

Panorama nacional e internacional de la enseñanza de la Ingeniería Ferroviaria en nuestro país y en el exterior

Carlos Rosito¹

¹Secretario Permanente del CONFEDI. Decano Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires.

Introducción

El objetivo de este trabajo es presentar un panorama de los estudios universitarios en el área ferroviaria en el país y en el exterior, a efectos de poner en contexto la posible la creación de carreras de grado en Ingeniería Ferroviaria en nuestras Facultades de Ingeniería. La tesis central de este trabajo es que hay una evidente desproporción entre escasísimas actividades que se realizan en nuestro medio en la formación de recursos humanos y en I&D en este tema y las que serían necesarias para desarrollar y mantener un sistema ferroviario acorde con las necesidades del país.

La limitada oferta académica en nuestro país se presenta en la sección 2. En relación con la situación internacional, es obviamente imposible dar un panorama completo en el marco de este trabajo. Presentamos, en la sección 3 un resumen de las actividades en algunas universidades América del Sur, América del Norte, Europa Occidental, Europa Oriental, Asia y Oceanía. Hemos elegido casos representativos o especialmente interesantes de cada región, a efectos de apreciar las diferentes formas en que se encara la enseñanza de la ingeniería ferroviaria.

Los nombres de carreras, títulos y temas de investigación cuando no están inicialmente en castellano, se han consignado en el idioma que hemos creído más conveniente a efectos de preservar los significados y mejorar la comprensión.

La información ha sido obtenida en la mayoría de los casos de las páginas web de cada universidad. Por este motivo solamente se consignan, cuando haya sido necesaria su consulta, las referencias derivadas de otras fuentes.

En la sección 4 se presentan algunas conclusiones.

Estudios en Argentina

En ninguna universidad argentina se dicta aún

la carrera de grado de Ingeniería Ferroviaria. En la mayoría de las universidades donde se cursa Ingeniería Civil se dictan algunas materias relacionadas con el tema. No hay actividad significativa de investigación en temas técnicos de transportes o ferroviarios ni existen tampoco tesis de doctorado concluidas o en curso. Existen, sin embargo, tecnicaturas y carreras de posgrado. En lo que sigue detallaremos las actividades existentes por cada universidad.

- **UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**

En la Facultad de Ingeniería existe un **Departamento de Ingeniería del Transporte**. Los alumnos de Ingeniería Civil cursan materias de grado en el mismo, y se dictan además la **CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA FERROVIARIA**

Fue iniciada en 1959 por convenio entre la FIUBA y Ferrocarriles del Estado, que otorgaba 25 a 30 becas anuales y luego incorporaba la casi totalidad de los graduados a su plantel. Lamentablemente, como consecuencia del proceso de privatización ferroviaria la carrera quedo sin sustento y debió cerrarse en 1990. Durante el período 1958-1990 se formaron más 900 ingenieros especialistas, entre ellos más del 10% países extranjeros.

Esta carrera fue la principal fuente de ingenieros especializados para la empresa ferroviaria nacional. La carrera se reabrió en 2009 por convenio con la recientemente creada **ADIF** (Administración de Infraestructura Ferroviaria S.E.) y se encuentra nuevamente en funcionamiento, habiendo ya graduados de las primeras promociones.

Debemos resaltar entonces que durante 20 años no hubo graduación en la especialidad Ingeniería Ferroviaria en el país, lo cual es un daño irreversible.

- En la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA** (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales) funciona el **INSTITUTO SUPERIOR DE INGENIERIA DEL TRANSPORTE**, y en el mismo se desarrolla la **MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA MENCION TRANSPORTE**. No trata específicamente temas tecnológicos de ingeniería ferroviaria.
- **UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO** (Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura) En la desarrolla sus actividades el **INSTITUTO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE**. No desarrolla temas específicos de ingeniería ferroviaria.

Se han creado recientemente **TECNICATURAS UNIVERSITARIAS EN TECNOLOGÍA FERROVIARIA** en

UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN (2009).

UTN HAEDO (2012)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LANUS (2011).

En esta última se ha creado también la **LICENCIATURA EN TECNOLOGIAS FERROVIARIAS**

Cuyo plan de estudios comprende 8 cuatrimestres (3.624 horas), con dos orientaciones: **ELECTROMECAÁNICA FERROVIARIA** e **INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA**.

En la tabla I observamos claramente el área de vacancia existente en la formación de universitaria de grado en ingeniería ferroviaria. Tampoco existen doctorados ni grupos de I&D en el área.

Tabla I. Carreras Universitarias en Ing. Ferroviaria

	Tecnicatura	Licenciatura	Ingeniería Grado	Ingeniería Posgrado
Universidad de Buenos Aires	-----	-----	-	Carrera de especialización 1959-1990, reiniciada 2009
Universidad de Lanus	Iniciada 2011	Iniciada 2011	-----	-----
Universidad de San Martin	Iniciada 2009	-----	-----	-----
UTN Haedo	Iniciada 2012	-----	-----	-----

3. Estudios en el exterior

3.1. América Latina

3.1.1. Brasil

Aparecen 9 universidades con actividad en el área de transportes, lo que se resume en la tabla II. Aparecen temas ferroviarios, pero no encontramos específicamente una carrera de grado de ingeniería ferroviaria.

3.1.2. Chile

Desarrollan estudios de grado y de posgrado en Ingeniería del Transporte la **UNIVERSIDAD DE**

CHILE (MAGISTER EN INGENIERÍA DEL TRANSPORTE), la **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO (LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DEL TRANSPORTE)**, y la **UNIVERSIDAD ANDRES BELLO**.

El énfasis es en la Ingeniería vial, la gestión y la planificación. Aparentemente no hay actividad significativa en temas de Ingeniería Ferroviaria.

3.1.3. Venezuela

La **UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA ANTONIO JOSÉ DE SUCRE**, desarrolla la carrera de grado de 5 años **INGENIERIA DE EQUIPOS FERROVIARIOS**, y la **UNIVERSIDAD**

Tabla II. Actividades Universitarias Brasil

UNIVERSIDAD	INSTITUTO CENTRO O DEPTO.	GRADO	POSGRADO	TEMAS DE TRABAJO/OBSERVACIONES
UNIVERSIDAD DE SÃO PAULO (USP)	Laboratorio de Automatización y Control (LAC) Planeamiento y Operación de Transportes	Ingeniería del Transporte	Maestrías Doctorado	Ya graduados 280 maestrandos y doctorandos
UNIVERSIDAD FEDERAL DE ESPÍRITU SANTO (UFES)	Núcleo de Transportes Centro Tecnológico			Desarrollan tareas de I&D en áreas de transporte.
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG)	Departamento de Ingeniería de Transportes y Geotécnica		Especialización: Logística Estratégica y Sistemas de Transporte	Orientado a Análisis, Planeamiento y Logística.
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE)	Depto. de Ingeniería Civil		Maestría y Doctorado: Transporte y Gestión de Infraestructuras Urbanas	
UNIVERSIDAD DE BRASÍLIA (UNB)			Maestría: Transportes Urbanos	Estructura Organizacional, Institucional y Financiamiento de Transportes. Planeamiento
UNIVERSIDAD FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS)	Escuela de Ingeniería Laboratorio de Sistemas de Transportes (LASTRAN)		Posgrado: Ingeniería de Producción	
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA (IME)	Centro de Investigaciones en Transportes (CPT)		Maestría: Ingeniería de Transportes	
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE (UFF)	Laboratorio de Apoyo a Decisión Logística y Gestión Tecnológica (LAGETEC)			

ROMULO GALLEGOS dicta, con apoyo chino la carrera de grado de INGENIERIA FERROVIARIA, en el marco de una masiva inversión y transferencia de tecnología de dicho país para un Plan Nacional Ferroviario. (Debe aclararse que no está confirmado que estas carreras se estén dictando al presente).

3.2. América del Norte

3.2.1. Estados Unidos

La relación entre las empresas e industria ferroviaria con las universidades fue muy fuerte ya desde el siglo XIX, con numerosos cursos universitarios en ingeniería ferroviaria¹. Después de la segunda guerra mundial se produjo una decli-

nación del sistema ferroviario, que produjo una reducción de la actividad universitaria en estos temas llevando el sistema a una desventaja tecnológica en relación con la Comunidad Europea y los países asiáticos, mucho más adelantados en áreas clave, de gran repercusión en la sustentabilidad, eficiencia energética y ecología, tales como el porcentaje de vías electrificadas, la tecnología de trenes de alta velocidad y el transporte ferroviario y tranviario urbano y suburbano.

En los últimos años ha habido una importante recuperación del tráfico ferroviario de cargas que ha alcanzado al 43% del total de las TnKm transportadas², en tanto que se trabaja en planes para desarrollar un sistema nacional de trenes de alta velocidad que resultan más convenientes en términos de ahorro de energía y ecológicos que el avión en tramos de distancias cortas y medias de alta densidad de tráfico³. Esto hace prever un fuerte déficit de ingenieros ferroviarios que deberá cubrirse con nuevas carreras en las universidades, por lo que el gobierno ha iniciado vigorosos planes para remediar la situación⁴. Varias universidades de Estados Unidos y de la Unión Europea han producido en 2011 un informe comparando la enseñanza universitaria en ambas zonas⁵. Las conclusiones del mismo muestran claramente el atraso relativo de Estados Unidos. Para enfrentar esto el UnitedStatesDepartment of Transportation ha lanzado un programa de **72,5 millones de dólares** para 2013-2014 para establecer centros de formación en universidades con hasta un máximo de **3 millones por universidad**⁶. Este programa llamado "NURail" lo integran siete universidades lideradas por la **UNIVERSIDAD DE ILLINOIS at URBANA-CAMPAIGN**. (Líder en educación e I&D en ingeniería ferroviaria por más de 100 años, con carreras de grado y posgrado), y lo integran:

- **MICHIGAN TECHNICAL UNIVERSITY**
- **PENN STATE UNIVERSITY**
- **ROSE-HULMAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY**
- **MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY**
- **UNIVERSITY OF KENTUCKY**
- **UNIVERSITY OF TENNESSEE**

Adicionalmente, la **COLORADO STATE UNIVERSITY** ofrece el recientemente creado **MASTER OF SCIENCE IN ENGINEERING**, en la especialidad ferroviaria en coparticipación con el **TRANSPOR-**

TATION TECHNOLOGY CENTER en Pueblo, Colorado⁷, importe centro de I&D perteneciente a la Association of American Railroads con grandes laboratorios, talleres y vías de prueba de más de 75 Km de extensión.

3.3. Europa Occidental

Es imposible siquiera presentar una lista completa de las universidades con actividades en el área ferroviaria. Cabe aclarar que una parte importante del trabajo de I&D se hace en grandes empresas de origen europeo pero con actividad global como Siemens (Alemania), Alstom (Francia) ambas productoras de material rodante ferroviario, señalización, electrónica de control, Voestalpine (Austria), productora de rieles y equipo ferroviario, Vossloh (Alemania), material de vía, Ansaldo (Italia) material rodante, ABB (Suiza-Suecia), motorización y control, CAF (España) material rodante, incluyendo trenes de alta velocidad. Estas empresas, poseedoras de la más alta tecnología, y que ocupan a miles de empleados, trabajando en colaboración con universidades, son a su vez en si mismas verdaderas escuelas de ingeniería para jóvenes graduados. Por este motivo un porcentaje de los ingenieros ingresantes a las mismas no son graduados en ingeniería ferroviaria sino en mecánica, electrónica, electrotecnia u otras especialidades y completan su formación en las empresas. Otro tanto ocurre con las propias empresas ferroviarias. Debemos hacer notar que **esta práctica es inviable en nuestro país dado que no existen empresas de gran desarrollo tecnológico en el sector**, por lo que la formación debe ser encarada por las universidades.

En este trabajo hemos elegido solo algunos de los países más significativos y en cada uno de ellos nos limitaremos a listar algunas de las más importantes universidades en las que hay actividad en Ingeniería Ferroviaria.

El caso de los países de Europa Oriental lo tratamos separadamente por motivos que se explicarán en su momento.

3.3.1. Gran Bretaña

Por su posición fundacional en la historia ferroviaria, Gran Bretaña es inevitablemente un país de referencia, lo que amerita una breve introducción. Estatizados en 1947, y arrastrando una carencia crónica de inversión, los ferrocarriles fueron privatizados en 1993-97⁸.

Se separó la infraestructura de la operación y el sistema se fragmentó geográficamente, con participación de muchas empresas privadas. Siguió numerosos cambios de titularidad de los operadores, complicaciones legales y políticas algunos accidentes graves. Paralelamente cerraron prácticamente las principales fábricas de material rodante y equipamiento ferroviario^{9,10}, y comenzó a hablarse, cada vez más insistentemente, del fracaso de la privatización y de la necesidad de re-estatizar total o parcialmente el servicio¹¹, aunque aún no se tomó ninguna decisión al respecto. El resultado, a dos décadas de iniciada la privatización, es de un atraso relativo del sistema en relación con los del continente europeo. Esto se refleja en el ámbito académico en una situación atípica. Hay grupos de excelente nivel en I&D, pero muchas veces su trabajo está orientado al exterior. Hay poca demanda de formación de grado en ingeniería ferroviaria por parte de alumnos británicos y la mayoría de los alumnos son extranjeros. Resumimos en lo que sigue las actividades universitarias en el tema.

- **UNIVERSITY OF BIRMINGHAM**
BIRMINGHAM CENTRE FOR RAILWAY RESEARCH AND EDUCATION.I&D en ingeniería ferroviaria. Ofrece el **MASTER IN RAILWAY SYSTEM ENGINEERING AND INTEGRATION** y programas específicos de Doctorado y Master of Philosophy (M. Phil. es un título británico, superior a un master, pero inferior a un doctorado):
- **UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON**
SOUTHAMPTON RAILWAY SYSTEMS RESEARCH.
Se especializa en infraestructura, factores humanos (tanto en personal ferroviario como en pasajeros), vibraciones y operación ferroviaria. Desarrolla programas doctorado en relación con estos temas de I&D
- **UNIVERSITY OF LEEDS**
INSTITUTE FOR TRANSPORT STUDIES
Trabaja en aspectos económicos, ambientales, de modelización, externalidades y planificación del transporte desde 1970. Más recientemente se agrega el área **ITS** (IntelligentTransportSystems)

- **UNIVERSITY OF NOTTINGHAM**
Posee importantes centros de investigación ferroviaria como el **CENTRE FOR RAIL HUMAN FACTORS**, que estudia los factores humanos en el sistema ferroviario y el **RAILWAY TRACK SYSTEM INTEGRATION AND OPTIMISATION**, que cuenta con laboratorios de gran porte para estudios de infraestructura en escala. Ofrece programas de Posgrado y Doctorado.
- **MANCHESTER METROPOLITAN UNIVERSITY**
RAIL TECHNOLOGY UNIT. Trabaja en proyectos de avanzada en:
Dinámica Vehicular,
Optimización de perfiles de ruedas.
Interacción riel-rueda.
Cuenta con equipamiento experimental de primer nivel mundial y tiene carreras de Grado, Master, Doctorado
- **UNIVERSITY OF HUDDERSFIELD**
EL INSTITUTE OF RAILWAY RESEARCH, es un grupo de I&D en temas ferroviarios, con importante dotación de personal y dirigido por el Dr. Simon Iwnicki, prestigioso especialista, editor del Handbook of Railway Vehicle Dynamics, obra de referencia en el tema de dinámica vehicular¹².
- **IMPERIAL COLLEGE OF LONDON**
En el mismo funciona el **FUTURE RAILWAYS RESEARCH CENTRE**
Sus temas de I&D son: Interacción vía-vehículo, diseño de vehículos ferroviarios, estudios de fatiga en ejes ferroviarios, estructuras de gerenciamiento ferroviario.
- **SHEFFIELD HALLAM UNIVERSITY**
Otorga el título de grado **“F.D. ENG RAILWAY ENGINEERING”**. (Foundation degree in Engineering). Es un título que se otorga en el Reino Unido y es aproximadamente intermedio entre un Bachelor y una Tecnicatura en la Argentina)

3.3.2. Italia

Italia tiene una larga tradición de pionera en ingeniería ferroviaria. Ya en 1938 corrían en algunos

tramos trenes eléctricos a 200 Km/h. Actualmente tiene el 70% de su red electrificada y más de 1.500 Km de red de alta velocidad, nominalmente de 300 Km/h. Su importante y activa industria ferroviaria mantiene estrecha relación con los sectores de I&D de universidades y politécnicos.

Los estudios de grado en el sistema Italiano siguen el esquema del Acuerdo de Bologna, con un título de "Laurea" de 3 años seguido de la "Laurea Specialistica" o "Laurea Magistrale" de 2 años (valores nominales, que frecuentemente se alargan). Este último título equivale al Master anglosajón.

Adicionalmente se dictan el "Master di Primo Livello", al cual se accede con el título de Laurea y el "Master di Secondo Livello" al cual se accede después de haber completado la Laurea Specialistica/Magistrale. Estas son maestrías similares a las argentinas, que se suelen cursar simultáneamente con la actividad profesional. Finalmente existe el "Dottorato de Ricerca" equivalente al Ph.D. o a nuestro doctorado. Este esquema es en general válido (con los obvios traducciones de nombres) para los demás países que adhieren al acuerdo de Bologna.

Resumimos en lo que sigue las actividades universitarias en el área ferroviaria. Incluimos en algunos casos el área de transportes en general dado que contiene a la anterior. Algunas universidades tienen actividad de I&D de primer nivel internacional en el área ferroviaria pero se especializan en el doctorado solamente en el doctorado.

- **UNIVERSITÀ DI ROMA "LA SAPIENZA".**

MASTER UNIVERSITARIO DI II LIVELLO IN INGEGNERIA DELLE INFRASTRUTTURE E DEI SISTEMI FERROVIARI, en colaboración con la empresa FerroviedelloStato, y otras.

Además ofrece el:

DOTTORATO DE RICERCA IN INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

Se desarrollan temas de I&D en ingeniería ferroviaria, apoyado por importantes laboratorios de ensayos.

- **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE**

Ofrece la **LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DELLE INFRASTRUTTURE VIARIE E TRASPORTI**

El ámbito profesional de esta carrera inclu-

ye los proyectos avanzados de las grandes infraestructuras de transporte terrestre viales y ferroviarias.

- **UNIVERSITA DI SALERNO**

No se desarrollan carreras de grado en Ingeniería ferroviaria, aunque en el Departamento de Ingeniería Industrial (Ingeniería Industrial tiene en Italia una acepción distinta, más amplia que en nuestro medio) se trabaja en:

Sistemas de Conversión de Energía

Sistemas de Potencia y Electrónica de Potencia.

Sistemas Eléctricos para la Energía y el Transporte

Este ultimo aplicación en tracción ferroviaria.

- **UNIVERSITÀ DI NAPOLI "FEDERICO II"**

MASTER UNIVERSITARIO DI II LIVELLO IN INGEGNERIA DEI SERVIZI E DEI SISTEMI FERROVIARI Temas de trabajo son:

Tecnología de los sistemas de transporte ferroviario.

Métodos y modelos para el proyecto de horarios ferroviarios.

Modelos de simulación del ejercicio ferroviario.

Sistemas de tracción y dinámica de los vehículos ferroviarios.

Normativas específicas del sector ferroviario.

Sistemas de gestión de la seguridad, del trabajo, del ambiente y de la calidad en el ámbito ferroviario.

Planificación y control de la gestión ferroviaria.

Tiene la colaboración de las empresas del sector: Ansaldo Breda, Ansaldo STS S.p.A., Gruppo Ente Autonomo Volturnos.r.l, Bombardier y Metronapoli.

Tienen un importante laboratorio de ingeniería ferroviaria, donde ensayan ruedas, bogies, aerodinámica de locomotoras y vagones (con modelos en túnel de viento), rieles e infraestructura de vía

- **POLITECNICO DI MILANO**

Es el mayor y más prestigioso de Italia.

Tienen un importante laboratorio de ingeniería ferroviaria, donde ensayan ruedas, bogies, rieles e infraestructura de vía.

Realizan trabajos de fluidodinámica experimental (con modelos en túnel de viento) y computacional para la optimización de la geometría de vehículos ferroviarios. Realizan trabajos para diseño de trenes de alta velocidad para Tenitalia (Ferrovía dello Stato) y Ansaldo-Breda. En programas de doctorado del más alto nivel internacional estudian temas I&D ferroviario relacionados con lo expuesto más arriba, aunque no tienen carreras de grado en ingeniería ferroviaria.

- **POLITECNICO DI TORINO**

Es el otro gran Politécnico italiano, que disputa el primer lugar al de Milano.

Es muy activo en R&D ferroviario. Participa del proyecto europeo ACEM de automatización del mantenimiento de la infraestructura ferroviaria¹³.

En el departamento de ingeniería Mecánica funciona el RailwayTechnologyLaboratory, que se dedica a:

Simulación numérica de la estabilidad dinámica de vehículos ferroviarios.

Tests de estabilidad en prototipos en escala¹⁴.

Desarrollo de algoritmos y códigos de simulación del contacto rueda-riel y del desgaste debido a la interacción de los perfiles rueda-riel.

Sensores y sistemas de diagnóstico del vehículo ferroviario.

Las actividades de I&D las aplican al doctorado. No tienen carreras de grado en ingeniería ferroviaria.

- **UNIVERSITÀ DI PISA**

- **LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DEI VEICOLI**

- Carrera de grado que estudia el diseño de vehículos terrestres, tanto viales como ferroviarios, en sus aspectos aerodinámicos, eléctricos, electrónicos y mecánicos.

- **UNIVERSITÀ DI CATANIA.**

- **LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DEI TRASPORTI**

- Se dedica planificación, proyecto, construc-

ción y gestión de los sistemas de transporte.

- **UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

- **DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI TRASPORTI**

- Se desarrollan tesis sobre a las distintas modalidades del transporte, incluyendo obviamente el ferroviario y su interacción, por ejemplo en el transporte multimodal.

3.3.3. Alemania

El sistema ferroviario alemán, sus industrias ferroviarias y universidades son de primer nivel mundial y se encuentran armónicamente relacionadas¹⁵. La revisión que presentamos no es exhaustiva sino que nos concentramos primordialmente en las universidades del grupo **TU9**¹⁶, alianza de las 9 universidades alemanas de mayor prestigio en el área tecnológica. Todas ofrecen el Doctorado en Ingeniería. Concentran el 51% de los graduados y el 57% de las tesis de doctorado en ingeniería de Alemania.

- **AACHEN UNIVERSITY**

- En el **DEPARTMENT OF RAIL VEHICLES AND MATERIALS HANDLING TECHNOLOGY** se desarrollan trabajos de I&D en temas de mecánica vehicular y control, ruedas y bogies, operación inteligente, tráfico de cargas, guiado en la vía y aplicación de navegación satelital al tráfico ferroviario. Programas de:

- **BACHELOR IN MOBILITY AND TRANSPORT**
MASTER IN MOBILITY AND TRANSPORT.

- Dentro de ambos existe la especialización ferroviaria

- **TU BRAUNSCHWEIG**

- En esta universidad existe el **INSTITUTE OF RAILWAY SYSTEMS ENGINEERING AND TRAFFIC SAFETY**. Ofrece las carreras:

- **BACHELOR IN TRANSPORT SYSTEMS.**
MASTER TRANSPORT SYSTEMS

- En ambos casos se ofrece la especialidad ferroviaria y vial.

- **TU BERLIN.**

- Desarrolla sus actividades el importante instituto **TRANSPORT PLANNING AND TECHNOLOGY OF TRANSPORT SYSTEMS,**

con actividades de I&D en:

Vehículos ferroviarios, transmisiones, simulación de sistemas con muchos grados de libertad, ensayo y análisis de vehículos ferroviarios, componentes ferroviarios y de infraestructura, análisis de ruido. Sistemas de electrificación ferroviaria, consumo de energía de sistemas ferroviarios, propulsión de trenes de alta velocidad, operación ferroviaria automática. Optimización de sistemas ferroviarios. Tecnología Maglev

- **TU MÜNCHEN**

Se ofrece el grado **MASTER IN TRANSPORTATION SYSTEMS**. Está orientado al transporte en general, su interrelación y optimización, pero no específicamente al transporte ferroviario.

- **KARLSRUHE INSTITUTE OF TECHNOLOGY**

Su actividad de I&D es acerca los vehículos ferroviarios, su interrelación, la infraestructura y la operación ferroviarias. Ofrece un programa de:

BACHELOR IN MECHANICAL ENGINEERING IN RAIL SYSTEM TECHNOLOGY.

- **UNIVERSITÄT STUTTGART**

Existe el **INSTITUTE OF RAILWAY AND TRANSPORTATION ENGINEERING**.

Se ocupa de diseño de sistemas de transporte, economía del transporte, mecánica del transporte guiado y características de los vehículos ferroviarios..

- **TU DRESDEN**

En esta Universidad existe una facultad entera dedicada a temas Ferroviarios y del Transporte: **THE FACULTY OF TRANS-**

PORTATION AND TRAFFIC SCIENCES "FRIEDRICH LIST". Es la más importante de Alemania en el área. La figura 1 da idea de su dimensión.

Dentro de esta desarrolla sus actividades el:

INSTITUTE OF RAILWAY SYSTEMS AND PUBLIC TRANSPORT

con las siguientes áreas:

Transportation Systems Engineering

Planning and Design of Railway Infrastructure

Rail and Public Urban Transport

Railway Signalling and Transport Safety Technology

Institute of Traffic Telematics

Traffic Control and Process Automation

Transport Systems Information Technology

Traffic Communication Systems

Posee programas de Bachelor, Master y Doctorado

3.3.4. España

España se ha convertido en un país de primer nivel mundial en tecnología ferroviaria. Con una red 2.600 Km de trenes de alta velocidad solo es superada por China (9.300 Km)¹⁷. Está exportando trenes de alta velocidad a Saudi Arabia, Rusia, y Kazakstan¹⁸, y tranvías y material rodante a diversos países, entre ellos a Estados Unidos.

Las universidades o institutos dedicados al tema son:

- **EADIC** (Escuela abierta de desarrollo de ingeniería y construcción)

Dicta postgrado online: **ESPECIALIZACIÓN EN DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS**



Figura1. La Facultad de Transporte y Ciencias del Tráfico "Friedrich List"

- **UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID,**
En su **CENTRO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS FERROVIARIAS** ofrece el **POSGRADO EN TECNOLOGÍAS FERROVIARIAS**

I&D y docencia dentro área de tecnología ferroviaria.

- **UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS** (Madrid)

LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA de ofrece el título de **MASTER UNIVERSITARIO EN SISTEMAS FERROVIARIOS**

- **UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA**
En el, **INSTITUTO DE TRANSPORTE Y TERRITORIO**, ofrece el posgrado de **MASTER EN FERROCARRILES Y TRANSPORTE FERROVIARIO.**

- **UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA,** (estatal) ofrece la carrera de **INGENIERIA FERROVIARIA**

- **UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO.**
Desarrolla sus actividades el **GRUPO DE OPTIMIZACIÓN DE ESTRUCTURAS Y SISTEMAS FERROVIARIOS**

Se dictan materias de grado y se desarrollan proyectos de fin de carrera y doctorados.

- **UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNIA**
Se dicta el **MÁSTER EN SISTEMAS FERROVIARIOS Y TRACCIÓN ELÉCTRICA**

El Máster tiene por objetivo formar profesionales especializados en el transporte ferroviario, abarcándose a lo largo del mismo las diferentes disciplinas que conforman la ingeniería ferroviaria: electrificación, señalización, comunicaciones, material rodante, gestión y explotación de empresas ferroviarias.

3.3.5. Francia

La enseñanza de la ingeniería en Francia presenta una estructura relativamente compleja. Conviven las “Grandes Écoles” y las universidades, carreras sin título intermedio y otras según el Acuerdo de Bologna. A esto se agregan diferentes tipos de maestrías y doctorados. Adicionalmente,

mucho trabajo de I&D y se lleva a cabo en instituciones como el CNRS que no son formalmente parte de las universidades pero están muy integradas con las mismas. Por este motivo, a pesar de ser Francia un país de primer nivel en tecnología ferroviaria, omitimos un estudio detallado de los muchos títulos ofrecidos que exigiría tediosas explicaciones adicionales y no aportaría mucho a lo expuesto en las secciones anteriores.

3.4. Europa Oriental

A diferencia de Europa Occidental, el transporte y la industria ferroviarios en Europa Oriental se hallaban centralizados, en manos estatales. Las facultades de ingeniería eran las proveedoras naturales tanto de personal técnico como de desarrollos tecnológicos. A su vez, el sistema ferroviario no sufría una fuerte competencia del transporte automotor, de menor desarrollo relativo, por lo que se desarrollaron redes ferroviarias con amplia cobertura territorial tanto en servicios de carga como de pasajeros. En este contexto hubo un importantísimo desarrollo del área ferroviaria en las universidades, que ha perdurado. En ciertos casos toda una facultad o aún una universidad se dedica a enseñanza e I&D en temas ferroviarios. Veremos los casos de Rumania y Rusia.

3.4.1. Rumania

País de producto bruto per cápita inferior al de la Argentina, aún así asegura que todas las poblaciones de alguna importancia están servidas por ferrocarril, con servicio de pasajeros. Tiene un 35% de líneas electrificadas, lo que asegura un uso relativamente eficiente de la energía. Correspondientemente, hay gran desarrollo de enseñanza e I&D en temas ferroviarios. En la Universidad Técnica de Bucarest una facultad entera está dedicada a este tema.

- **UNIVERSIDAD DE CLUJ-NAPOCA**

Ofrece:

Carrera de grado en **FERROCARRILES.**

Carrera de especialización en **FERROCARRILES Y PUENTES.**

Maestría en Ingeniería de la **INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE.**

Doctorado en áreas de **INGENIERÍA DEL TRANSPORTE.**

temas de ingeniería

- **UNIVERSIDAD TECNICA EN INGENIERIA CIVIL DE BUCAREST**

La Integran cinco Facultades, una de ellas exclusivamente de Ingeniería Ferroviaria, la **FACULTAD DE FERROCARRILES Y PUENTES**.

Ofrece cursos de grado, maestrías y doctorado en temas ferroviarios

Destacamos la **MAESTRÍA EN LA INGENIERÍA DE TRENES DE ALTA VELOCIDAD**. Vemos que aunque el país no cuenta aún con trenes de alta velocidad, está capacitando ingenieros en el tema, anticipándose a necesidades futuras.

- **UNIVERSIDAD DE CRAIOVA**

Tiene 16 Facultades, 3 de ellas en Ingeniería, en las especialidades Eléctrica, Mecánica, Electromecánica e Informática industrial.

Aunque no desarrolla carreras de grado en ingeniería ferroviaria, tiene fuerte tradición en I&D en material ferroviario, particularmente en tracción eléctrica, dado que está ubicada próxima una gran fábrica de locomotoras eléctricas y diesel eléctricas, con más de 3500 unidades producidas para uso nacional y exportación.

- **UNIVERSIDAD TECNICA DE TIMISOARA**

La forman 10 Facultades de Ingeniería, en distintas especialidades.

Entre ellas la Facultad de Management en Producción y Transporte.

Se desarrollan tesis de doctorado, además en temas de ciencia de materiales, electrónica y electrotecnia en temas relacionados con Ingeniería del Transporte.

3.4.2. Rusia

Con una densidad de población de menos de la mitad de la Argentina existen **13 universidades** totalizando **27 sedes** dedicadas primordialmente a las disciplinas relacionadas con el transporte. De entre ellas, **8 universidades** con **20 sedes** en distintas ciudades se dedican **exclusivamente a la ingeniería ferroviaria**.

La más importante de ellas es la **MOSCOW STATE UNIVERSITY FOR RAILWAY ENGINEERING**. Fundada en 1896, tiene **120.000 estudiantes**, **2.500 docentes** y **6.500 personal auxiliar**. Es la

mayor Universidad Rusa (aún considerando todas las demás disciplinas universitarias). Posee numerosas carreras de grado, master y PhD.

También se destacan la **IRKUTSK STATE RAILWAY TRANSPORT ENGINEERING UNIVERSITY** con sedes en las ciudades de Ulan-Ude, Severo-baikalsk, Abakan y Bratsk, y la **PETERSBURG STATE RAILWAY UNIVERSITY**

Típicamente, las Universidades de Ingeniería Ferroviaria se organizan en Facultades de Ingeniería Civil, Mecánica, Puentes y Túneles, Operación Ferroviaria, Electromecánica, Electrónica y Economía Ferroviaria. A efectos de apreciar su magnitud, adjuntamos fotos de algunas de las facultades dedicadas íntegramente a la ingeniería ferroviaria.



Figura 2. Universidad Estatal de Moscú de Ingeniería Ferroviaria.



Figura 3. Universidad Estatal de San Petersburgo de Ingeniería Ferroviaria.

3.5. Asia

Es imposible en un informe de esta naturaleza dar cuenta de la enorme actividad universitaria en Asia en el área ferroviaria. Debido a la alta densidad de población el ferrocarril es esencial en el movimiento de pasajeros y carga. Japón ha

sido precursor de la tecnología de los trenes de alta velocidad. China se ha convertido en el primer exportador mundial de material ferroviario y ya posee una red de 9500 Km de trenes de alta velocidad en plena expansión. La India posee uno de los sistemas ferroviarios de cargas y pasajeros más importantes del mundo. Mostraremos este último caso, interesante por la forma particular de encarar la formación de ingenieros ferroviarios.

3.5.1. India

El transporte ferroviario en India depende de la compañía estatal **INDIAN RAILWAYS**. La misma transporta 30 millones de pasajeros y 2.8 millones de toneladas de carga por día sobre una red de 115.000 Km. de extensión¹⁹.

La formación de Ingenieros Ferroviarios se lleva a cabo principalmente en cinco grandes institutos de ingeniería que dependen directamente de la compañía estatal de ferrocarriles. Los mismos son:

- **INSTITUTO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES Y SEÑALAMIENTO DE LOS FERROCARRILES DE LA INDIA**, Secunderabad.
- **INSTITUTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA DE LOS FERROCARRILES DE LA INDIA**, Jamalpur.
- **INSTITUTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LOS FERROCARRILES DE LA INDIA**, Nasik.
- **INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL DE LOS FERROCARRILES DE LA INDIA**, Pune
- **INSTITUTO DE PERSONAL JERÁRQUICO DE LOS FERROCARRILES DE LA INDIA**, Vadodara.

Es interesante observar que las titulaciones ofrecidas marcan precisamente las especialidades necesarias para mantener y desarrollar uno de los más grandes sistemas ferroviarios del mundo, crucial para el funcionamiento del país.

Se desarrollan además trabajos de I&D, cursos, maestrías y doctorados en temas relacionados con ingeniería ferroviaria en los cientos de Universidades e Institutos Tecnológicos del país.

3.6. Oceanía

3.6.1. Australia

Desde el punto de vista del desarrollo de un sistema ferroviario, Australia posee algunas si-

militudes con la Argentina, por lo que veremos su caso con algún detenimiento. Tiene grandes extensiones desérticas, grandes distancias y población desigualmente distribuida con una densidad promedio de solo 3 Hab/Km², (14,5 Hab/Km² de Argentina). Al igual que la Argentina, la red tiene tres trochas diferentes: ancha, de 1.600 mm, media de 1.435 mm y angosta de 1.067 mm²⁰, valores próximos a los de la Argentina de 1.676 mm, 1.435 mm y 1.000 mm. La extensión total de la red es de 41.500 Km, valor próximo al que supo tener la Argentina de más de 45.000 Km.

A diferencia de la Argentina, sin embargo, la red está perfectamente operativa, con 2.940 Km de vía electrificada²¹, y permanece en manos estatales o federales. Tiene una importante industria ferroviaria propia, con tres grandes compañías que producen material ferroviario y exportan: Commonwealth Engineering, Downer EDI Rail y UnitedGroup Rail.

En cuanto al transporte de carga, la diferencias son abismales: 815 MTn anuales versus 23 MTn de la Argentina. El porcentaje de TnKm transportadas por ferrocarril es sensiblemente superior al vial: 237 BTnKm en el primer caso contra 190 BTnKm transportadas por camión²², presentando esto también una gran diferencia con la situación de nuestro país, donde el grueso de la carga se transporta por camión.

A pesar de las grandes distancias y la baja densidad de población el sistema ferroviario sostiene además un activo tráfico de pasajeros, cuyas rutas se muestran en la figura 4.



Figura 4 .Rutas del servicio ferroviario de pasajeros en Australia.

En Australia, al igual que en Argentina, hay una aguda falta de ingenieros²³. Se gradúan unos 6.000 al año (grado de bachelor de 4 años más un variado número de posgrados). En líneas generales podríamos decir entonces que es un número similar al de nuestro país. Sin embargo, referido a una población de 23 millones, el número de graduados por habitante casi duplica al de la Argentina. Para llevar adelante desarrollos conjuntos ferroviarios se ha creado el Cooperative-Research Centre (CRC) for Rail Innovation, con un presupuesto de más de 100 millones de dólares americanos en 7 años. El mismo lo constituyen las más importantes empresas de transporte y material ferroviarios conjuntamente con siete importantes universidades:

Central Queensland University

Monash University

Queensland University of Technology

Southern Cross University

The University of Queensland

University of South Australia

The university of Wollongong

Detallaremos en lo que sigue las universidades australianas que ofrecen títulos en temas de ingeniería ferroviaria o afines.

- **CENTRAL QUEENSLAND UNIVERSITY**

Desarrolla sus actividades el **CENTRE FOR RAILWAY ENGINEERING (CRE)**

Forma graduados y trabaja en I&D con fuerte relación con la industria, en los temas: dinámica de vehículos ferroviarios, fatiga estructural, análisis de fallas, control de erosión, sistemas de control y sistemas de frenos. Tiene importantes laboratorios con equipamiento de gran porte, con capacidad para ensayos en fatiga dinámica de estructuras ferroviarias y material rodante.

Se ofrecen los siguientes títulos en el área ferroviaria (preferimos transcribirlas en el idioma original para no perder precisión en la traducción):

Graduate Certificate in Maintenance Management

Graduate Certificate in Project and Program Management

Graduate Certificate in Rail Operations Management

Graduate Certificate in Railway Signalling and Telecommunications

Graduate Diploma of Maintenance Management

Graduate Diploma of Project and Program Management

Graduate Diploma of Rail Operations Management

Graduate Diploma of Railway Signalling and Telecommunications

Master of Accident Investigation (Specialisation)

Master of Maintenance Management

Master of Management (Engineering)

Master of Project and Program Management

Master of Rail Operations Management

Master of Railway Signalling and Telecommunications

("Graduate Certificates" se entregan a estudiantes que ya hayan recibido el grado de bachelor).

Además se desarrollan doctorados en temas afines

- **QUEENSLAND UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

MASTER OF ENGINEERING RAILWAY INFRASTRUCTURE,

Esta maestría se desarrolla exclusivamente para ingenieros que ya trabajan en la industria ferroviaria, sobre una base part-time, con esquemas flexibles que incluyan educación a distancia. El diseño de la misma se apoya en el **COOPERATIVE RESEARCH CENTRE (CRC) FOR RAIL INNOVATION**, descrito más arriba

- **UNIVERSITY OF WOLLONGONG**

CENTRE FOR GEOMECHANICS AND RAILWAY ENGINEERING

Se especializa en los problemas asociados con el diseño y mantenimiento de infraestructura ferroviaria para trenes de carga de elevado peso por eje y trenes de pasajeros de alta velocidad en terrenos caracterizados por condiciones adversas. Estudia el

diseño de infraestructuras ferroviarias en suelos blandos o arcillosos, deslizamientos en obras de arte, monitoreo, modelización y control de obras de arte en suelos problemáticos y degradación de balasto.

Adicionalmente se ocupa del diseño de material rodante y entrega los diplomas de:

GRADUATE CERTIFICATE IN ROLLING STOCK ENGINEERING

MASTER OF ROLLING STOCK ENGINEERING

- **MONASH UNIVERSITY**

THE INSTITUTE OF RAILWAY TECHNOLOGY

Es el principal centro de investigación en vías y material rodante en Australia y es uno de los principales proveedores de I&D en ingeniería ferroviaria del país, de excelente reputación y conexiones internacionales. Cuenta con 40 años de tradición y se ocupa tanto de infraestructura como de material rodante. Ofrece Doctorados en estas áreas y el diploma de MASTER OF TRANSPORT

Conclusiones

1. El número de graduados en áreas afines a la Ingeniería Ferroviaria en el país es absolutamente insuficiente. Como comparación, para mantener el sistema ferroviario argentino entre 1959 y 1990 se graduaron en la Carrera de Especialización de UBA más de 900 ingenieros que en su casi totalidad se incorporaron a Ferrocarriles del Estado. Al presente, la mayoría de ellos están retirados o ejerciendo otra actividad. Ahora debemos diseñar, construir y mantener un sistema prácticamente de cero y es imposible llevar adelante esta tarea solamente con los graduados de dicha carrera de especialización y las tecnicaturas recientemente creadas.
2. Es altamente deseable tener una fuerte industria ferroviaria local. Esto agrega demanda de profesionales en todos los niveles, desde tecnicaturas hasta doctorados.
3. Vemos en la Tabla I el “hueco” existente en la formación de grado. Es evidente,

incluso en comparación con otros países, la necesidad de una carrera de grado en Ingeniería Ferroviaria.

4. Vemos del resumen presentado en relación con América Latina, la escasa producción de graduados específicos en ingeniería ferroviaria. Esto abre posibilidades de establecer industrias y consultorías con liderazgo en la región.
5. Del informe acerca de la situación en Estados Unidos vemos que han reconocido su atraso en ciertas áreas críticas y están realizando importantes inversiones estatales en enseñanza de la ingeniería ferroviaria para remediar la situación.
6. Vemos que en Estados Unidos, Australia y Europa se establecen redes de universidades e industrias a fin de afrontar desarrollos de importancia en el área.
7. Del resumen presentado acerca de Europa vemos que el camino seguido por Europa Occidental es, en una primera etapa, inviable para la Argentina, dado la inexistencia de empresas de alta tecnología tanto en diseño y fabricación como en operación en el sector que puedan liderar el desarrollo tecnológico en el sector ferroviario. Parece más apropiado, inicialmente al menos, el camino seguido por los países de Europa Oriental o Asia donde existen grandes universidades que forman el personal necesario.
8. La gran variedad de temas de trabajo en I&D y en titulaciones muestra claramente que la ingeniería Ferroviaria Tiene identidad propia y no es de meramente una especialidad de la Ingeniería Civil o Mecánica u otra.
9. El caso de España nos muestra que una acción coordinada de una empresa estatal ferroviaria fuerte, las universidades y las industrias privadas fabricantes de todo tipo de material ferroviario puede, en un plazo relativamente corto, llevar el país a una situación de liderazgo internacional en el área. El caso del Gran Bretaña nos muestra la situación inversa, es decir cómo una política errónea puede llevar a un país que fue líder tecnológico en el área a una posición de segundo nivel. Vemos en este caso también que tener excelentes áreas de I&D en las universidades no es suficiente si no

hay una política clara por parte de estado de fijar un horizonte cierto de desarrollo a las industrias privadas del sector.

10. El caso de Rumania nos muestra cómo es posible, aún con recursos relativamente modestos, tener un sistema ferroviario al servicio de la población y de las industrias locales. Asimismo, es interesante observar que han creado una maestría en trenes de alta velocidad previendo generar con anticipación los recursos humanos necesarios para poder en el futuro incorporarse a la red europea de alta velocidad en proceso de expansión. Vemos también que en Bucarest hay una facultad entera dedicada a la ingeniería ferroviaria.
11. El caso de Rusia muestra la enorme dimensión e importancia del estudio de la ingeniería ferroviaria en ese país, con universidades enteras dedicadas al tema. Puede argüirse que la dimensión del país lo justifica, pero aún así es interesante dividir los números presentados por cualquier factor de escala propuesto (superficie del país y/o población, por ejemplo) en relación con nuestro país para ver que aún así daría números muy grandes. Hacemos notar que Rusia forma parte del grupo BRIC.
12. El caso de la India, también del grupo BRIC, nos muestra qué especialidades son necesarias para mantener y ampliar un sistema ferroviario que es vital para el funcionamiento y el desarrollo de un país.
13. El caso de Australia nos muestra cómo con coordinación entre el estado, las universidades y la industria privada se puede, a pesar de la adversa economía de escala asociada con la baja densidad de población y las grandes distancias, tener una industria propia, un eficiente sistema de cargas y un red troncal de pasajeros.
14. Como conclusión final creo que las facultades de ingeniería tenemos el ineludible deber de formar los ingenieros, técnicos e investigadores que permitan tener un sistema ferroviario al servicio del país, eficiente, seguro y sustentable y una industria ferroviaria moderna que permita el autoabastecimiento y la exportación. La formación de estos profesionales llevará tiempo por lo que debemos comenzar sin demora a trabajar en este sentido. La falta de un sistema ferroviario aceptablemente desarrollado y eficiente será, de otra ma-

nera, un cuello de botella en el desarrollo del país.

Referencias

- 1 www.sinfin.net/railways/world/usa/history.html
- 2 www.ncl.ac.uk/newrail/assets/docs/tunrail-hb.pdf
- 3 www.ushsr.com/ushsrmap.html
- 4 www.ncl.ac.uk/newrail/assets/docs/tunrail-hb.pdf
- 5 TUNRailproyect, 2011 TransatlanticProjectin. Railway Education, <http://www.ncl.ac.uk/newrail/assets/docs/TUNRailNewsletter1Final.pdf>
- 6 <http://www.progressiverailroading.com>
- 7 <http://co-labs.org/labs?id=13>
- 8 [wikipedia.org/wiki/Privatisation of British Rail](http://wikipedia.org/wiki/Privatisation_of_British_Rail)
- 9 [www.gracesguide.co.uk/Metro Cammell](http://www.gracesguide.co.uk/Metro_Cammell)
- 10 wikipedia.org/wiki/BREL
- 11 www.theatlanticcities.com/commute/2012/09/why-britains-railway-privatization-failed/3378/
- 12 Iwnicki Simon. Handbook of Railway Vehicle Dynamics, Taylor and Francis, 2006.
- 13 www.acem-rail.eu/summary.html
- 14 springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-36246-0_4#page-1
- 15 Fengler, Wolfgang et al, Mechanics Transport Communications, Issue 3, 2007
- 16 www.tu9.de/en
- 17 [wikipedia.org/wiki/High speed rail by country](http://wikipedia.org/wiki/High_speed_rail_by_country)
- 18 www.railwaygazette.com/news/industry-technology/export-contracts-drive-talgo-expansion.html
- 19 Nag, Bodhibrata Public procurement: a case study of the Indian Railways, 2012.
- 20 www.infrastructure.gov.au
- 21 www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/print_2121.htm
- 22 http://www.bitre.gov.au/publications/2012/files/stats_002.pdf
- 23 <http://rtsa.com.au/assets/2009/06/final-skill-shortages-rail-engineers-australia.pdf>