta, Pedro Serrano, Juan Antonio del Barrio, Joaquín Cruces, José María Ureña y César Otero por la información que me han facilitado.

Un agradecimiento especial merecen mis 42 doctorandos, que, ya superada la tesis doctoral, son personas entregadas a la ciencia y/o profesión con pasión. Sin su labor no hubiera podido realizar estos trabajos aquí descritos. No los menciono, por ser muchos, pero deben saber que están todos ellos en mi mente, con un recuerdo especial a Jesús Gómez Bayón, a José Antonio Revilla Cortezón y a Juan Manuel Gómez Poncela, ya fallecidos.

Finalmente, todo este trabajo no hubiera sido posible sin la desinteresada ayuda de mi esposa Mary Carmen y de mis hijos, a los que he robado mucho tiempo para atender mis obligaciones y compromisos universitarios.

REFERENCIAS

- Aczél, J. (1966). *Lectures on Functional Equations and Their Applications*. ISSN. Elsevier Science.
- Arnold, B. C., E. Castillo, and J. M. Sarabia (1992). *Conditionally specified distributions*, Volume 73 of *Lecture Notes in Statistics*. New York: Springer-Verlag.
- Arnold, B. C., E. Castillo, and J. M. Sarabia (1999). *Conditional Specification of Statistical Models*. Springer Series in Statistics. Springer.
- Box, G. E. P., A. Luceño, and M. C. Paniagua Quiñones (2009). *Statistical control by monitoring and feedback adjustment*. Wiley Series in Probability and Statistics. Wiley.
- Castillo, E. (2011). Some joint work with janos galambos. *Annales Univ. Sci. Budapest., Sect. Comp.* (37), 64-86.
- Castillo, E., A. Cobo, J. M. Gutiérrez, and R. E. Pruneda (1999). *A Neural-Based Paradigm*, Volume 473 of *The Springer International Series in Engineering and Computer Science*. Springer.
- Castillo, E., A. Cobo, F. Jubete, and R. A. Pruneda (1999). *Urthogonal sets and polar methods in linear algebra: applications to matrix calculations, systems of equations, inequalities, and linear programming*, Volume 38 of *Pure and Applied Mathematics*. Wiley-Interscience.
- Castillo, E., A. Conejo, P. Pedregal, R. Garcia, and N. Alguacil (2002). *Building and solving mathematical programming models in engineering and science*. Pure and Applied Mathematics: A Wiley-Interscience Series of Texts, Monographs, and Tracts. Wiley.
- Castillo, E. and A. Fernández Canteli (2009). *A Unified Statistical Methodology for Modeling Fatigue Damage*. Applied mathematics and computation.

- Castillo, E., J. M. Gutiérrez, and A. S. Hadi (1997). *Expert systems and probabilistic network models*. Monographs in computer science. Springer.
- Castillo, E., A. Hadi, N. Balakrishnan, and J. Sarabia (2005). *Extreme value and related models with applications in engineering and science*. Viley Series in Probability and Statistics. Viley Chichester.
- Castillo, E., A. Iglesias, and R. Ruiz-Cobo (2005). *Functional Equations In Applied Sciences*. Elsevier Science, Mathematics in science and engineering 199.
- Castillo, E. and E. Álvarez (1988). *Extreme value theory in engineering*. Statistical modeling and decision science. Academic Press.
- Castillo, E. and M. R. Ruiz-Cobo (1992). *Functional equations and modelling in science and engineering*, Volume 161 of *Pure and applied mathematics Dekker*. CRC.
- Cordera-Piñera, R., A. Ibeas Portilla, L. Dell'Olio, and B. Alonso Oreña (2018). *Land use-transport interaction models*. CRC Press Taylor and Francis Group.
- Coto Millán, P. P., M. A. Pesquera González, and J. M. Castanedo Galán (2010). *Essays on port economics*. Springer USA: Physica-Verlag.
- Dell'Olio, L., A. Ibeas Portilla, J. de Oña, and R. de Oña (2018). *Public transportation quality of service: factors, models and applications*. Elsevier.
- Eichhorn, V. (1979). *Functional equations in economics*. Number 11 in *Applied mathematics and computation*.
- Fraile, J. (2011). *Reseña histórica de las escuelas de ingeniería civil de la Universidad Politécnica de Madrid*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Gil, A., J. Segura, and N. M. Temme (2007). *Numerical Methods for Special Functions*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Puig-Pey, J. and C. Brebbia (1987). *Computer aided engineering systems handbook*. Boston, Berlin, New York: Computational Mechanics Publications.

- Ruiz-Tolosa, J. R. and E. Castillo (2005). *From vectors to tensors*. Springer Verlag.
- Samartín, A., V. Jaria, and E. Castillo (1976). Losa ortótropa circular. *Hormigón y Acero* (118), 111-129.
- Serrano, P. (2017). *Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander. 50 años (1966-2016)*. Santander: Universidad de Cantabria.



Enero, 2023



Ediciones
Universidad
Cantabria