



REMECIN

La Infraestructura en Recursos Humanos en el Área Nuclear

Juan Luis François Lacouture

Facultad de Ingeniería – UNAM
Red Mexicana de Educación, Capacitación
e Investigación Nuclear

Presentación al Comité Nuclear

Secretaría de Energía

México D.F.

31 de Mayo de 2012

Introducción

- La formación de recursos humanos es el pilar para el desarrollo y mantenimiento de un programa nucleoléctrico
- La educación y la capacitación son complementarias
- En México se tiene la infraestructura básica requerida:
 - Instituciones de Educación Superior
 - Organismo regulador
 - Instituto de Investigaciones Nucleares
 - Instituto de Investigaciones Eléctricas
 - Compañía estatal de generación eléctrica (2 reactores en operación desde 1990 y 1995).



REMECIN



Sector Nuclear Mexicano

Organización

CNSNS

Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias



Secretaría de Energía

Planeación, Generación, Distribución y Despacho económico



Comisión Federal de Electricidad



ININ
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

IIE
Instituto de Investigaciones Eléctricas

Universidades Públicas

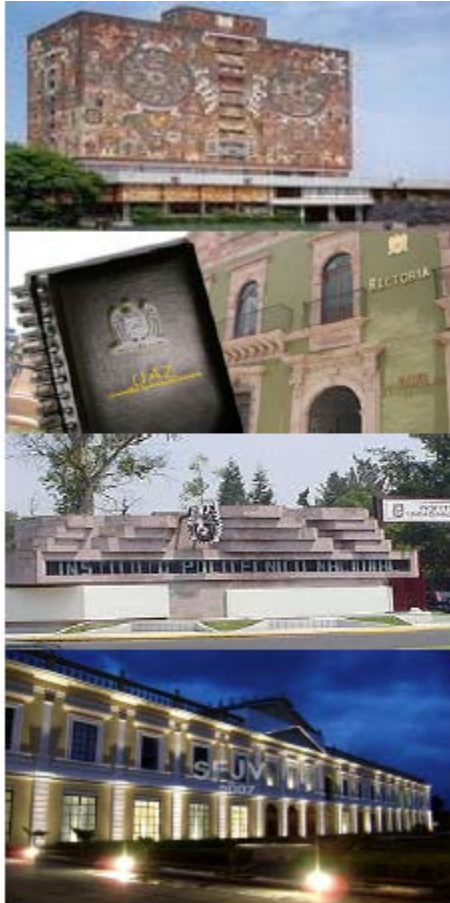
Red Temática Nuclear

CONACYT

Universidades

L, Licenciatura
M, Maestría
D, Doctorado

1. Instituto Politécnico Nacional - **L, M y D**
 2. Universidad Nacional Autónoma de México - **L, M y D**
 3. Universidad Autónoma Metropolitana - **L**
 4. Universidad Autónoma de Zacatecas - **M**
 5. Universidad Autónoma del Edo. de México – **M y D**
 6. Universidad Veracruzana – **L**
- No existe la carrera ni posgrado en ingeniería nuclear



Instituto Politécnico Nacional

- La Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) ofreció la Maestría en Ciencias en Ingeniería Nuclear (MCIN) desde 1961, y estuvo a cargo del Departamento de Ingeniería Nuclear (DIN) de la propia ESFM.
- En 1979 se formó la Opción Nuclear en la licenciatura de Físico-Matemático
- Después de 45 años, tanto la MCIN como el DIN fueron desaparecidos oficialmente a fines del 2008 principios del 2009.
- Desde enero de 2009 se ofrece la Maestría (MCFM) y Doctorado en Ciencias Físicomatemáticas (DCFm) en la ESFM, con Línea de Investigación en Ingeniería Nuclear.

Estadísticas de la MCIN y de la Opción Nuclear de la Licenciatura

- Para MCIN (datos a 2000)
 - Egresados: 125
 - Con grado de Maestría: 40
- Para la Opción en Ingeniería Nuclear (datos a 2000)
 - Egresados: 73
 - Titulados: 30
- Un profesor de tiempo completo en posgrado
- Un profesor de tiempo completo en licenciatura
- Seis profesores de tiempo parcial.
- Apoyo de investigadores del ININ

Maestría en Ciencias Fisicomatemáticas

Estructura del Plan de Estudios LIIN

CLAVE	ASIGNATURAS	HORAS POR SEMANA	CRÉDITOS	CURSO
Primer Semestre				
OBLIGATORIAS				
08B5462	Seminario Departamental I	2	2	S
OPTATIVAS				
	Optativa I	*	*	*
	Optativa II	*	*	*
	Optativa III	*	*	*
Segundo Semestre				
OBLIGATORIAS				
08B5463	Seminario Departamental II	2	2	S
08B4670	Trabajo de Tesis	*	Sin valor	*
OPTATIVAS				
	Optativa IV	*	*	*
	Optativa V	*	*	*
	Optativa VI	*	*	*
Tercer Semestre				
OBLIGATORIAS				
08B5464	Seminario Departamental III	2	2	S
08B4670	Trabajo de Tesis	*	Sin valor	*
OPTATIVAS				
	Optativa VII	*	*	*
	Optativa VIII	*	*	*
Cuarto y Quinto Semestre				
08B4670	Trabajo de Tesis	*	Sin valor	*

S = Seminario

Asignaturas Relacionadas a la Línea de Investigación en Ingeniería Nuclear

Clave	Asignaturas Optativas	Créditos	Horas / semana	T/P
09A5624	ADMINISTRACIÓN DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR	8	4	T
1258	COMPUTADORAS EN LA INGENIERÍA NUCLEAR	8	4	T
1262	CONFIABILIDAD Y ANÁLISIS DE RIESGOS	8	4	T
09A5625	DOSIMETRÍA DE LA RADIACIÓN	8	4	T
1263	ECONOMÍA NUCLEAR	8	4	T
09A5626	FÍSICA RADIOLÓGICA Y DOSIMETRÍA CLÍNICA	8	4	T
09A5627	FÍSICA DE REACTORES NUCLEARES I	8	4	T
09A5628	FÍSICA DE REACTORES NUCLEARES II	8	4	T
1261	FLUJO EN DOS FASES	8	4	T
09A5629	INGENIERÍA DE REACTORES NUCLEARES	8	4	T
1257	INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA	8	4	T
09A5630	LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN Y MEDICIONES NUCLEARES	12	6	T/P
09A5631	LABORATORIO DEL REACTOR NUCLEAR	12	6	T/P
09A5632	MEDICINA NUCLEAR	8	4	T
09A5633	PLANEACIÓN DOSIMÉTRICA EN RADIOTERAPIA	8	4	T/P
09A5634	TEMAS SELECTOS EN INGENIERÍA NUCLEAR	8	4	T



Facultad de Ingeniería:

- En 1999 se incorpora el Grupo de Ingeniería Nuclear:
 - 5 Doctores en Ingeniería Nuclear
 - 1 Maestra en Ciencias en Ingeniería Nuclear
 - 1 Maestro en Ciencias Computacionales
- Carrera de Ing. Eléctrico Electrónico con módulo de salida en Sistemas Energéticos
- Posgrado en Ingeniería → Energía
 - Sistemas Energéticos con perfil en Sistemas Nucleoeléctricos



PLAN DE ESTUDIOS

4 Semestres regulares en los que se cubren 72 créditos

Semestre 1 Créditos

- Termodinámica 6
- Evaluación de sistemas energéticos 6
- Matemáticas Aplicadas 6
- Fundamentos de Ingeniería Nuclear 6

Semestre 2

- Energía y medio ambiente 6
- Optativa 6
- Proyecto de investigación I 8
- Optativa 6

Semestre 3

- Proyecto de investigación II 16
- Optativa 6

Semestre 4

- TESIS

Doctorado por investigación: 8 semestres. Candidatura al 4o semestre

Optativas del Perfil Sistemas Nucleoeléctricos

1. Análisis de reactores nucleares
2. Tecnología de centrales nucleoeléctricas
3. Introducción al análisis probabilístico de seguridad
4. Seguridad de reactores nucleares
5. Factores humanos en ingeniería y diseño
6. Modelado y simulación de centrales nucleoeléctricas
7. Administración de combustible nuclear
8. Sistemas de control de nucleoeléctricas
9. Diseño de sistemas nucleares
10. Desarrollo de multimedios en la industria nucleoeléctrica
11. Ciclos de combustible y planeación energética

Prácticas:

Instituto de Ciencias Nucleares – UNAM: Interacción de la radiación con la materia, determinación de vida media.

Reactor TRIGA del Centro Nuclear: Aproximación a criticidad, determinación de valor de barra de control. Coeficientes de reactividad

Maestría a distancia en Sistemas Energéticos:

- 2 asignaturas nucleares:
Fundamentos de Ingeniería Nuclear
Introducción al APS
- 8 Alumnos de la Central Laguna Verde

MÓDULO DE SALIDA (Ingeniero Eléctrico Electrónico)

SISTEMAS ENERGÉTICOS

OBLIGATORIAS:

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS (6)
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA II (L+) (11)

OPTATIVAS:

FUNDAMENTOS DE ENERGÍA NUCLEAR (6)
INTRODUCCIÓN A LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA (6)
PLANEACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
PLANTAS GENERADORAS (6)
TEMAS SELECTOS DE SISTEMAS ENERGÉTICOS (6)
TERMODINÁMICA (L+) (11)
USO EFICIENTE EN EQUIPOS DE SERVICIO (6)
MATEMÁTICAS AVANZADAS (8)
SEMINARIO DE TITULACIÓN * (6)
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ** (6)

Temas Selectos de Sistemas Energéticos:

- **Tecnología y Seguridad de Reactores Nucleares**
- **Instrumentación, Simulación y Control de Centrales Nucleoeléctricas**

MÓDULO DE SALIDA

(Ingeniero Eléctrico Electrónico)

PROPUESTA

Sistemas Nucleoeléctricos

OBLIGATORIAS:

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS (6)
TERMODINÁMICA (L+) (11)
FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA NUCLEAR (6)

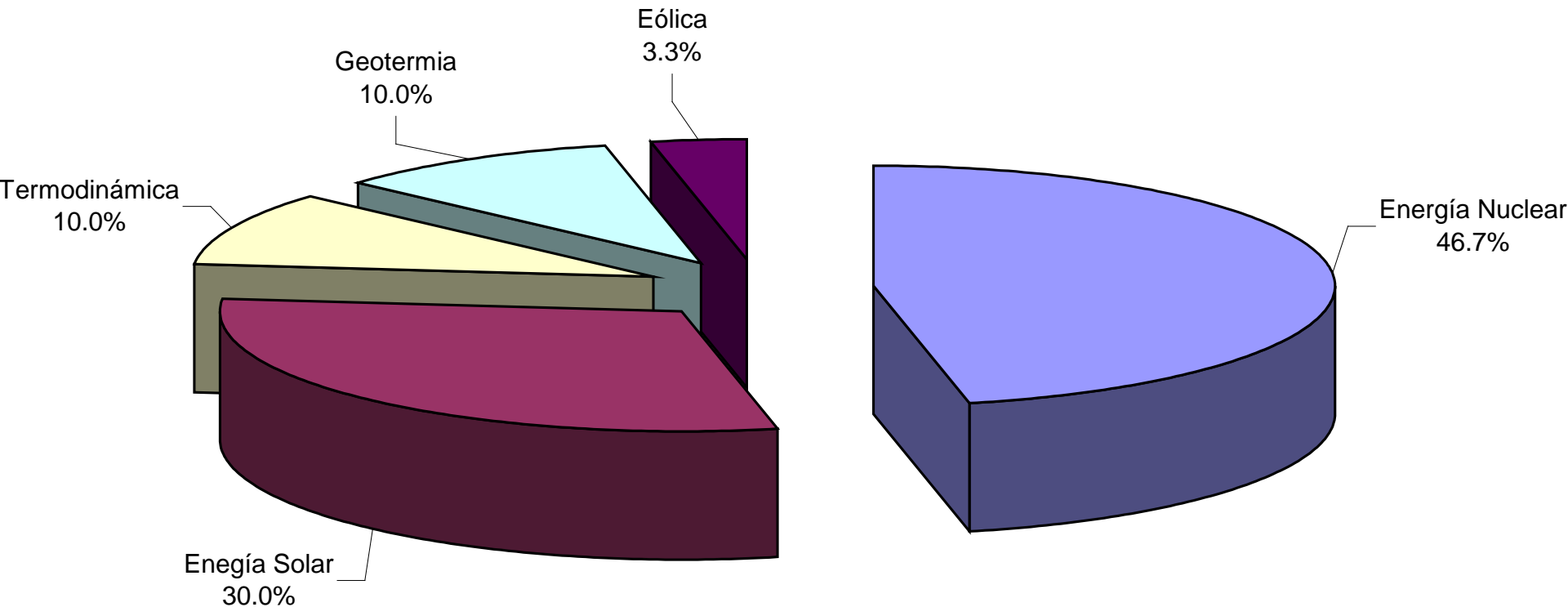
OPTATIVAS:

TECNOLOGÍA DE CENTRALES NUCEOLÉCTRICAS (6)
SEGURIDAD DE REACTORES NUCLEARES (6)
INSTRUMENTACIÓN, SIMULACIÓN Y CONTROL DE CENTRALES NUCL. (6)
INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DE REACTORES NUCLEARES (6)
INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE SEGURIDAD (6)
INTRODUCCIÓN A LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA (6)
PLANEACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA II (L+) (11)
MATEMÁTICAS AVANZADAS (8)
SEMINARIO DE TITULACIÓN * (6)
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ** (6)

Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa

Ingeniería en Energía:

- Desde 1974: 400 titulados



Fundamentos de Energía Nuclear

Optativas:

Física de Reactores I

Física de Reactores II

Termohidráulica de Reactores Nucleares I y II

Instrumentación Nuclear

Radiprotección

Temas Selectos de Energía Nuclear I y II

Personal académico:

2 Doctores

2 Maestros

1 Ingeniero (Técnico de Lab.)

Universidad Autónoma de Zacatecas

- La Maestría en Ciencias Nucleares (MCN) de la Unidad Académica de Estudios Nucleares (UAEN) fue creada en el año de 1996.
- A partir de agosto de 2007 el ingreso se ha elevado de 3 a 16 estudiantes en promedio.
- Actualmente tiene 35 estudiantes.
- Personal académico:

Ocho profesores con grado de doctorado y tres con grado de maestría de tiempo completo

- Por abrir el doctorado.

Plan de Estudios

	Ingeniería Nuclear	Técnicas Analíticas Nucleares	Instrumentación Nuclear	Medicina Nuclear
1	<ul style="list-style-type: none"> • Física de Radiaciones • Seguridad Radiológica • Detección de la Radiación • Lab. de Mediciones Nucleares 	<ul style="list-style-type: none"> • Física de Radiaciones • Seguridad Radiológica • Detección de la Radiación • Lab. de Mediciones Nucleares 	<ul style="list-style-type: none"> • Física de Radiaciones • Seguridad Radiológica • Detección de la Radiación • Lab. de Mediciones Nucleares 	<ul style="list-style-type: none"> • Física de Radiaciones • Seguridad Radiológica • Detección de la Radiación • Lab. de Mediciones Nucleares
2	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis I • Seminario de Metodología de la Investigación I • Introducción a la Ingeniería Nuclear • Métodos Matemáticos y Numéricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis I • Seminario de Metodología de la Investigación I • Radioanalítica • Análisis Estadístico y Control de Calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis I • Seminario de Metodología de la Investigación I • Sistemas y Circuitos de Instrumentación Nuclear • Métodos Matemáticos y Numéricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis I • Seminario de Metodología de la Investigación I • Radio-Inmunoanálisis • Biomatemática
3	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis II • Seminario de Metodología de la Investigación II • Lab. de Ingeniería Nuclear • Optativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis II • Seminario de Metodología de la Investigación II • Laboratorio de Técnicas Analíticas Nucleares • Optativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis II • Seminario de Metodología de la Investigación II • Laboratorio de Instrumentación Nuclear • Optativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis II • Seminario de Metodología de la Investigación II • Laboratorio de Medicina Nuclear • Optativa
4	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis III • Seminario de Metodología de la Investigación III • Proyecto de tesis 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis III • Seminario de Metodología de la Investigación III • Proyecto de tesis 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis III • Seminario de Metodología de la Investigación III • Proyecto de tesis 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminario de Tesis III • Seminario de Metodología de la Investigación III • Proyecto de tesis

Asignaturas optativas

- Física de Reactores Nucleares
- Materiales Nucleares
- Protección Radiológica
- Teoría de Blindajes
- Dosimetría de Radiaciones
- Diseño de Blindajes para Equipos de Rayos X
- Activación Nuclear
- Espectrometría Nuclear
- Química de Radiaciones
- Instrumentación Nuclear Avanzada
- Procesamiento Digital de Señales
- Teoría de Control
- Radiofarmacia
- Biología Celular
- Inmunología

Universidad Veracruzana

- Ha formado muchos de los nuevos ingenieros de la Central Laguna Verde:
 - Física
 - Ing. Ambiental
 - Ing. Civil
 - Ing. en Electrónica y Comunicaciones
 - Ing. Industrial
 - Ing. Mecánica Eléctrica
- Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica - Zona Xalapa:
 - Diplomado en Seguridad y Protección Radiológica
 - Curso de Introducción a la CNLV
 - Trabajos recepcionales (monografías) para obtención de grado de Licenciatura con temas afines a la Energía Nuclear

Universidad Autónoma del Estado de México

Maestría y Doctorado en Ciencias Nucleares y Física No lineal

- · Física de plasmas
 - · Elementos de transición interna, actínidos y lantánidos
 - · Tratamiento y almacenamiento de desechos radiactivos
 - · Reacciones nucleares
 - · Aceleradores y detectores
 - · Interacción de radiación con materia
 - · Ingeniería nuclear
 - · Radioquímica
-
- Inicio en 1996 en colaboración con el ININ

Universidad Autónoma del Estado de México

- La planta académica está formada por 12 Doctores en Ciencias y está apoyada por 27 Doctores en Ciencias e investigadores del ININ.
- Hasta el 2005, 11 estudiantes habían obtenido su doctorado y 18 estaban inscritos.
- En el caso de la maestría de 1998 a 2004, 5 estudiantes habían obtenido el grado de maestros en ciencias nucleares.

GERENCIA DE CENTRALES NUCLEOELECTRICAS

Centro de Entrenamiento

**“Proceso de Reclutamiento, Selección y
Formación del Recurso Humano”**

SELECCION:

Personal técnico.- Se realiza a dos niveles:

Selección para personal técnico.

Selección para personal técnico especializado.

Personal con Licenciatura.-

Selección para Ingenieros.



Educación y Capacitación en el Organismo Regulador

Principales actividades

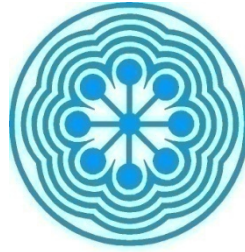
- Diagnóstico de las necesidades de capacitación.
- Capacitación básica
- Capacitación específica
- Entrenamiento en el trabajo, complementado con la capacitación básica.
- Integración de un programa de capacitación para todo el personal del organismo regulador.

Capacitación básica

- Curso de Inducción a la Administración Pública Federal.
- Curso de Fundamentos de Ingeniería Nuclear.
- Curso de Protección Radiológica Aplicada.
- Curso de Tecnología de Reactores de Agua en Ebullición.

Capacitación específica

- Cursos externos en el TTC de la US NRC, el CIEMAT (España), Cursos Regionales del OIEA, Cursos ofrecidos por universidades del extranjero, entre otros.
- Contratación de expertos para impartir cursos específicos.
- Estancias y residencias técnicas en organismos especializados.



ININ

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

Departamento de Educación Continua

Abril 2010



Propósito del Departamento de Educación Continua

- Capacitación de personal, en el campo de las ciencias nucleares, la protección radiológica y disciplinas afines.



Actividades de Educación Continua en años recientes (campo Nuclear y afines) CC - EC -002)

Curso	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Termohidráulica	1	1				
Mitig. de Daños al Núcleo	1	1				
Análisis de Transitorios	1	1	1			
Tecnología de Reactores BWR					1	
Nuclear Básico (**)			1	1	1	2
Fundamentos Nucleares y Protección Radiológica (**)		1		1	1	
Selección Nivel A , B y C(**)			1	6	3	6
Mecánica de Fractura (**)	1					
Aseg. Cal. de Software (**)					1	2

(**) Incluyó el desarrolló o revisión de manual



Actividades de Educación Continua en años recientes (campo Protección Rad. y afines)

En las instalaciones del ININ se ofrecen constantemente los cursos de:

- *Protección Radiológica -nivel POE*
- *Protección Radiológica en el Diagnóstico Médico con Rayos X -nivel POE*
- *Protección Radiológica -nivel Encargados de Seguridad Radiológica*
- *Avanzado de Protección Radiológica -nivel Encargados de Seguridad Radiológica*

La problemática

- No hay definición de un programa nucleoelectrico
 - Falta de inversión en infraestructura
 - Falta coordinación
 - Incertidumbre de puestos de trabajo
 - No hay interés de los estudiantes
 - Envejecimiento de la planta docente
- Ejemplo de Suecia:



Situation in Sweden in the 1990's

50 % from nuclear power
12 power reactors
Retirements of personnel

No government funding of R&D
Reactors shutting down in 2010
Phasing out professorships etc.

Pros

Cons

⇒ No student interest



Current situation in Sweden

Nuclear renaissance
Government funding of R&D
Academy is hiring new staff

45 % from nuclear power
10 power reactors
Retirements of personnel

Political decisions uncertain

Pros

Cons

⇒ Large student interest

Acciones

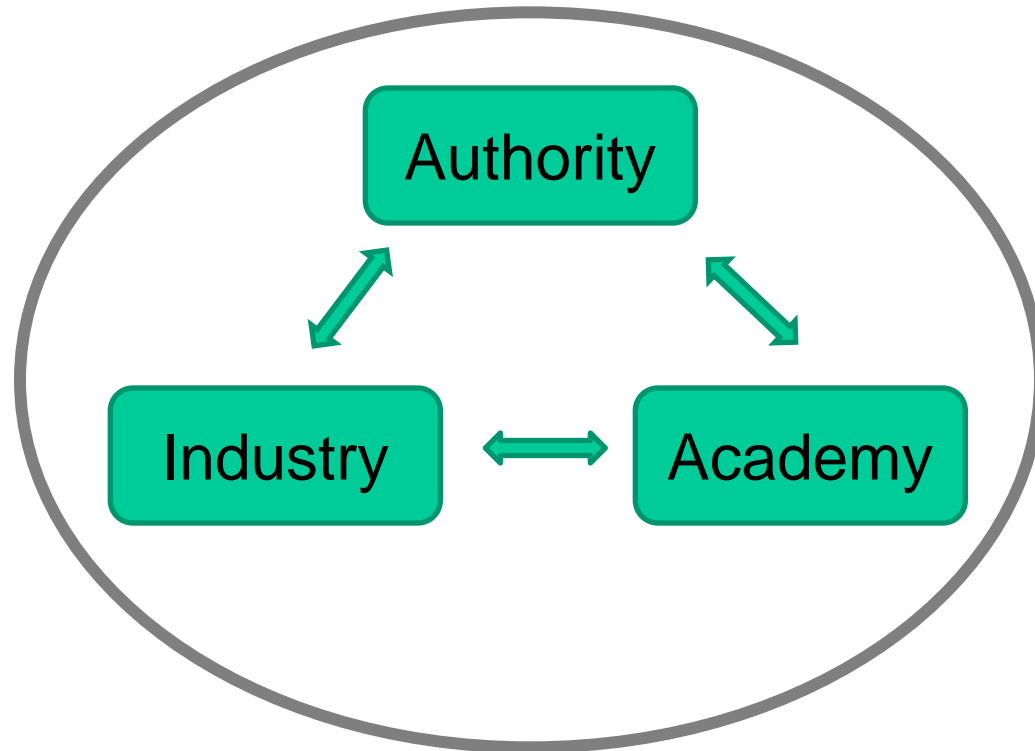
- Unir esfuerzos → redes
- Invertir
- Organizar
- Unificar
- Formar





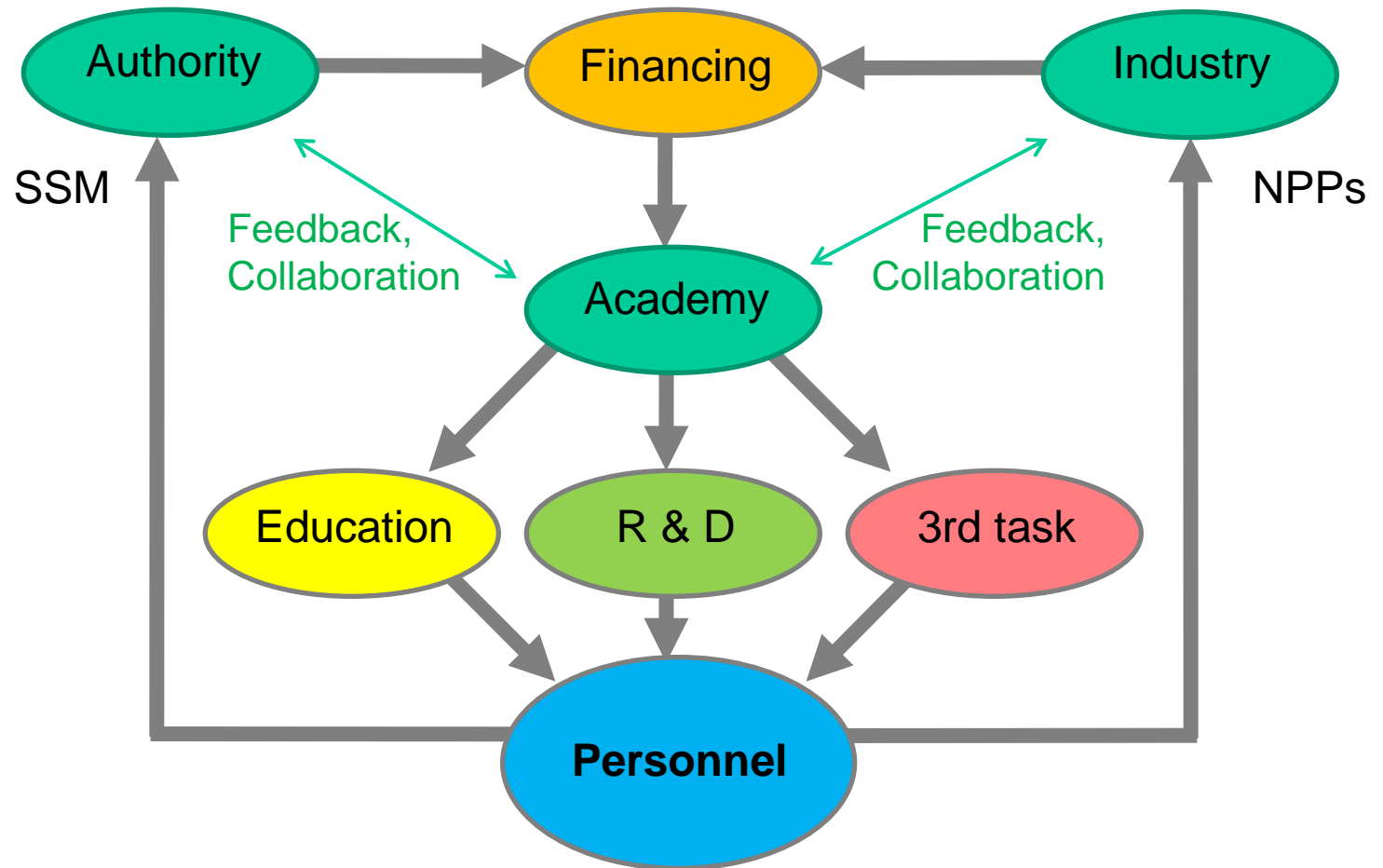
“The Swedish model”

The most important factor for saving the alarming situation 10-20 years ago was the collaboration between industry, authority and academy and the will to make **long-term commitments**.





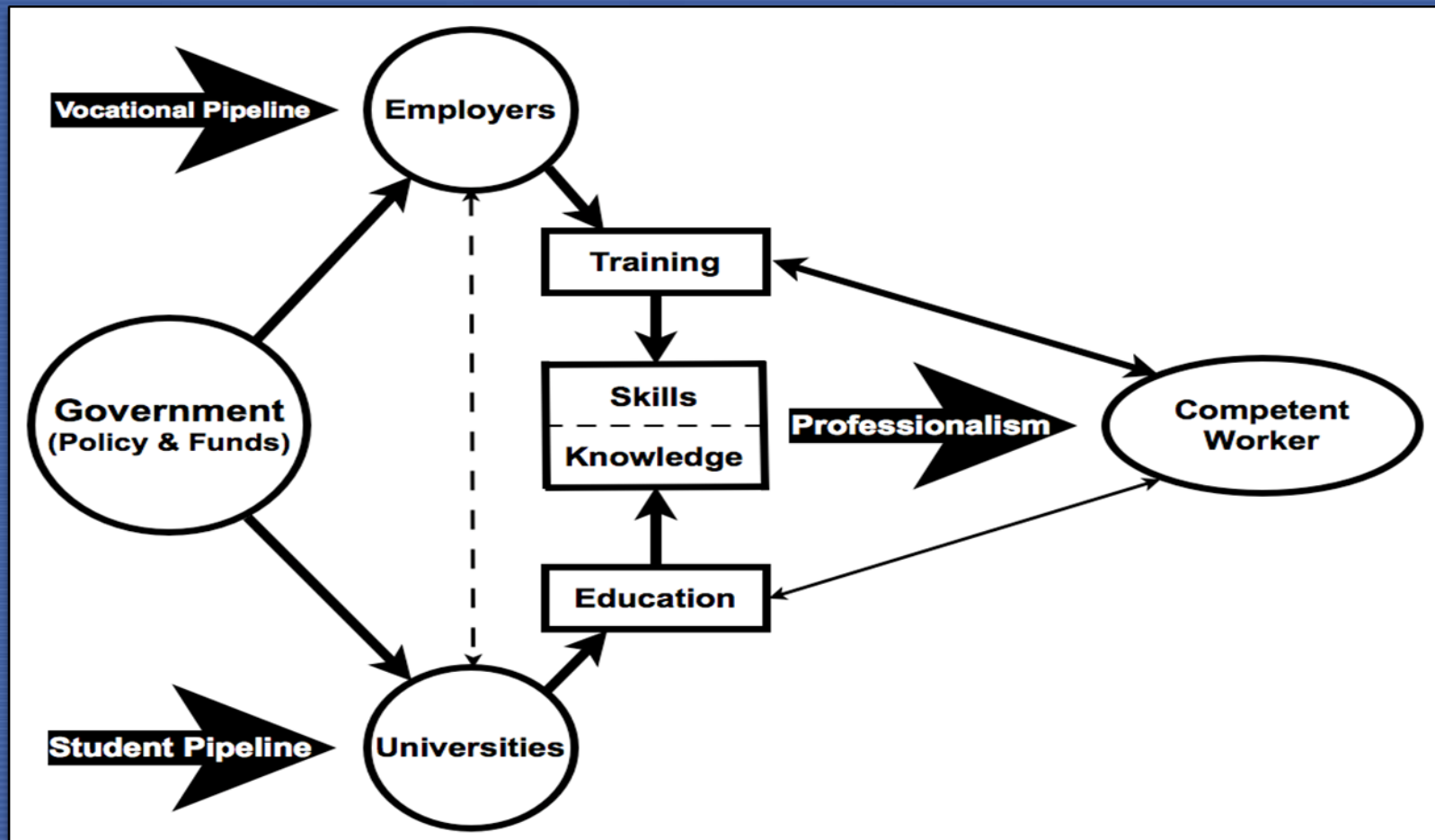
The Swedish institutional system



Comprises the Swedish Centre for Nuclear Technology (SKC)

Networking Nuclear Education

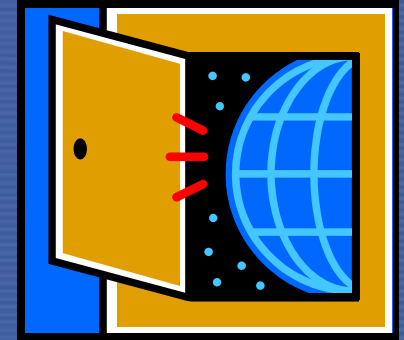
Stakeholders interaction



Networking Nuclear Education

New doors, new roads

- Accessibility to resources
- Common understanding
- Effective use



- ✓ **What** can we share ?
- ✓ **How** can we share?

IAEA supported Cyber-Learning Platform



Integrating available high-quality resources for nuclear education and training, including those of the IAEA, to form an effective tool to be used in capacity building

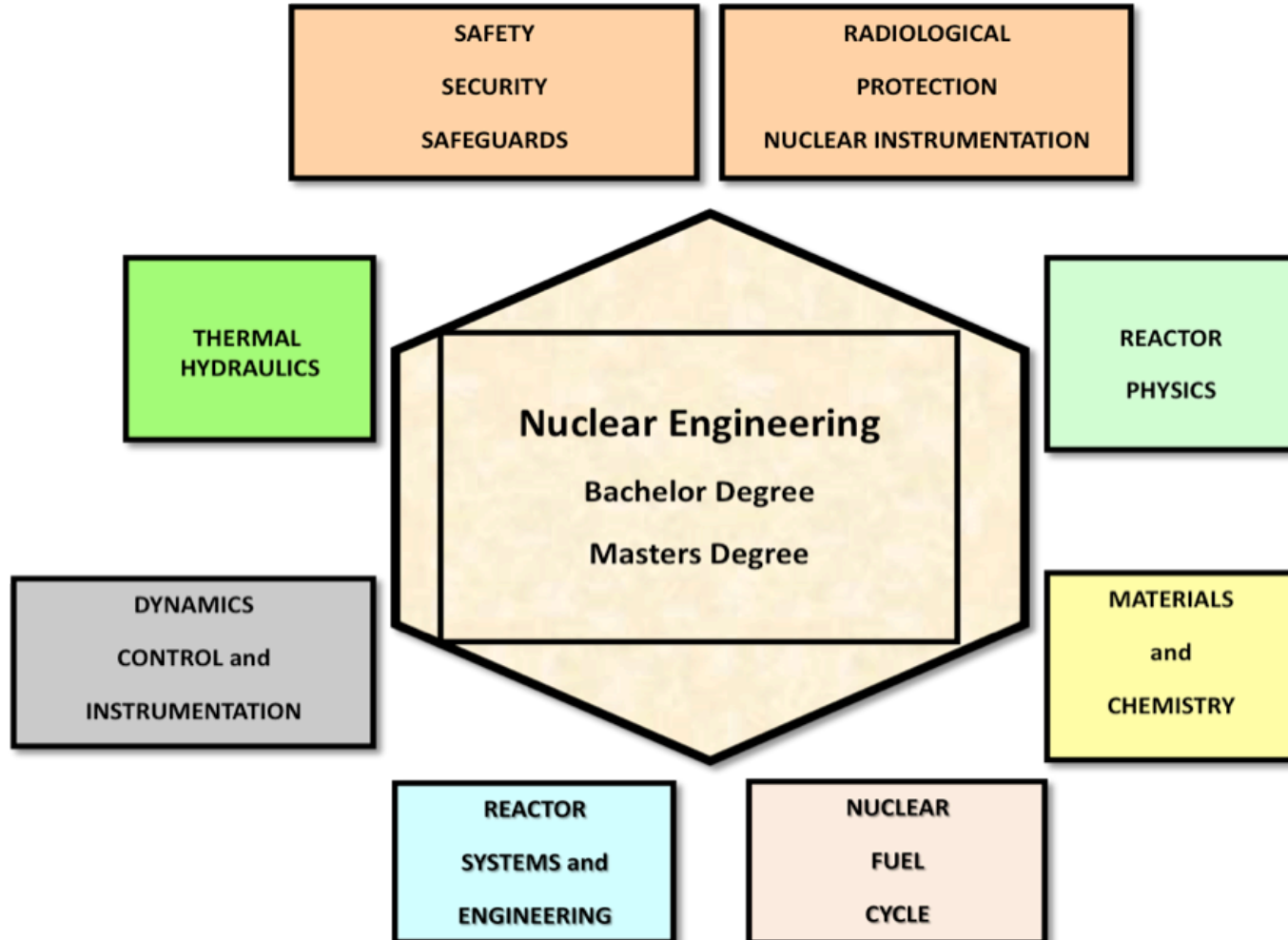
- ✓ **facilitating access** to educational resources and teaching experience
- ✓ enabling a convenient, user friendly and **flexible e-learning environment**
- ✓ contributing towards **developing nuclear skills and competencies** needed in the 21st century



Unificar

Bases académicas sólidas

Habilidades: Inglés, TICs



Common_Req_NE_Curricula_rev8_26.07.11

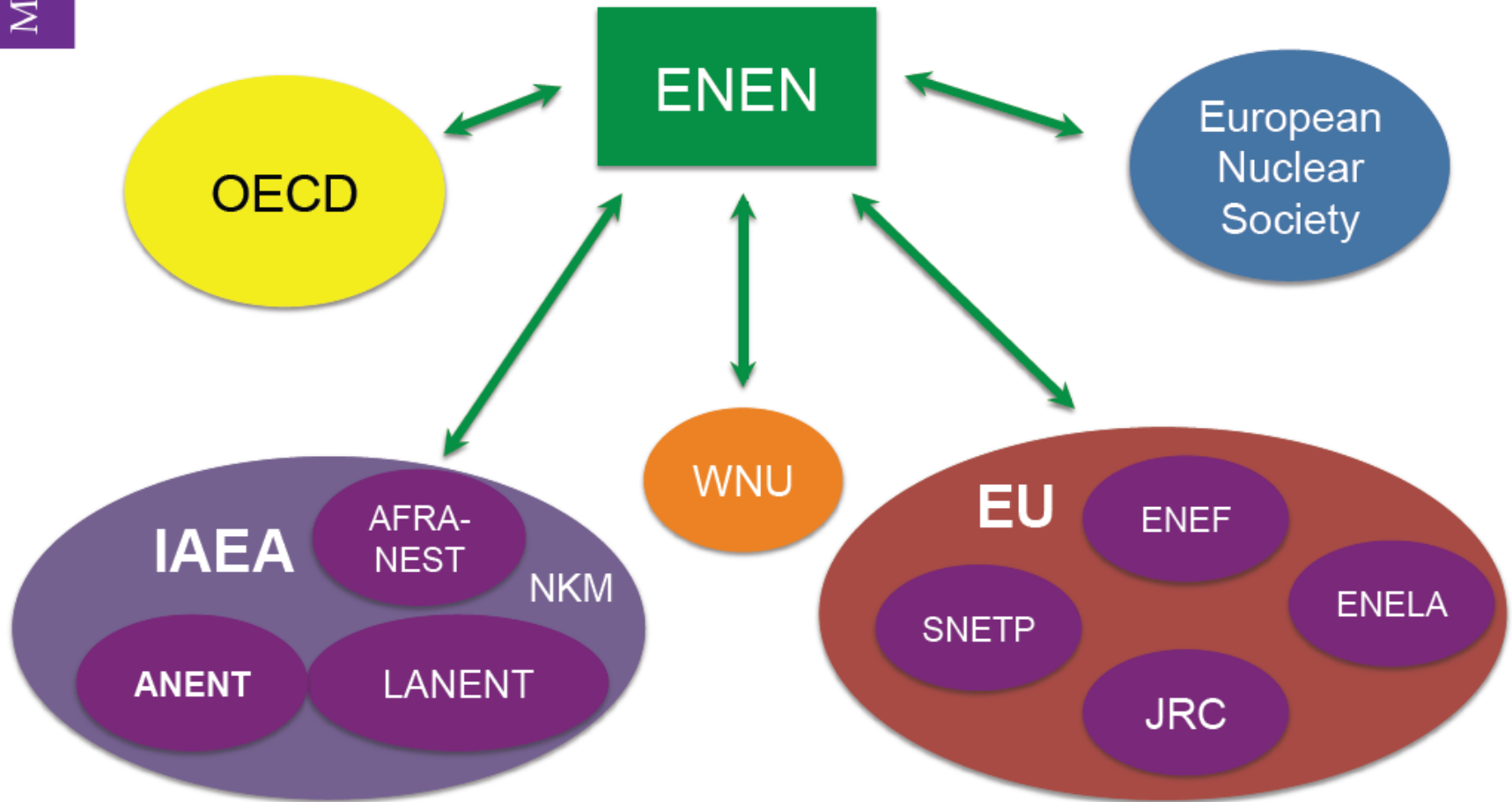
TABLE 1 (cont.) SAMPLE CURRICULA FOR BACHELOR'S DEGREE LEVEL

Year 3	
First semester	Second semester
Numerical Methods for Engineering	Heat Transfer
Reactor Theory and Analysis I	Reactor Theory and Analysis II
Fluid Mechanics	Reactor Thermal Hydraulics
Radiation Detection and Measurement I	Engineering Economics
Radiation Protection	Advanced Engineering Analysis
Year 4	
First semester	Second semester
Nuclear Power Plant Systems	Reactor Instrumentation and Control
Radiation Interactions and Shielding	In-Core Fuel Management
Nuclear Materials	Nuclear Reactor Laboratory
Nuclear Reactor Safety	Nuclear Reactor Design II
Nuclear Reactor Design I	Nuclear Fuel Cycle and Waste Management

Networks:

- International and National
- Belgium Nuclear Higher Education Network - BNEN
- Consorzio Interuniversitario Per La Ricerca Tecnologica Nucleare (Cirten)
- Nuclear Technology Education Consortium - NTEC
- University Network of Excellence in Nuclear Engineering (UNENE)
- Recently : Japan, Rusia, **Mexico (REMECIN)....**

European and International Cooperation



ANENT



IAEA

International Atomic Energy Agency

Afra-Nest

Home About AFRA-NEST Activities e-learning courses Fellowships News Meetings Links

AFRA - NEST

The website features a central map of Africa with the following thematic icons and labels:

- Insect Side**: Image of a grasshopper.
- Agriculture**: Image of a cornfield.
- Human Health**: Image of a person in a hospital bed.
- Hydrology**: Image of a river.
- Nuclear Energy**: Image of a nuclear power plant.
- Animal Reproduction**: Image of a pig.
- Food Preservation**: Image of potatoes.
- Industry**: Image of a building at night.
- Environment**: Image of a tree on a beach.



IAEA

International Atomic Energy Agency

LATIN AMERICAN NETWORK FOR EDUCATION AND TRAINING IN NUCLEAR TECHNOLOGY - LANENT

Created in December 2010 (still in growing stage) to:

- Promote, manage and preserve nuclear knowledge,
- Ensure the availability of qualified human resources,
- Facilitate and improve cooperation,
- etc.

... in education, training and outreach in nuclear technology



REMECIN

Red Mexicana de Educación, Capacitación e Investigación Nuclear

Creada en enero de 2011

El **objetivo** de REMECIN es facilitar la cooperación en investigación, educación y entrenamiento en tecnología nuclear entre las instituciones del área nuclear del país, y fomentar la preservación del conocimiento.

Miembros: los principales actores del sector nuclear en México

Universidades (IPN, UAM, UAZ, UNAM, UV)

Institutos de Investigación (ININ, IIE)

Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias

Gerencia de Centrales Nucleoeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad

Miembros colaboradores:

Sociedad Nuclear Mexicana

Comisión de Especialidad de Ingeniería Nuclear de la Academia de Ingeniería

Universidad Politécnica de Madrid

Red Europea de Educación Nuclear – ENEN

Plataforma Tecnológica de Energía Nuclear de Fisión de España - CEIDEN

Miembro de LANENT

Comentarios Finales

- La formación de recursos humanos es un tema fundamental ligado al desarrollo de una sociedad.
- El avance de las tecnologías de la información y la comunicación, y la colaboración a través de redes profesionales, abren una oportunidad para potenciar la formación de recursos humanos.
- Este efecto virtuoso queda incompleto si no se cuenta con una política de desarrollo que coordine, incentive e impulse la participación de todos los actores involucrados.

→ PROGRAMA NUCLEOELÉCTRICO INTEGRAL

Comentarios Finales

- Fortalecer las ingenierías en las IES, incorporando asignaturas relacionadas con ingeniería nuclear, para que los egresados se incorporen más fácilmente a las necesidades de un programa de expansión de generación nucleoelectrónica en México.
 - Carrera de ingeniería nuclear
- Fortalecer y orientar los programas de posgrado para cubrir de mejor manera las necesidades de un programa de expansión de generación nucleoelectrónica en México.
 - Maestría y doctorado en ingeniería nuclear
- Fortalecer la infraestructura material existente en las instituciones educativas, las cuales en muchos casos ya es obsoleta.



Gracias por su atención

juan.louis.francois@gmail.com

<http://lairn.fi-p.unam.mx/>

<http://www.facebook.com/GRINUNAM>

https://twitter.com/grin_unam