

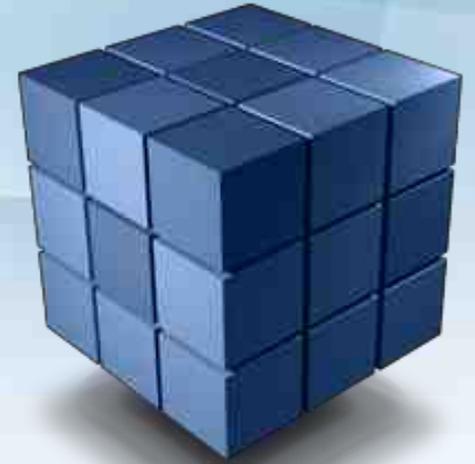


RECURSOS HUMANOS :

¿Qué necesitamos?, ¿Cómo los formamos?

Javier C. Palacios

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares



INTRODUCCIÓN



SECRETARÍA DE ENERGÍA

Estrategia Nacional de Energía

Febrero de 2010

Prospectiva del Sector Eléctrico 2009-2024



Gobierno
Federal

México
2010

SENER



Vivir Mejor



Estrategia Nacional de Energía

5.2. Diversificar las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias.

El incremento en la participación de tecnologías limpias (energías renovables, grandes hidroeléctricas y **energía nuclear**) será un factor clave para la Seguridad Energética y Sustentabilidad Ambiental, que permitirá diversificar las fuentes de energía y disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero



Estrategia Nacional de Energía

Objetivo 5.9. Promover el desarrollo tecnológico y de capital humano para el sector energía.

La diversidad y complejidad de los retos que enfrenta el país requerirá del desarrollo y adopción de tecnologías de punta y recursos técnicos especializados.

Estos dos aspectos son de vital importancia para la ejecución de la Estrategia Nacional de Energía y requerirán de una coordinación entre actores del sector, institutos de investigación e instituciones de educación superior.



Estrategia Nacional de Energía

Situación actual y retos

El desarrollo y la adopción de tecnologías debe enfocarse en dar solución a los retos más importantes para el desarrollo eficiente y sustentable del sector:

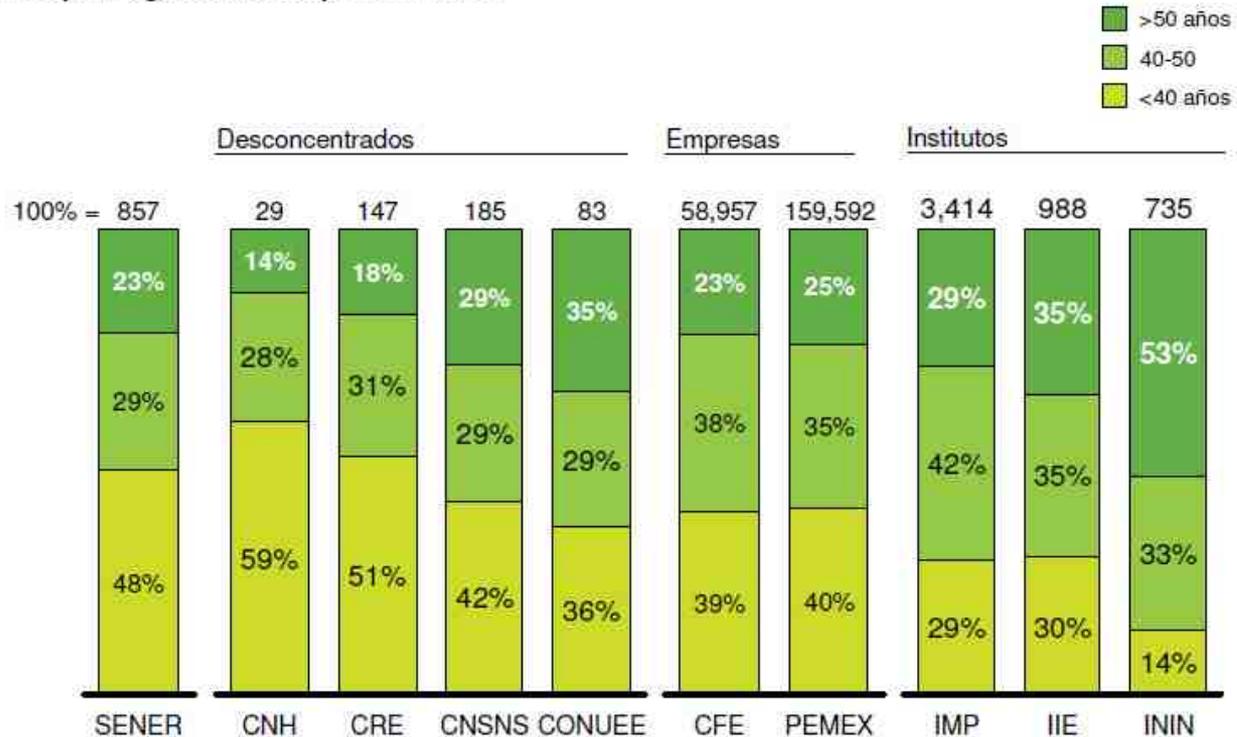
- La diversificación de fuentes de energía primaria hacia energías limpias (energías renovables, grandes hidroeléctricas y **energía nuclear**);
- El desarrollo de recursos humanos para las industrias energéticas es un reto mundial. Durante los últimos 15 a 20 años, la industria petrolera y eléctrica han visto un incremento en la edad promedio de sus cuerpos técnicos.
- Atraer y desarrollar suficientes recursos humanos para sustituir al personal más experimentado que alcanza la edad de retiro ha sido un desafío para la industria.



Estrategia Nacional de Energía

DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL POR EDAD

Porcentaje del total por rango de edad, empleados totales



Fuente: PEMEX, CFE, IMP, ININ, IIE, CONUEE, CNH, CRE

El principal reto para estos organismos es atraer y retener al capital humano especializado.



Estrategia Nacional de Energía

Líneas de acción

5.9.1 Diseñar y ejecutar un plan de investigación y desarrollo tecnológico del sector energía.

- Enfocar la actividad en el desarrollo local de tecnología para resolver problemas específicos de México y en la adopción ágil y eficiente de tecnologías de punta;
- Establecer los mecanismos para la canalización de recursos para el desarrollo tecnológico, en función de las prioridades establecidas en el plan;
- Generar incentivos adecuados para que los institutos de investigación del sector y las instituciones de educación superior desarrollen mejoras incrementales y contribuyan a la adopción de tecnologías de punta que generen valor económico,
- Establecer los requerimientos de recursos humanos asociados al desarrollo tecnológico.



Estrategia Nacional de Energía

Líneas de acción

5.9.2 Promover el desarrollo del capital humano requerido por el sector energético.

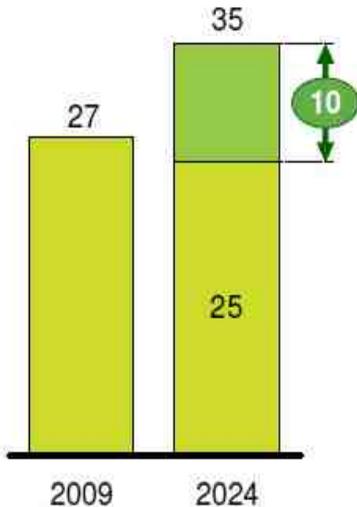
- Identificar las necesidades de capital humano y fomentar la especialización del personal técnico y gerencial en las disciplinas asociadas;
- Establecer mecanismos de coordinación, fomento y desarrollo de programas con instituciones educativas nacionales y extranjeras, y Fomentar programas profesionales para atraer, desarrollar y preservar los recursos humanos que requerirá el sector energía.



Estrategia Nacional de Energía

Capacidad de generación eléctrica con tecnologías limpias

Porcentaje



Incrementar la participación de las tecnologías limpias en el parque de generación al 35%.

Factores clave para alcanzar esta meta:

- Reconocimiento de los impactos ambientales y beneficios indirectos dentro de los costos de suministro de energía de todas las tecnologías y combustibles, y
- Desarrollo y adopción de tecnologías de punta.



Prospectiva del Sector eléctrico 2009-2024

Evolución de la capacidad bruta (MW)
Servicio público ^{1/2/}



1- No incluye autoabastecimiento local ni remoto

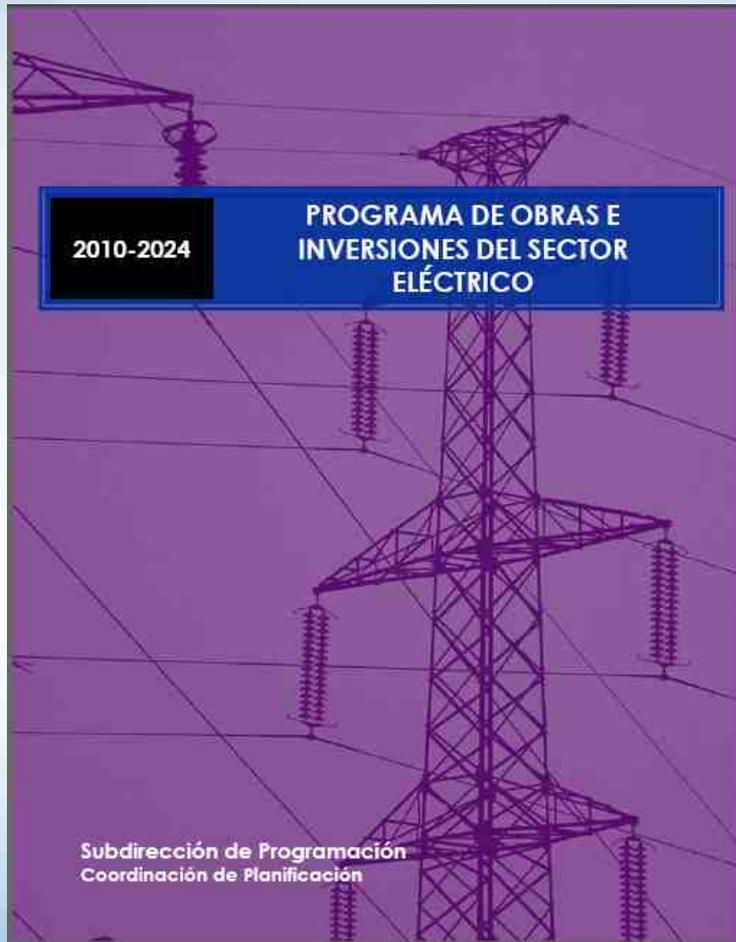
2- Las cifras están redondeadas a números enteros, por lo que los totales podrían no corresponder exactamente

3- Incluye incrementos en RM de Laguna Verde, Río Bravo, CH Villita y CH Infiernillo (406 MW) y 160 MW de TG en el área central.

Fuente CFE



POISE



37615 MW de capacidad adicional,

- 4,332 MW en hidroeléctricas, geotérmicas y eoloeléctricas,
- 3,478 MW en carboeléctricas,
- 1,175 MW en turbogas ,
- 13,376 MW en ciclo combinado a gas natural y
- 14,848 MW en tecnología libre (las anteriores más nucleares)
- Centrales nucleares a partir de 2021



Escenario hacia 2024

Las 2 unidades de la CLV
habrán tenido que
renovar su licencia de
operación

- La Unidad 1 inició operaciones en 1990 y la Unidad 2 en 1995
- La CLV aumentará su potencia 20% de la potencia original en 2010
- Las licencias de operación deberían extenderse por otros 30 años

La demanda de energía
eléctrica habrá
aumentado

- El desarrollo de las energías verdes en 15 años no será suficiente para satisfacer la demanda adicional (carga base)
- La diversificación del portafolio tecnológico de generación hace aconsejable agregar alrededor de al menos entre 6 y 10 GWe nucleares
- La construcción de estas unidades debe iniciarse a más tardar en el 2014

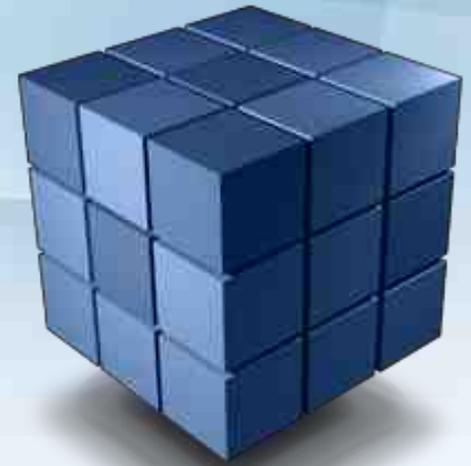


Consideración

Conforme a la “Prospectiva del Sector Eléctrico 2009-2024” se estima que, durante el periodo 2009-2024, el consumo nacional de electricidad aumente a un ritmo promedio anual de 3.6%, y conforme al POISE se requerirán 14,848 MW en tecnología libre .

El objetivo 5.2 de la “Estrategia Nacional de Energía” plantea la necesidad de incrementar al 35% la participación de energías limpias (energías renovables, grandes hidroeléctricas y energía nuclear) para el año 2024,

Se prevé que la participación de la energía nuclear en el portafolio de generación de energía eléctrica, se podría incrementar a cerca del 11% del total nacional.



¿QUÉ NECESITAMOS?



Personal requerido ante la implementación de un nuevo reactor nuclear

Concepto	Diseño y Construcción		Operación	
	No. De Plazas	Duración	No. de Plazas	Duración
ABWR	1500 a 2000	54 meses	375	60 años
AP1000	~~1500	60 meses	300	60 años
EPR	~~2000	60 meses	300	60 años

Experiencias recientes indican que se requieren en construcción un promedio de 1600 a 2000 trabajadores, con picos de hasta 3000 para una unidad. Este pico puede ser de hasta 4500 trabajadores en una central con dos unidades



Requerimientos mínimos de Personal en Sitio

Función	Personal	Porcentaje
Operación Directa	50-70	25%
Ingeniería y Mantenimiento	80-120	40%
Física de la Salud, Química, Administración de Efluentes y Desechos	45-60	20%
Otras funciones de apoyo	25-50	15
Total	200-300	100%



Disciplinas Técnicas Requeridas por Función a Desarrollar

Disciplina Técnica	Función
Mecánica más Eléctrica más Ingeniería Química más Física de Reactores Nucleares	Operación Directa Evaluación de ocurrencias anormales Revisión de Desempeño Física de Reactores Administración de Combustible
Radiaciones Ionizantes	Física de la Salud
Química o Ingeniería Química	Manejo de Combustible Almacenamiento de Combustible Gastado Administración de Efluentes y Desechos Química
Ingeniería Mecánica o Ingeniería Eléctrica (o Ingeniería Civil o Ingeniería Química)	Todas las Funciones de Mantenimiento Planeación y Programación Administración de Partes de Repuesto Control de Documentos Garantía de Calidad Control de Incendios y Seguridad Industrial



RECURSOS HUMANOS BAJO EL PLAN NUCLEAR

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Laguna Verde III		1 año	3 años			5 años								
Laguna Verde IV				1 año	2 años 6 meses		4 años 9 meses							
Golfo I			3 años			2 años 6 meses		4 años 9 meses						
Golfo II							1 año	2 años		4 años 9 meses				
Pacífico I			3 años			2 años 6 meses		4 años 9 meses						
Pacífico II							1 año	2 años		4 años 9 meses				

GRUPO CORPORATIVO														
Oficina Central	100	200	200	200	200	150	150	150	150	150	200	200	200	200
Representación Sitio		50	150	200	200	250	250	250	250	200	150	150	100	50
TOTAL	100	250	350	400	400	400	400	400	400	350	350	350	300	250
CONSTRUCCION														
Supervisión de Obra					50	200	350	450	750	1100	1100	900	600	350
Personal Construcción					500	2000	3500	4500	7500	11000	11000	9000	6000	3500
TOTAL					550	2200	3850	4950	8250	12100	12100	9900	6600	3850
OPERACIÓN														
Personal Permanente									500	1000	2000	3000	3000	3000
TOTAL									500	1000	2000	3000	3000	3000
GRAN TOTAL	100	250	350	400	950	2600	4250	5350	9150	13450	14450	13250	9900	7100



RECURSOS HUMANOS

Una Expansión de la Generación Nuclear, requiere, de asimilar tecnologías y métodos de estado del arte, demandados por este tipo de Plantas, no solo para la operación sino en actividades tales como el proceso de construcción modular, el desarrollo de la ingeniería, el mantenimiento, el licenciamiento y los desarrollos e investigación asociados .



RECURSOS HUMANOS

CFE

- Requiere cuadros para la Ingeniería, Supervisión durante la construcción, Licenciamiento, Operación, Aseguramiento de Calidad y otras disciplinas.

CNSNS

- responsable de evaluar los estudios y en su caso aprobar los sitios que la CFE proponga para instalar las nuevas unidades, otorgar las licencias de construcción y operación, así como realizar las auditorías necesarias para asegurar que el suministrador y la CFE realizan sus actividades cumpliendo a cabalidad con la normativa aplicable.

ININ

- responsable de apoyar a CFE en la realización de investigación, análisis e inspecciones que involucren tecnología nuclear y actividades en materia de protección radiológica, así como la formación de recursos humanos especializados, incluyendo la capacitación del personal de CFE.

Universidades

- deberán formar los recursos humanos necesarios



RECURSOS DE CNSNS E ININ

Las cifras indicadas involucran a los suministradores de diversos equipos y servicios y a la CFE.

Sin embargo, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS) y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) son elementos centrales de la estrategia. Deberán adecuar y fortalecer sus estructuras para realizar las acciones que demanda una Expansión Nuclear

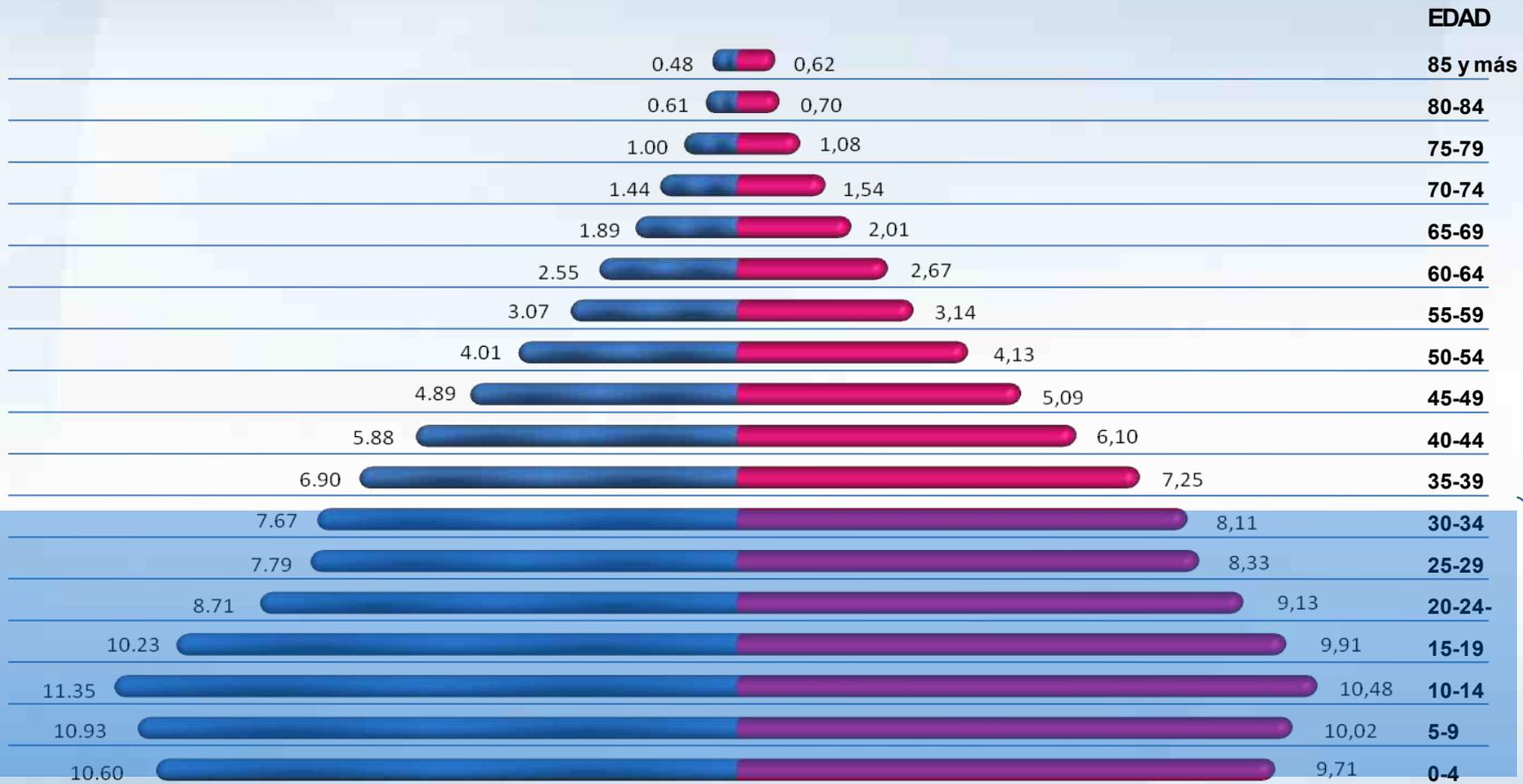


¿CÓMO LOS FORMAMOS?



Pirámide de Población 2005

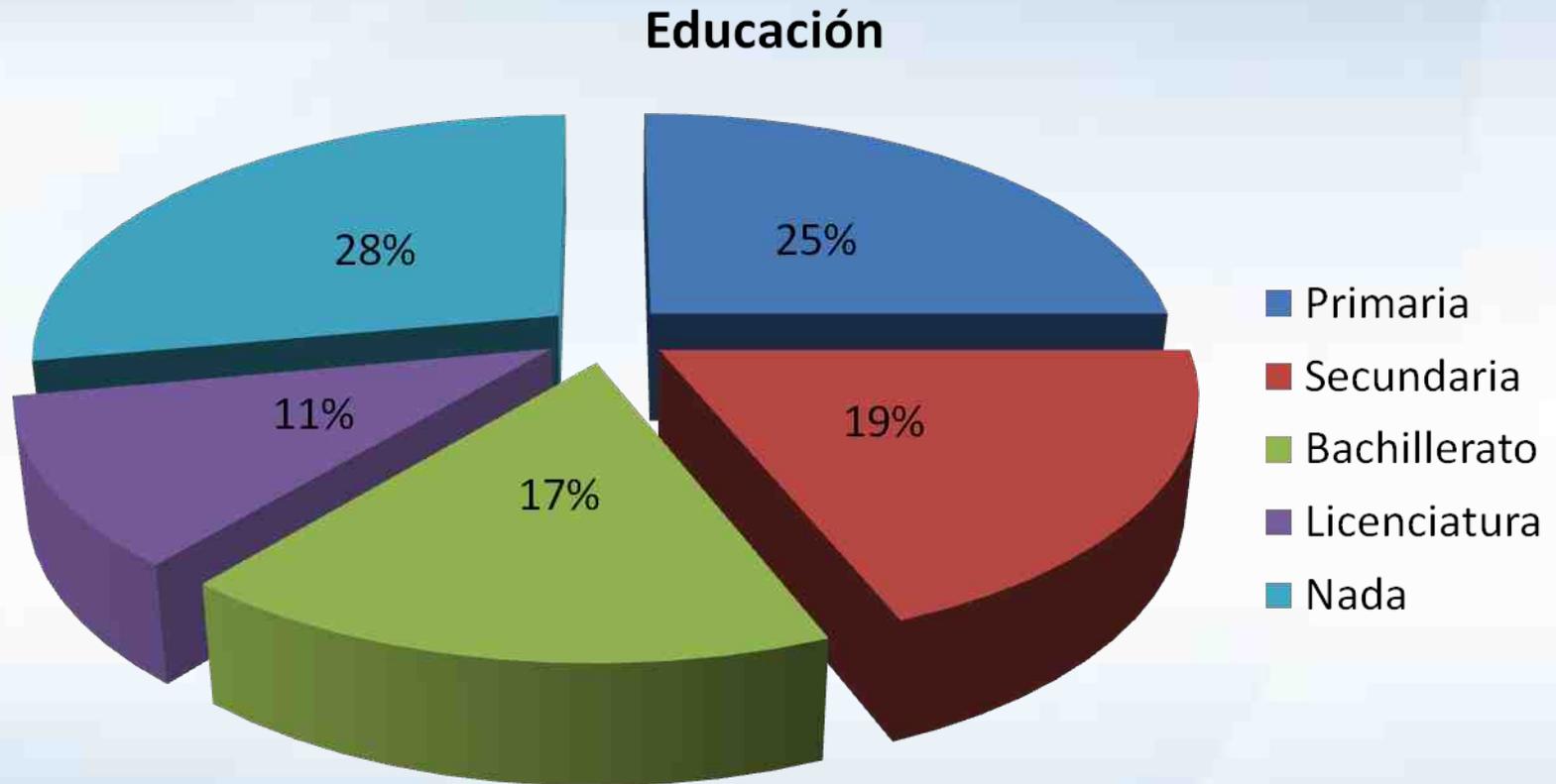
■ HOMBRES ■ MUJERES



PORCENTAJE



Distribución de la Educación



Estrategias de la NEA/OECD





Es importante tener presente que la preparación de una nueva generación de recursos humanos en el campo nuclear, si éstos son requeridos, exige la inversión de al menos 5 años.



Instituciones que imparten educación en materia nuclear en México

- IPN: Depto. de Ingeniería Nuclear de la ESFM
- UNAM: Fac. de Ingeniería, Fac. de Química, Instituto de Física, Inst. de Ciencias Nucleares
- UAZ: Centro Regional de Estudios Nucleares
- UAEM: Fac. de Ciencias, Fac. de Medicina
- UAM-Iztapalapa: Depto. de Ingeniería de Procesos e Hidráulica de la DCBI
- Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UV campus Xalapa.



Instituciones que imparten educación en materia nuclear en México

- El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
- El Instituto de Investigaciones Eléctricas
- La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas
- Comisión Federal de Electricidad
- El Organismo Internacional de Energía Atómica.



Generación de RH en el IPN en Ingeniería Nuclear

Institución	%
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)	23%
Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS)	18%
Iniciativa Privada	13%
Instituto Politécnico Nacional (IPN)	11%
Otras Instituciones Educativas	11%
Comisión Federal de Electricidad (CFE)	10%
Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)	6%
Extranjero	5%
OIEA	3%

La maestría se estableció en 1961 Egresados 135

La opción en ingeniería nuclear se inició en 1979 Egresados 73



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química:

- En 1968 inició una Maestría en Ingeniería Química Nuclear la cual se transformó en 1974 en una Maestría en Ciencias Nucleares con 3 opciones: Reactores Nucleares, Materiales Nucleares y Química Nuclear.
- A partir de 1997 se enfoca sólo al área de Química Nuclear.
- Formó 170 alumnos, de los cuales se graduaron 69.



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería:

- En 1999 se incorpora el Grupo de Ingeniería Nuclear:
 - 6 Doctores en Ingeniería Nuclear
 - 2 Maestros en Ciencias en Ingeniería Nuclear
 - 1 Maestro en Ciencias Computacionales
- Reorganización del posgrado en la UNAM
- Posgrado en Ingeniería → Energía
 - Sistemas Energéticos con perfil en Sistemas Nucleoeléctricos



Generación de RH en la UNAM

Facultad de Ingeniería

- **Líneas de desarrollo**

1. Análisis y Diseño de Reactores Nucleares y Ciclos de Combustible
2. Tecnología de la Seguridad Nuclear e Ingeniería de Factores Humanos.
3. Análisis de Riesgos.
4. Dinámica de Sistemas Nucleoeléctricos.
5. Estudios de Expansión del Sector Eléctrico.

- **Graduados con perfil Nuclear**

- 59 Ingenieros
- 28 Maestros en Ingeniería
- 4 Doctores



Universidad Autónoma de Zacatecas

Centro Regional de Estudios Nucleares

- 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.
- En las últimas 5 generaciones se ha logrado elevar la eficiencia terminal al 73%.
- De los egresados la mayoría trabaja en instituciones del sector público, en Instituciones de Educación Superior desempeñando funciones de Docencia e Investigación.
- La tendencia es la continuación a estudios de doctorado



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.

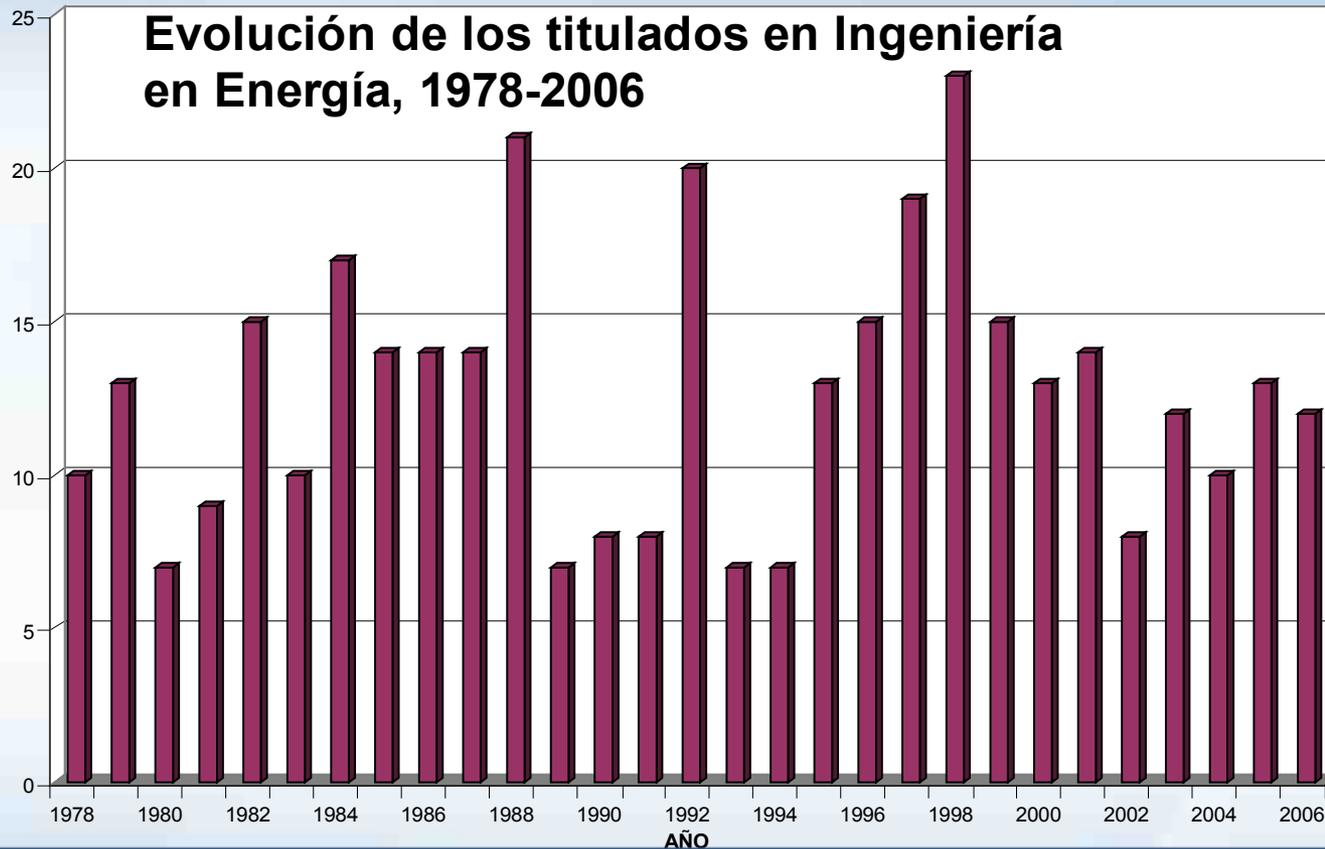


Universidad Veracruzana

- 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
 - 53 trabajos recepcionales (monografías) para obtención de grado de Licenciatura con temas afines a la Energía Nuclear



Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa



En el 2005 el 46.7% de los egresados, trabajaba en temas de energía nuclear, principalmente en el Instituto de Investigaciones Eléctricas, la Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardias, el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares y la Comisión Federal de Electricidad



Recursos Humanos

- Aunado a la construcción y operación de Laguna Verde se ha desarrollado una infraestructura tecnológica que ha permitido su funcionamiento.
- Se ha estructurado un organismo regulador, la CNSNS,
- Se han formado grupos de trabajo y se han desarrollado proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en el ININ y en el IIE, así como en las universidades: UNAM, IPN, UAZ, UAEM, UV, UAM; y
- Se han formado recursos humanos en éstas.

De tal manera, que el país cuenta en con una estructura tecnológica básica capaz de apoyar el desarrollo de la energía nuclear. Sin embargo, ante el planteamiento de un plan de desarrollo de energía nuclear en el país, esta infraestructura tecnológica no se ha fortalecido como se debiera y pareciera ser insuficiente al día de hoy para enfrentar el reto que se le presentará.



Acciones a Realizar

- Que la Estrategia Nacional de Energía sea NACIONAL (continuidad política)
- Generar incentivos adecuados para que los institutos de investigación del sector y las instituciones de educación superior desarrollen mejoras incrementales y contribuyan a la adopción de tecnologías de punta que generen valor económico,
- Establecer los requerimientos de recursos humanos asociados al desarrollo tecnológico.
- Identificar las necesidades de capital humano y fomentar la especialización del personal técnico y gerencial en las disciplinas asociadas;
- Establecer mecanismos de coordinación, fomento y desarrollo de programas con instituciones educativas nacionales y extranjeras, y Fomentar programas profesionales para atraer, desarrollar y preservar los recursos humanos que requerirá el sector energía



Reflexión Final

- **Deberíamos considerar a los recursos humanos un recurso renovable ?**
- **Serán los recursos humanos un recurso sustentable ?**

**“O ya no entiendo lo que pasa o ya pasó lo que estaba entendiendo”
CARLOS MONSIVAIS**