

APLICACIONES NO ENERGETICAS DEL URANIO
—
PRODUCCION DE Mo-99 A PARTIR DE BLANCOS
DE URANIO DE BAJO ENRIQUECIMIENTO (LEU)



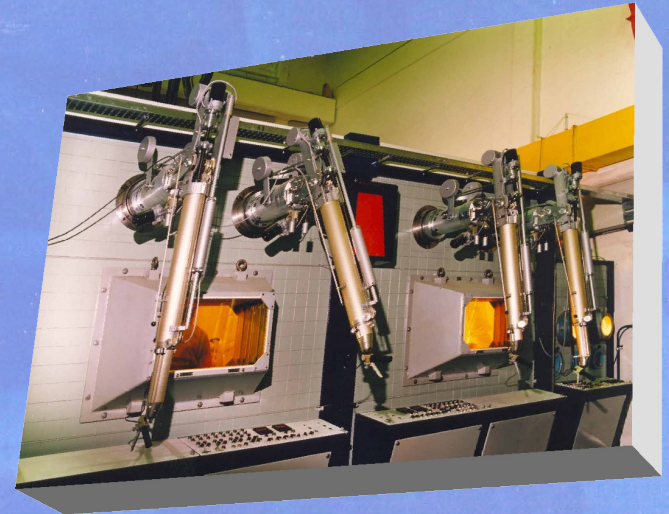
Alberto Manzini
amanzini@cnea.gov.ar

**Comisión Nacional
de Energía Atómica**
www.cnea.gov.ar

26-29 Junio 2006
Simposio LAS - ANS
Situación energética en
Latinoamérica y energía nuclear
Buenos Aires, Argentina



APLICACIONES NO ENERGETICAS DEL URANIO



CENTRO ATOMICO CONSTITUYENTES



CENTRO ATOMICO EZEIZA



DIAGNOSTICO POR IMAGENES NUCLEAR

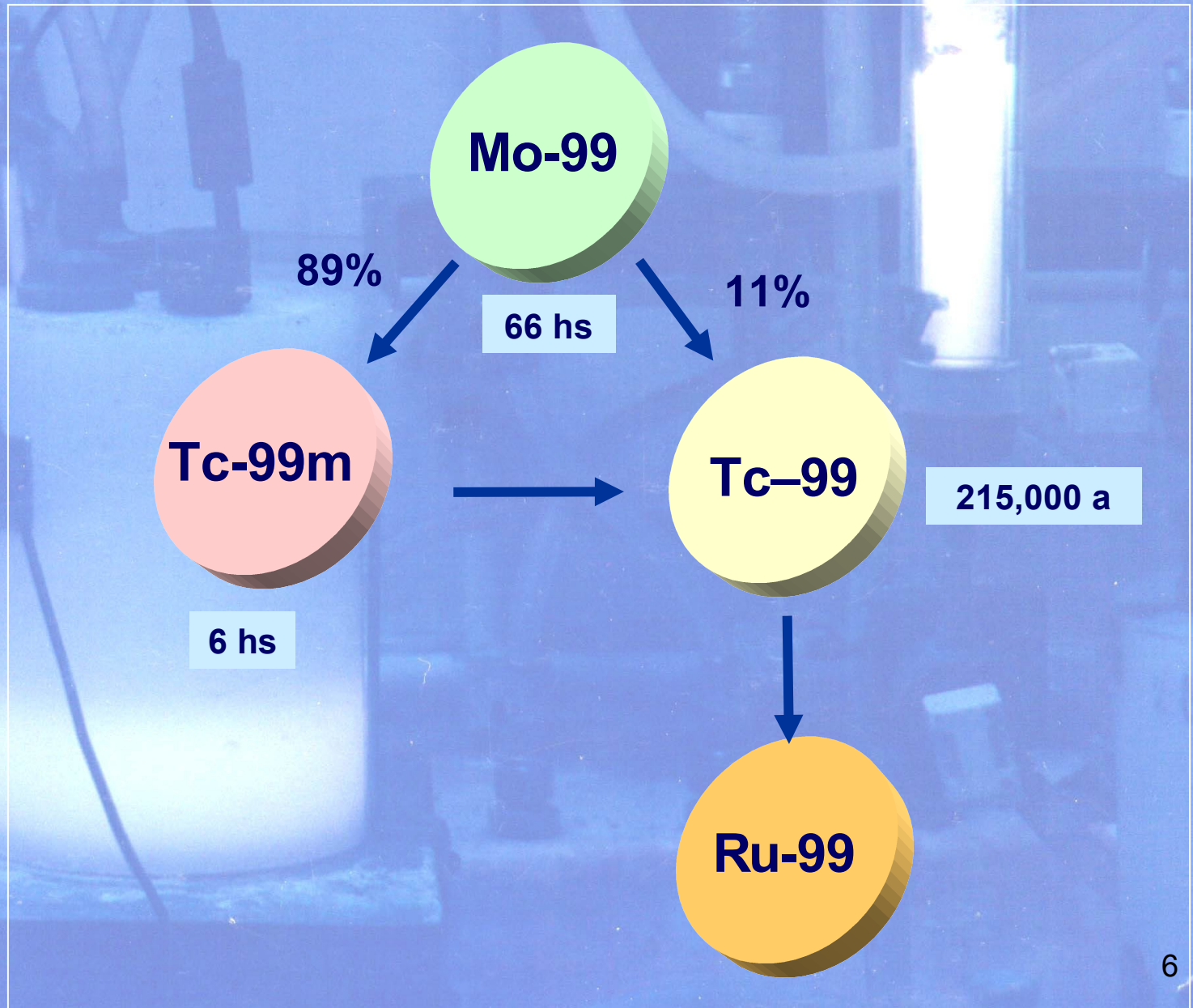
**~70.000 procedimientos se realizan
cada día a nivel mundial,
significando ~25.000.000 procedimientos por año**

**~75 % de todos los procedimientos
usan radiofármacos
marcados con Tc-99m**

**Mercado global:
U\$S 2.000.000.000**



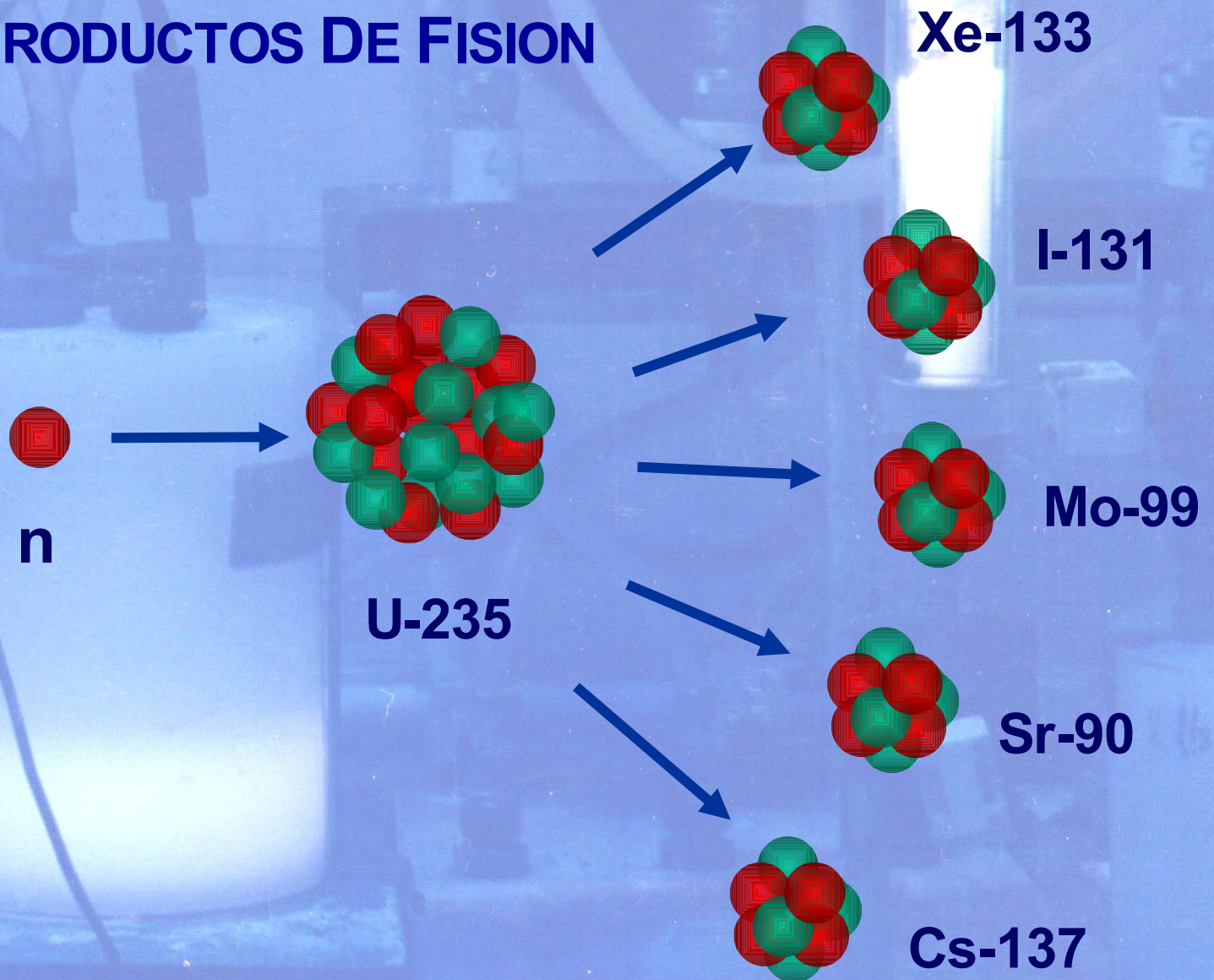
DECAIMIENTO RADIOACTIVO Mo-99 / Tc-99m



GENERADOR DE Mo-99/Tc-99m



FISION DE U-235 Y PRODUCTOS DE FISION



PRODUCTORES DE Mo-99

MDS NORDION (Canada)

IRE (Bélgica)

MALLINCKRODT (Holanda)

NTP (Sud-Africa)

CNEA (Argentina)

ANSTO (Australia)

BATAN (Indonesia)

Mercado Mo-99

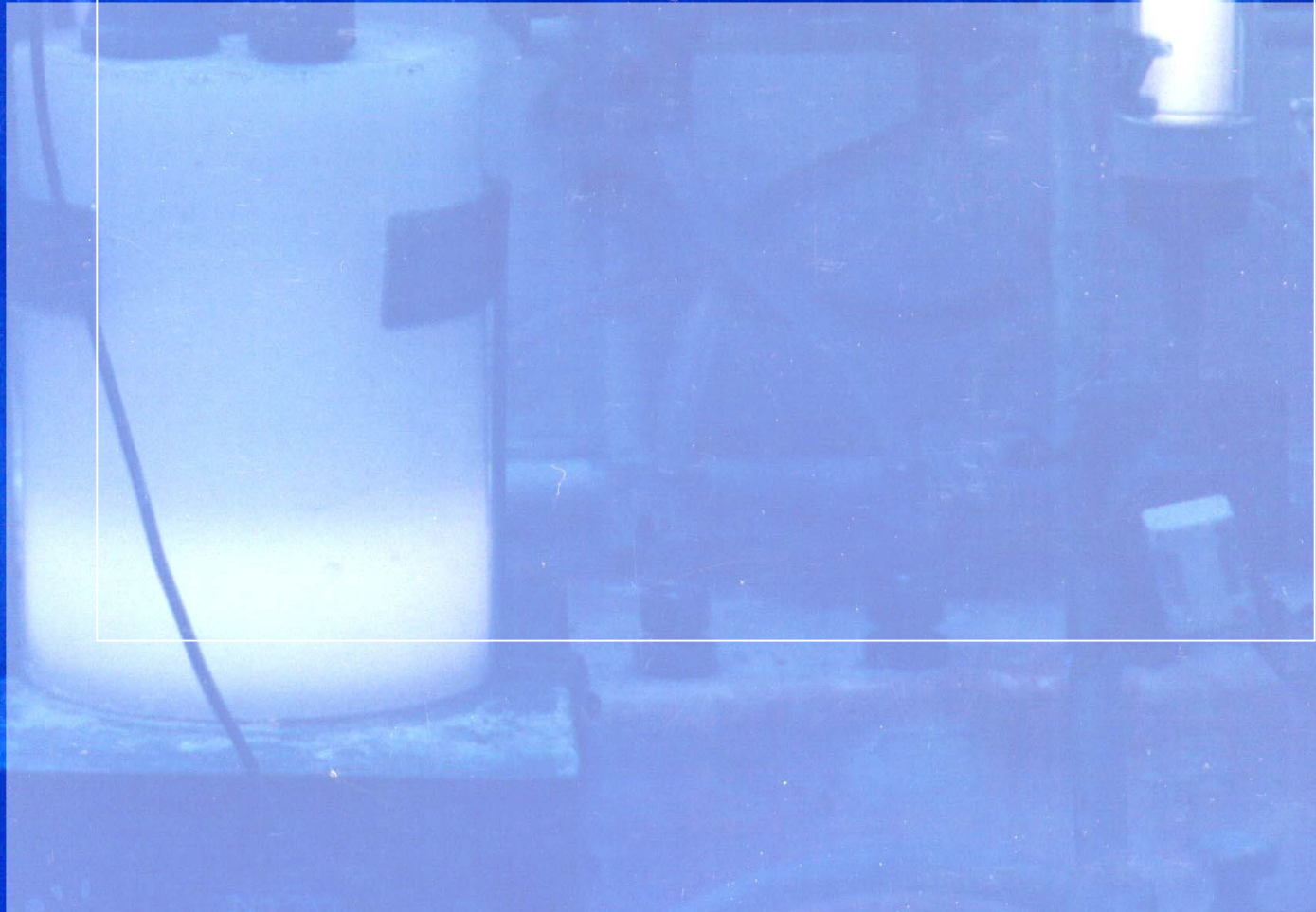
120.000.000 U\$S / año

~ 10 % crecimiento anual

**CNEA fue la primer institución
a nivel mundial en convertir
la producción de Mo-99
de HEU a LEU**



EL BLANCO



EVOLUCION DEL BLANCO

1985

1986

1987

1988

1989

1990

1991

1992

1993

1994

1995

1996

1997

1998

1999

2000

2001

2002

Comienzo de la producción comercial de Mo-99 a partir de blancos de HEU

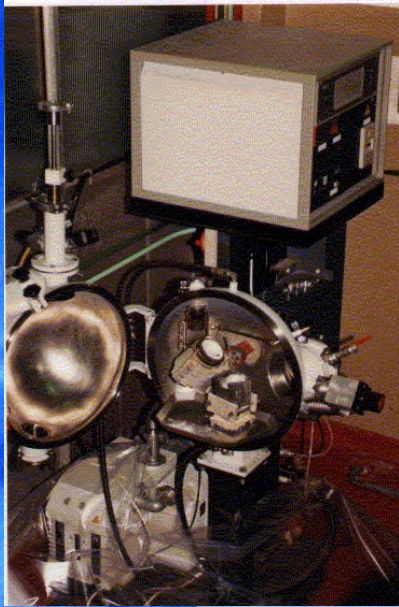
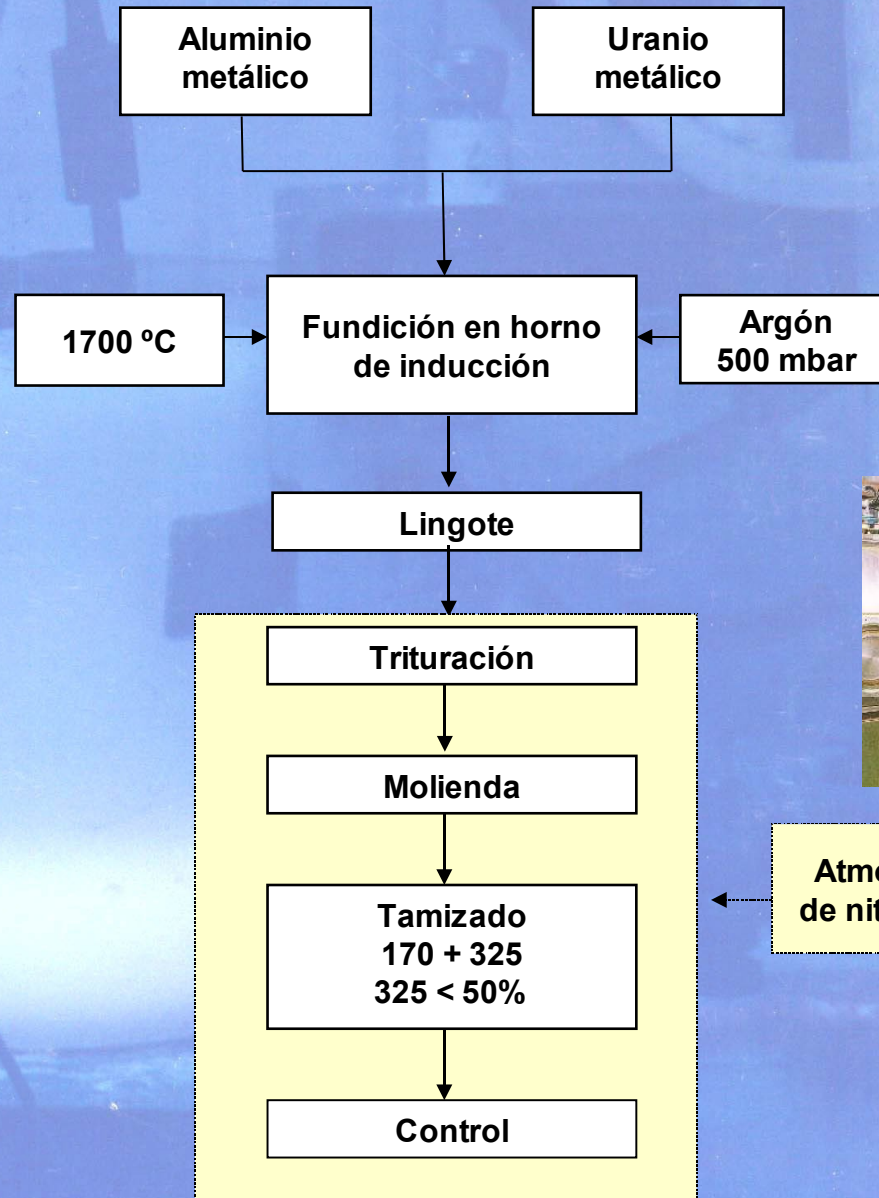
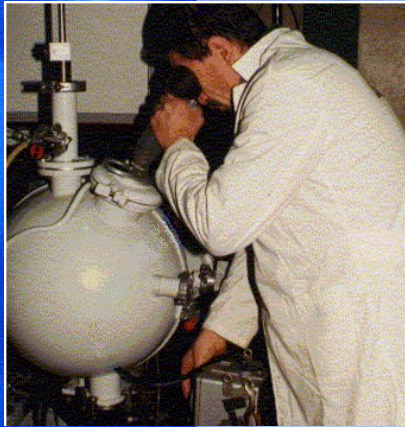
Desarrollo de blancos de LEU-siliciuro

Cooperación US - Argentina para el desarrollo de blancos de LEU metal foil

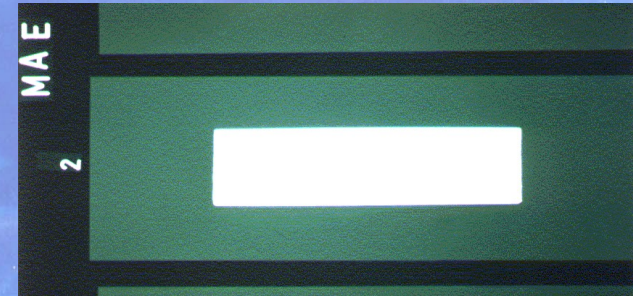
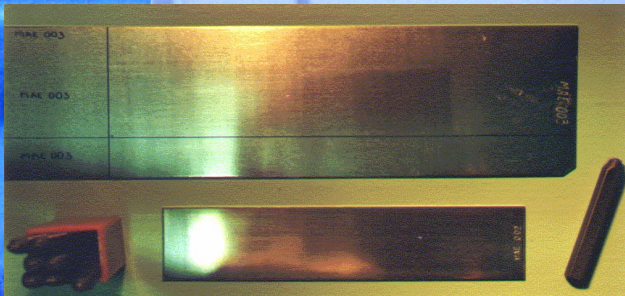
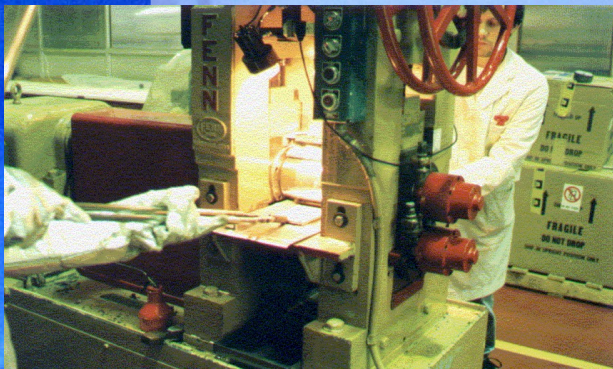
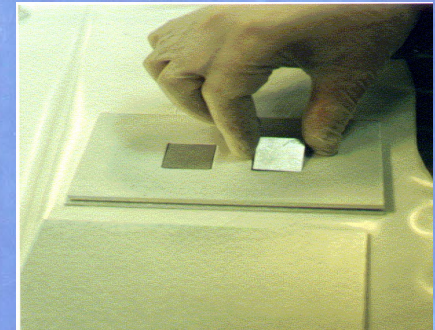
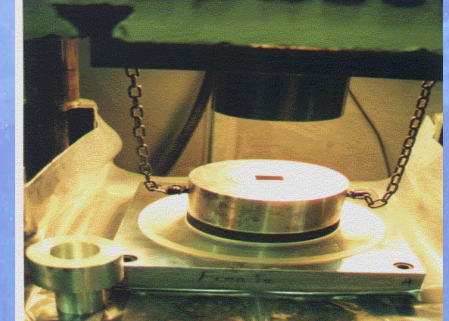
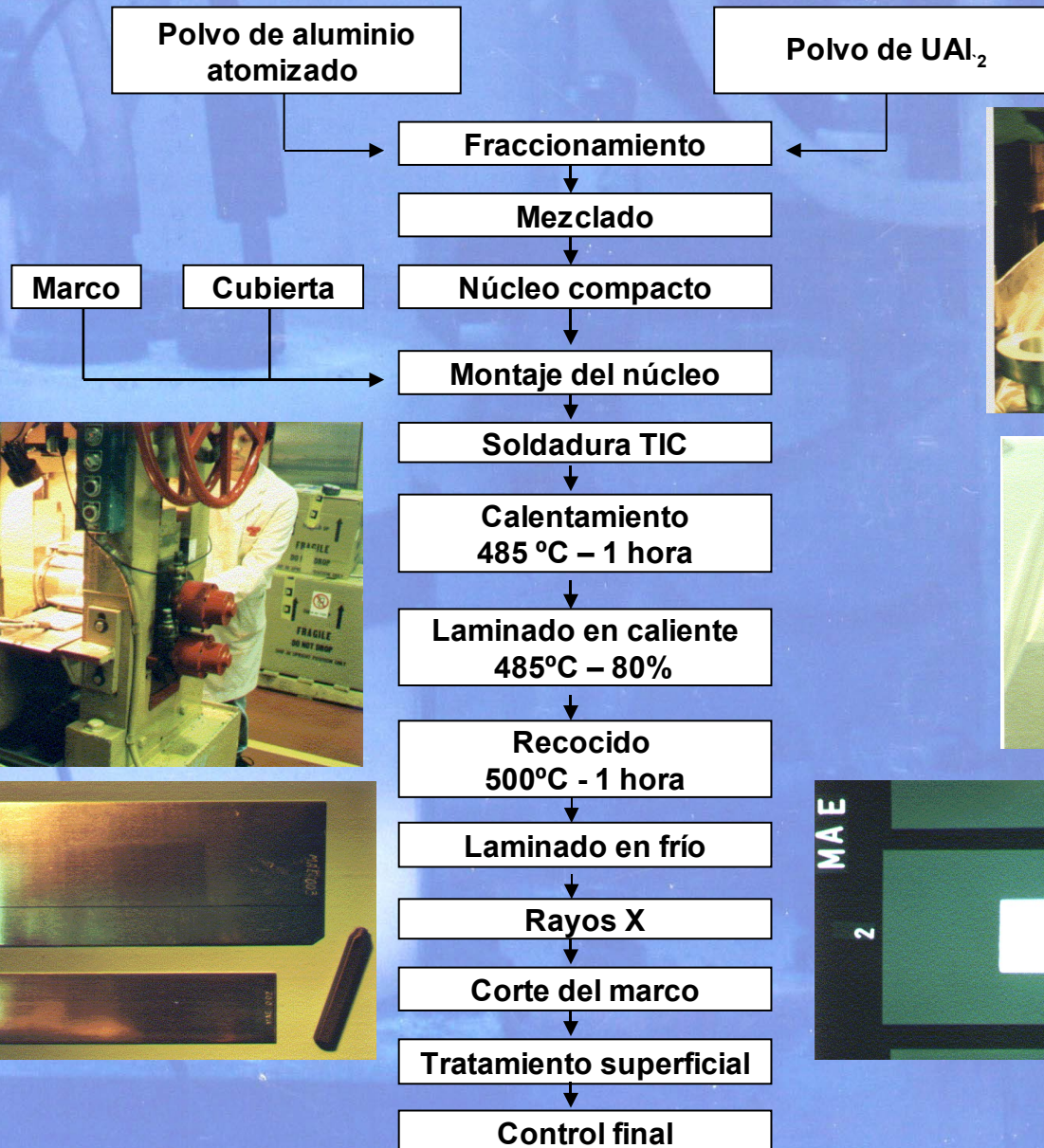
Desarrollo de blancos de LEU-

ONEA comienza la producción rutinaria de Mo-99 a partir de blancos de LEU

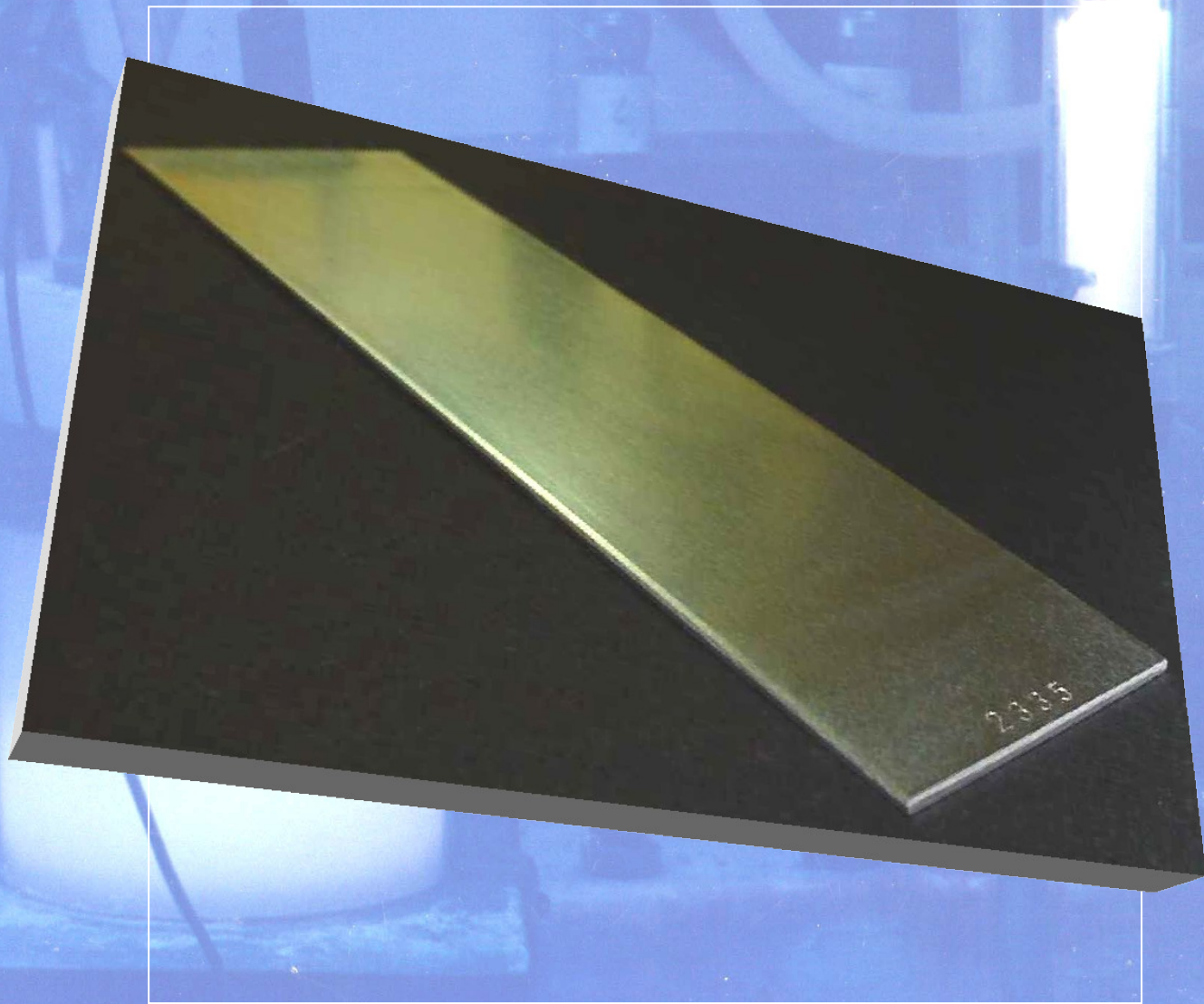
PROCESO DE MANUFACTURA DE POLVOS



PROCESO DE MANUFACTURA DEL BLANCO



BLANCO DE LEU



CARACTERISTICAS DE LOS BLANCOS

Placa	Peso[g]		Compuesto UAl_3			U total	U - 235	Densidad
N°	Placa	Nucleo	[g]	% w.	% vol.	[g]	[g]	gUt/cm ³
MAE 001	22,28	11,60	8,66	74,7	49,3	7,08	1,40	2,95
MAE 002	22,34	11,83	8,67	73,3	47,5	7,08	1,40	2,85
MAE 003	22,30	11,83	8,67	73,3	47,5	7,08	1,40	2,85
MAE 004	22,30	11,83	8,67	73,3	47,5	7,08	1,40	2,85
MAE 005	22,29	11,84	8,68	73,3	47,5	7,09	1,40	2,85
MAE 006	22,34	11,81	8,65	73,3	47,5	7,07	1,40	2,87
MAE 007	22,32	11,82	8,66	73,3	47,5	7,08	1,40	2,88
MAE 008	22,34	11,85	8,68	73,3	47,5	7,10	1,40	2,88
MAE 009	22,37	11,87	8,70	73,3	47,5	7,11	1,41	2,86
MAE 010	22,32	11,83	8,67	73,3	47,5	7,08	1,40	2,86
Enriquecimiento: 19,78 % U - 235								

CARACTERÍSTICAS DE LOS BLANCOS

	HEU (Al-U aleación)	LEU (U-aluminuro)
NUCLEO	Espesor	0.6 mm
	Ancho	30 mm
	Alto	115 mm
PLACA	Espesor	1.4 mm
	Ancho	35 mm
	Alto	130 mm
U-235	1.1 g	1.4 g
ENRIQUECIMIENTO	90.0 %	19.7 %
URANIO TOTAL	1.2 g	7.2 g
DENSIDAD U TOTAL (núcleo)	0.58 g/cm ³	3.0 g/cm ³
DENSIDAD U-235 (núcleo)	0.53 g/cm ³	0.58 g/cm ³
Al (núcleo)	5.0 g	4.6 g
Al (recubrimiento)	11.8 g	11.9 g

LA IRRADIACION

The image shows a laboratory environment with a blue-tinted background. In the foreground, a white cylindrical container sits on a stand. To its right, a vertical glass tube is illuminated from within, creating a bright glow. Various tubes and wires are visible in the background, suggesting a complex experimental setup. The text 'LA IRRADIACION' is overlaid in the upper center of the image.

NUCLEO REACTOR RA-3

CAJA DE IRRADIACION



BLANCOS DE U METALICO

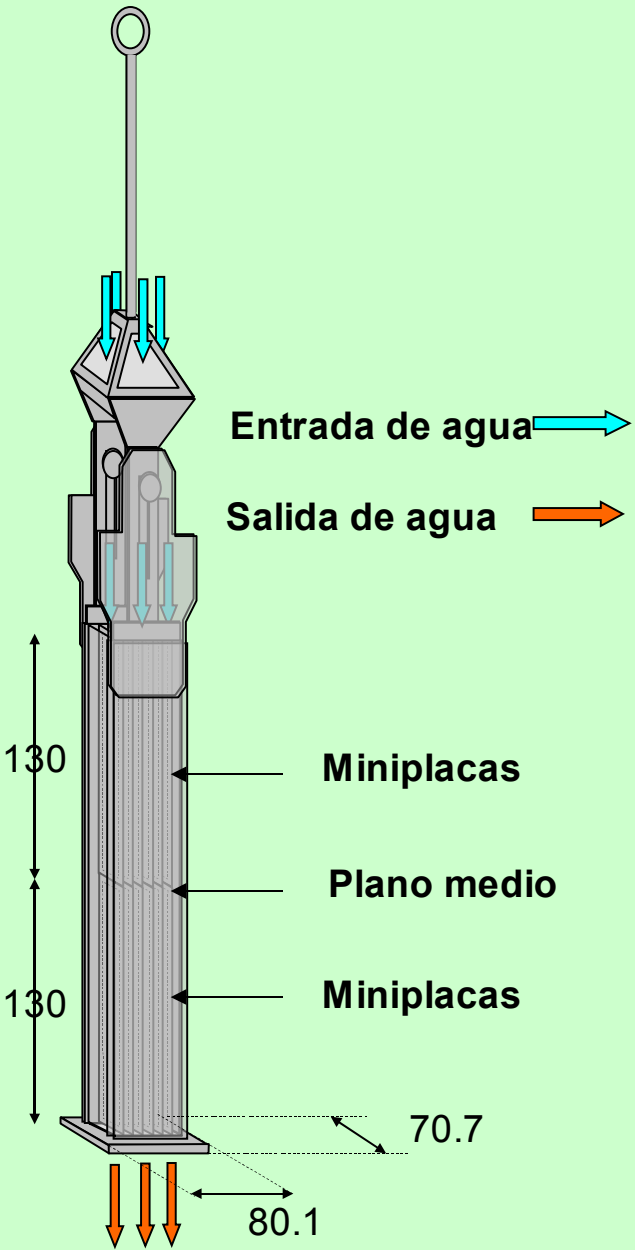
Y CAJA DE IRRADIACION

BLANCOS

CAJA DE IRRADIACION



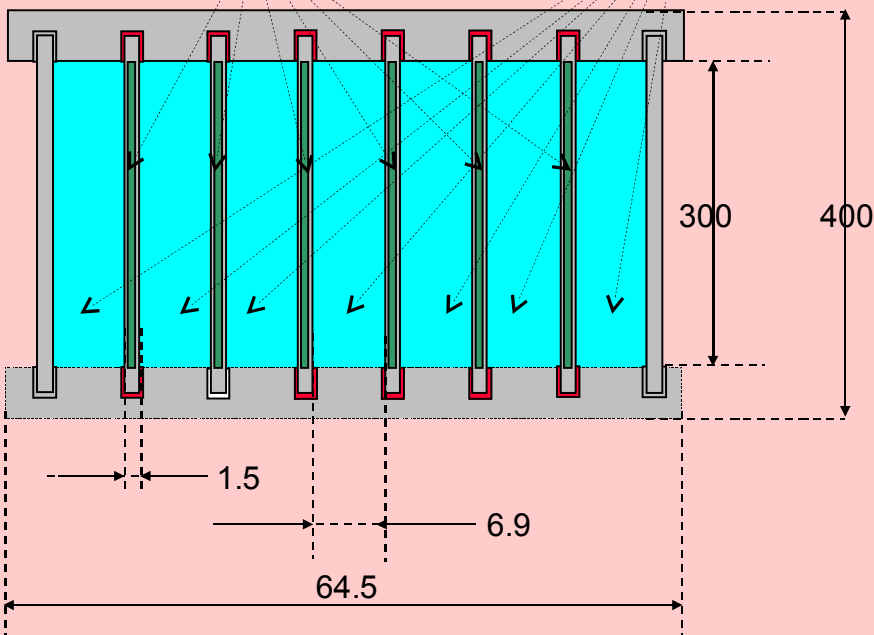
CAJA DE IRRADIACION DE MINIPLACAS



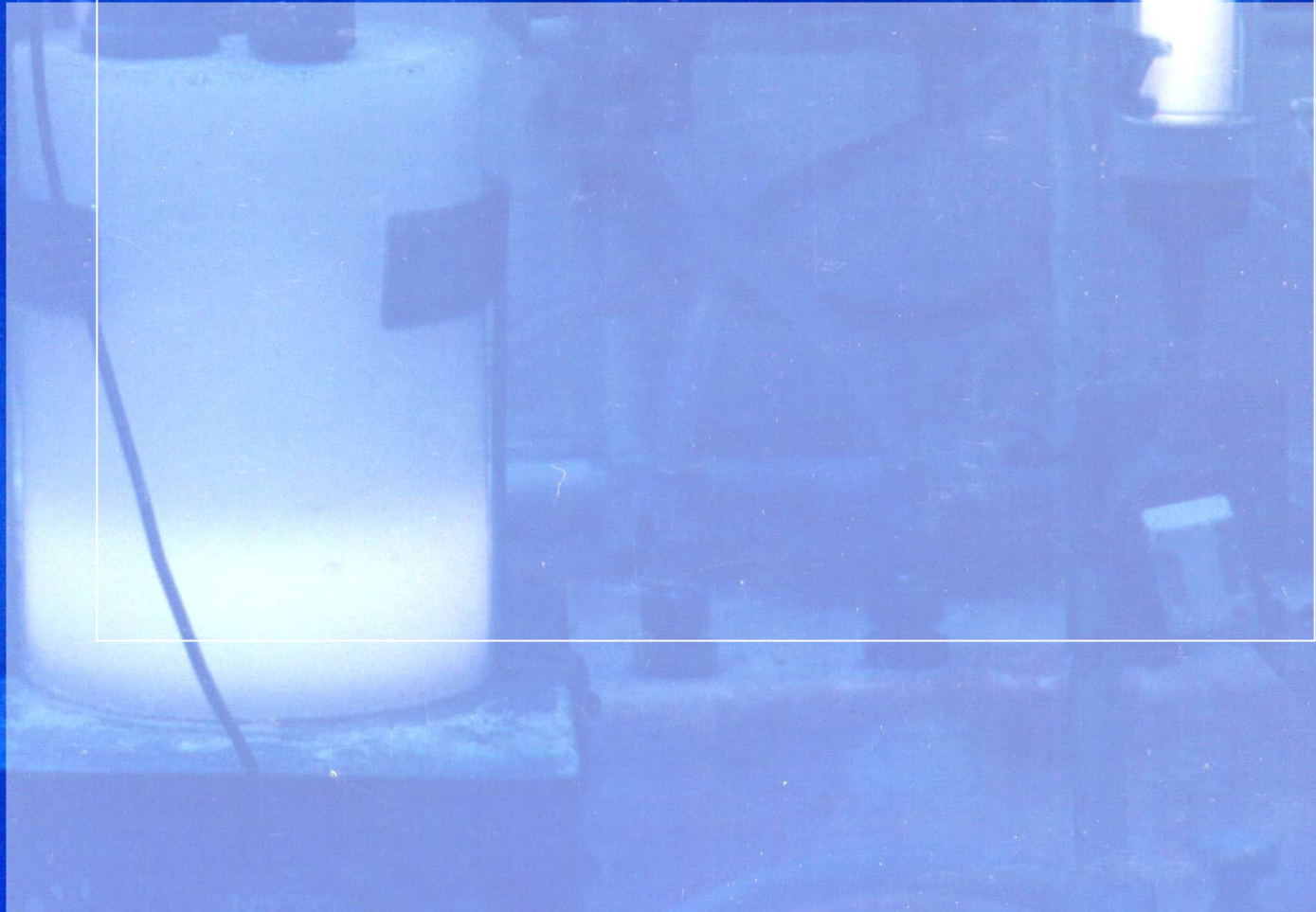
CORTE EN PLANO MEDIO

Miniplacas

Canales de refrigeración



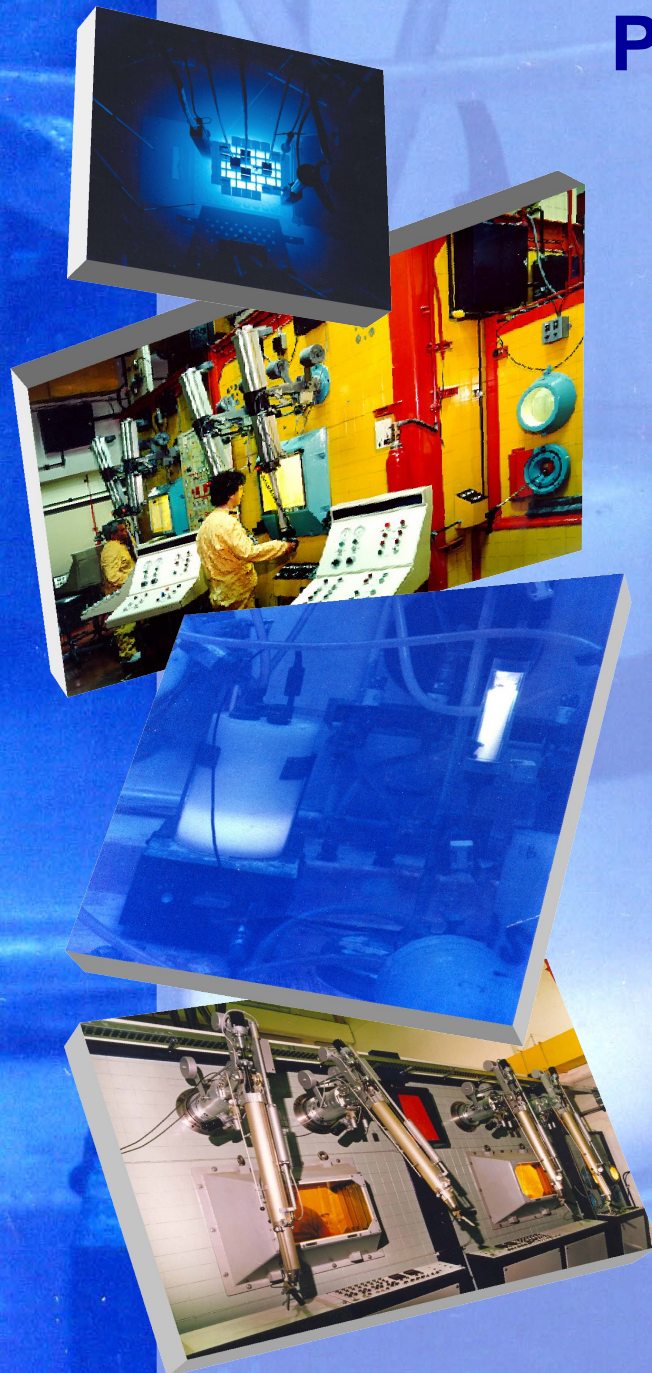
EL PROCESO RADIOQUIMICO



METODOS DE PRODUCCION DE Mo-99

	DISOLUCION ACIDA	DISOLUCION BASICA
HEU	Film de UO_2 adsorbido sobre cara interna de tubo de SS Cintichem	Miniplacas de dispersión de Al_x-U/Al recubiertas de Al
	Espigas de U/Al recubiertas de Al Nordion	IRE NTP Mallinckrodt
LEU	Gránulos de UO_2 ANSTO	Miniplacas de dispersión de Al_3-U/Al recubiertas de Al CNEA

PROCESO RADIOQUIMICO



Desde el comienzo CNEA consideró al U como parte de un ciclo



EL CONTROL DE CALIDAD

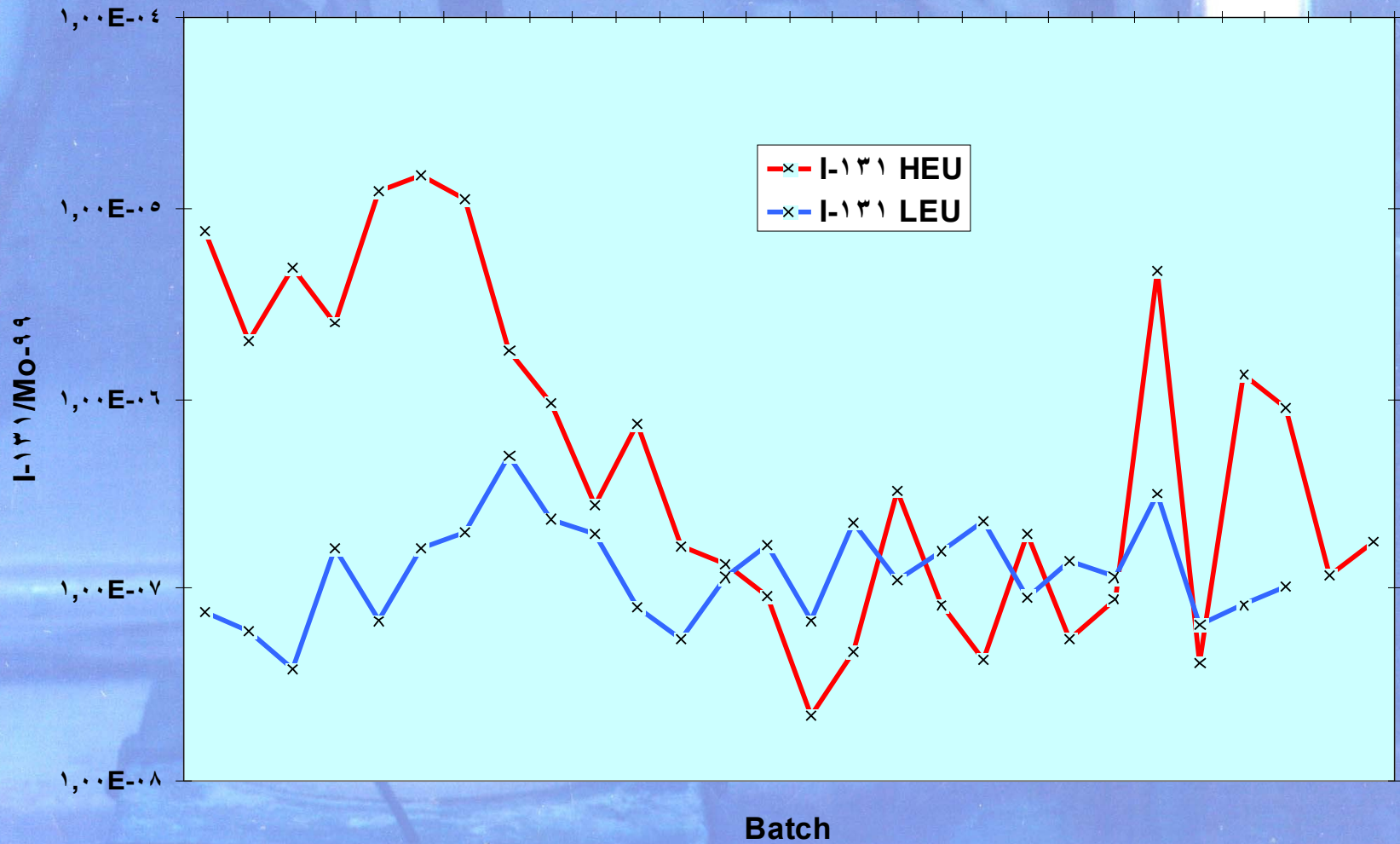


CONTROL DE CALIDAD

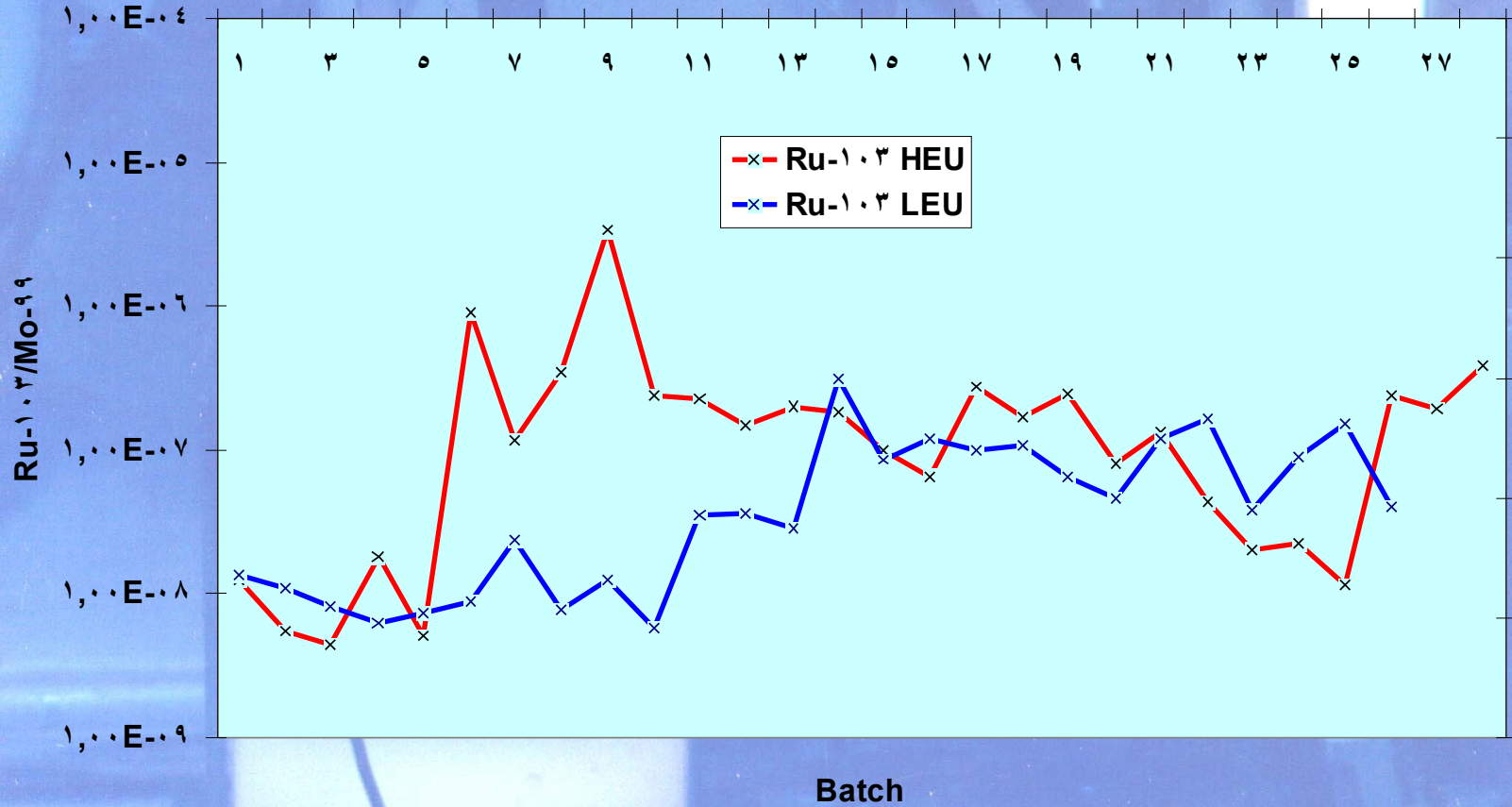
Radioisótopo	Especificación
I-131 / Mo-99	$< 5 \times 10^{-5}$
Ru -103 / Mo-99	$< 5 \times 10^{-5}$
Gamma total / Mo-99	$< 5 \times 10^{-5}$
Beta total / Mo-99	$< 5 \times 10^{-7}$
Alfa total / Mo-99	$< 1 \times 10^{-9}$

Pureza Radioquímica	$^{99}\text{MoO}_4^{2-} / \text{Mo-99} > 95\%$
Pureza Química	$\leq 3.000 \text{ } \mu\text{g Al} / \text{ml Mo-99} / \text{g Mo}$
Actividad Específica	Mo
actividad	$> 1 \text{ Ci Mo-99} / \text{ml}$

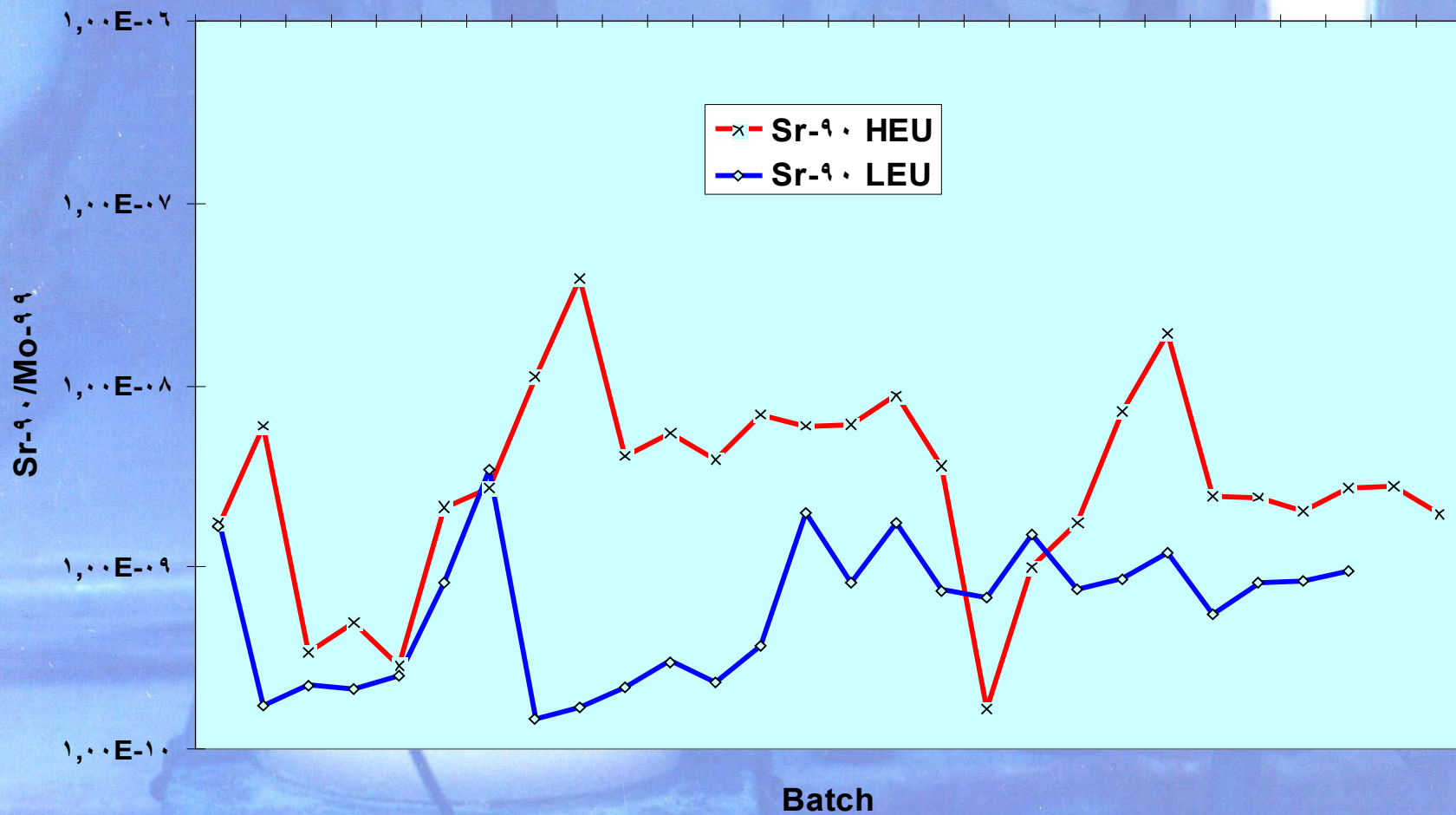
IODO-131



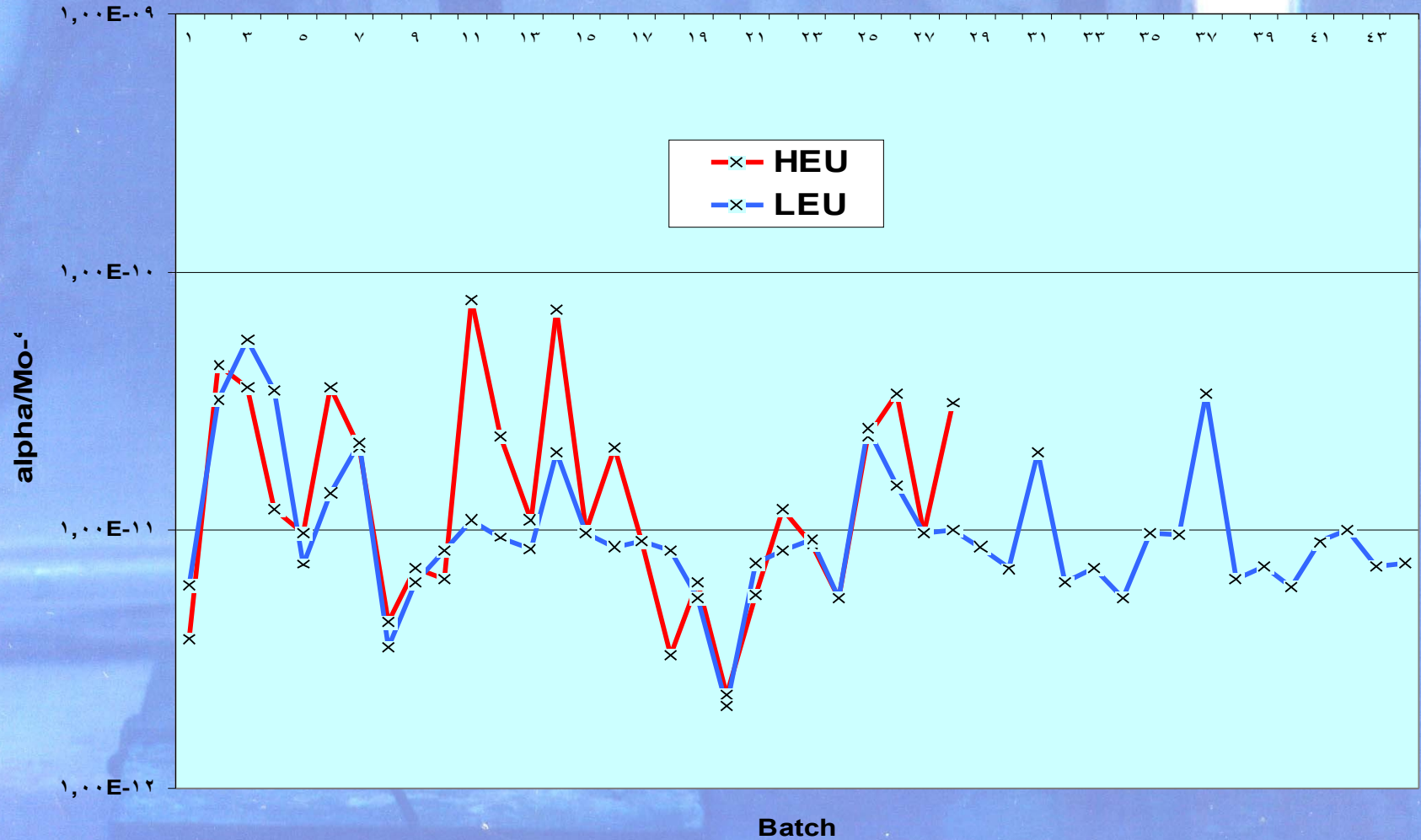
RUTENIO-103



ESTRONCIO-90



ALFA TOTAL



VALORES PROMEDIO

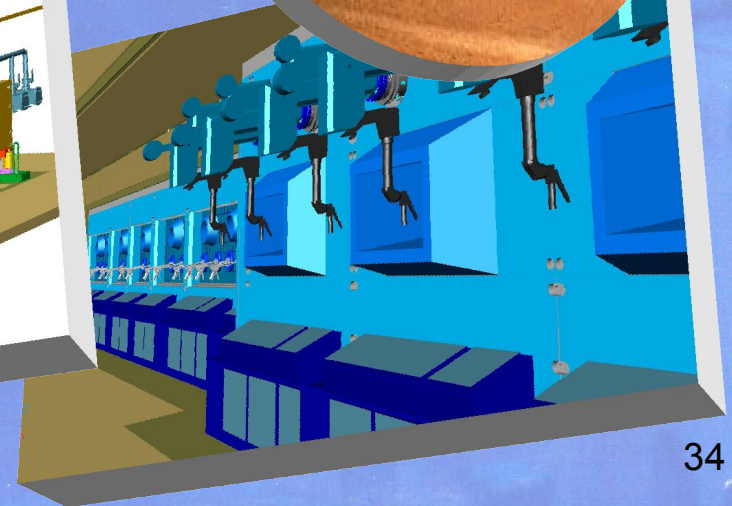
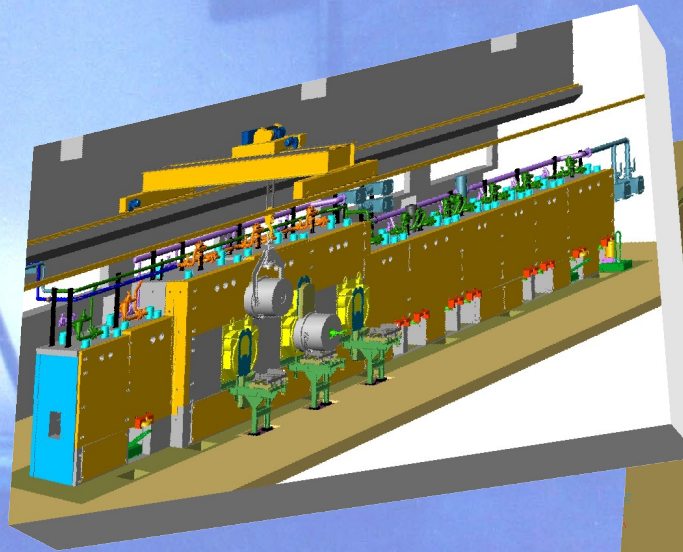
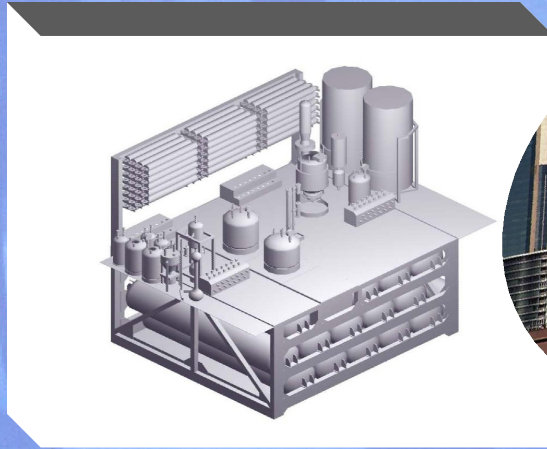
	I-131	Ru-103	Sb-125	Cs-137	Sr-90	Alfa total
HEU (n=28)	2,41E-06	2,77E-07	7,50E-09	2,95E-10	6,88E-09	1,95E-11
LEU (n=48)	1,50E-07	1,67E-08	5,68E-10	3,62E-10	7,88E-10	1,21E-11

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

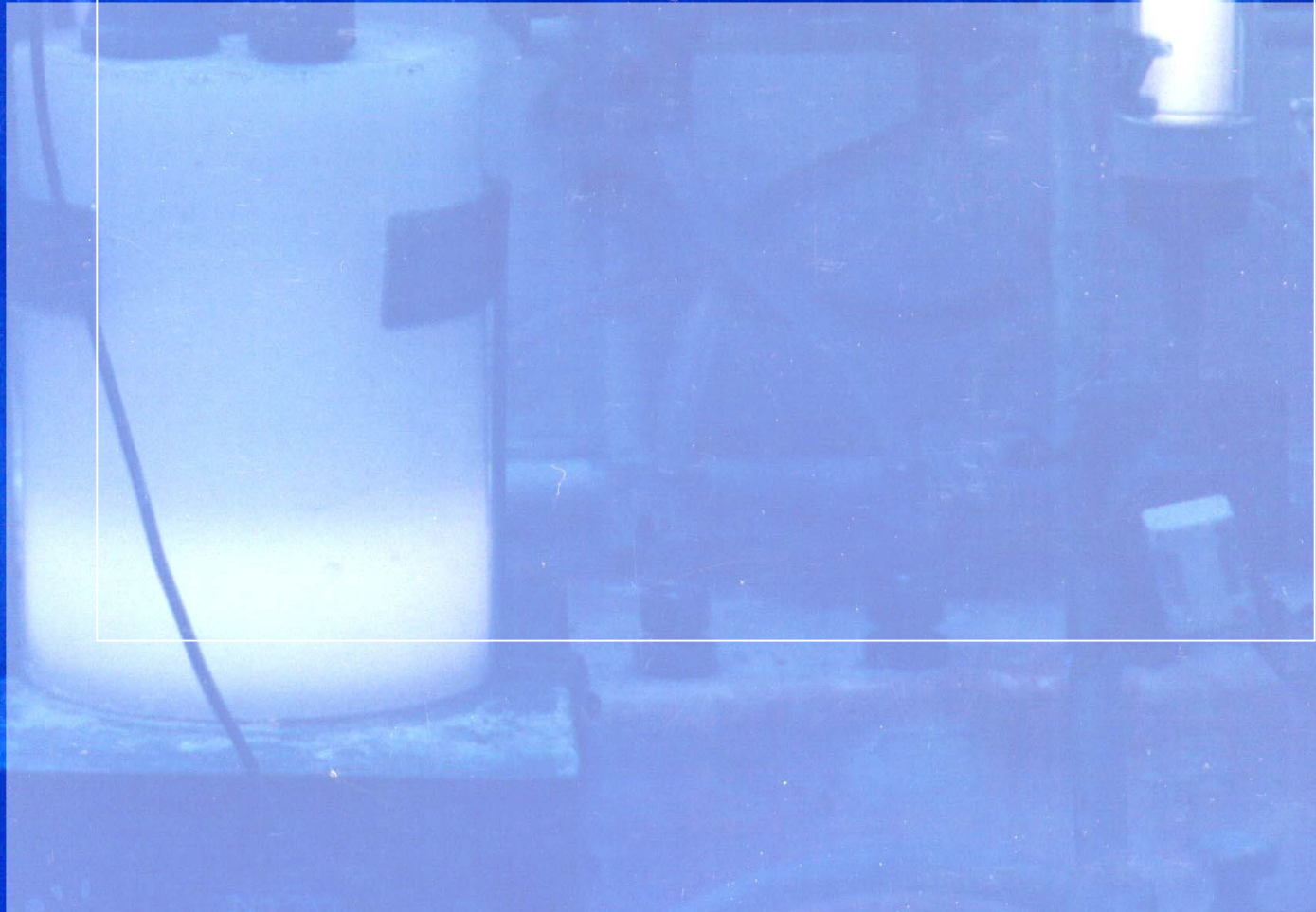


TECNOLOGIA NUCLEAR EXPORTADA

PROCESO DE PRODUCCION DE Mo-99 + SUMINISTRO DE BLANCOS



EL FUTURO ?



**Uso de un reactor nuclear
homogéneo líquido acuoso
para la producción de
radioisótopos de fisión
para aplicaciones médicas**

Sr-90

Mo-99

I-131

Xe-133


Cs-137

VENTAJAS DE LA TECNOLOGIA DEL REACTOR HOMOGENEO

- Reactor de baja potencia
- Costos de inversión y operación reducidos
- Núcleo del reactor = blanco
- Potencia del reactor = potencia del blanco
- Eliminación de elementos combustibles y blancos
- Todo el U interviene en la producción de Mo-99
- Reducción del consumo de U en un factor 100
- Coeficiente de reactividad muy negativo
- Elevada seguridad nuclear
- Reducción de residuos radiactivos en un factor 100
- Manejo del U y residuos radiactivos simplificado
- Recuperación de Sr-89, I-131 y Xe-133 de la fase gaseosa

REACTOR HOMOGENEEO

INSTITUCION	NOMBRE	OPERACION	COMBUSTIBLE	U-235	POTENCIA	PROPOSITO
Los Alamos	LOPO	1944	UO_2SO_4 / H_2O	14,5 %	50 mW	Investigación
	HYPO	1944 - 1949	$UO_2(NO_3)_2 / H_2O$	14,0 %	5,5 KW	Investigación
	SUPO	1950 - 1955	$UO_2(NO_3)_2 / H_2O$	88,7 %	45 KW	Investigación
Oak Ridge	HRE - I	1952 - 1954	UO_2SO_4 / H_2O	93 %	1,6 MW	energía
	HRE - II	1957 - 1961	UO_2SO_4 / D_2O	93 %	5 MW	energía
Los Alamos	LAPRE I	1956	H_3PO_4 / UO_3	93 %	0,8 MW	Investigación
	LAPRE II	1957	H_3PO_4 / UO_3	93 %		Investigación
IPPE	SPH	1959	$UO_2(NO_3)_2 / H_2O$	91 %	100 KW	Experimentos de criticidad
Obninsk	RF-GS	1962	$UO_2(NO_3)_2 / H_2O$	20 %	50 W	
Kurchatov Institute	GIDRA	1972	UO_2SO_4 / H_2O	90 %	10 KW	Investigación en física nuclear
	ARGUS	> 1981	UO_2SO_4 / H_2O	90 %	20 KW	
CEA Valduc	CRAC	1967 - 1972	$UO_2(NO_3)_2 / H_2O$	20 %	530 KW	Facilidad crítica
	SILENE	> 1974	$UO_2(NO_3)_2 / H_2O$	93 %		Facilidad crítica
Los Alamos	SHEBA	> 1993	UO_2F_2 / H_2O	5 %	70 KW	Investigación
			$UO_2(NO_3)_2 / H_2O$	5 %		Investigación
JAERI Tokai	STACY	> 1995	$UO_2(NO_3)_2 / H_2O$	10 %	200 W	Facilidad crítica
	TRACY	> 1995	$UO_2(NO_3)_2 / H_2O$	10 %	10 KW	Facilidad crítica



危機

Compact
Reactor
Industrial
Sistema
Innovativo
Sustentable

REACTOR HOMOGENEO

Cálculos preliminares

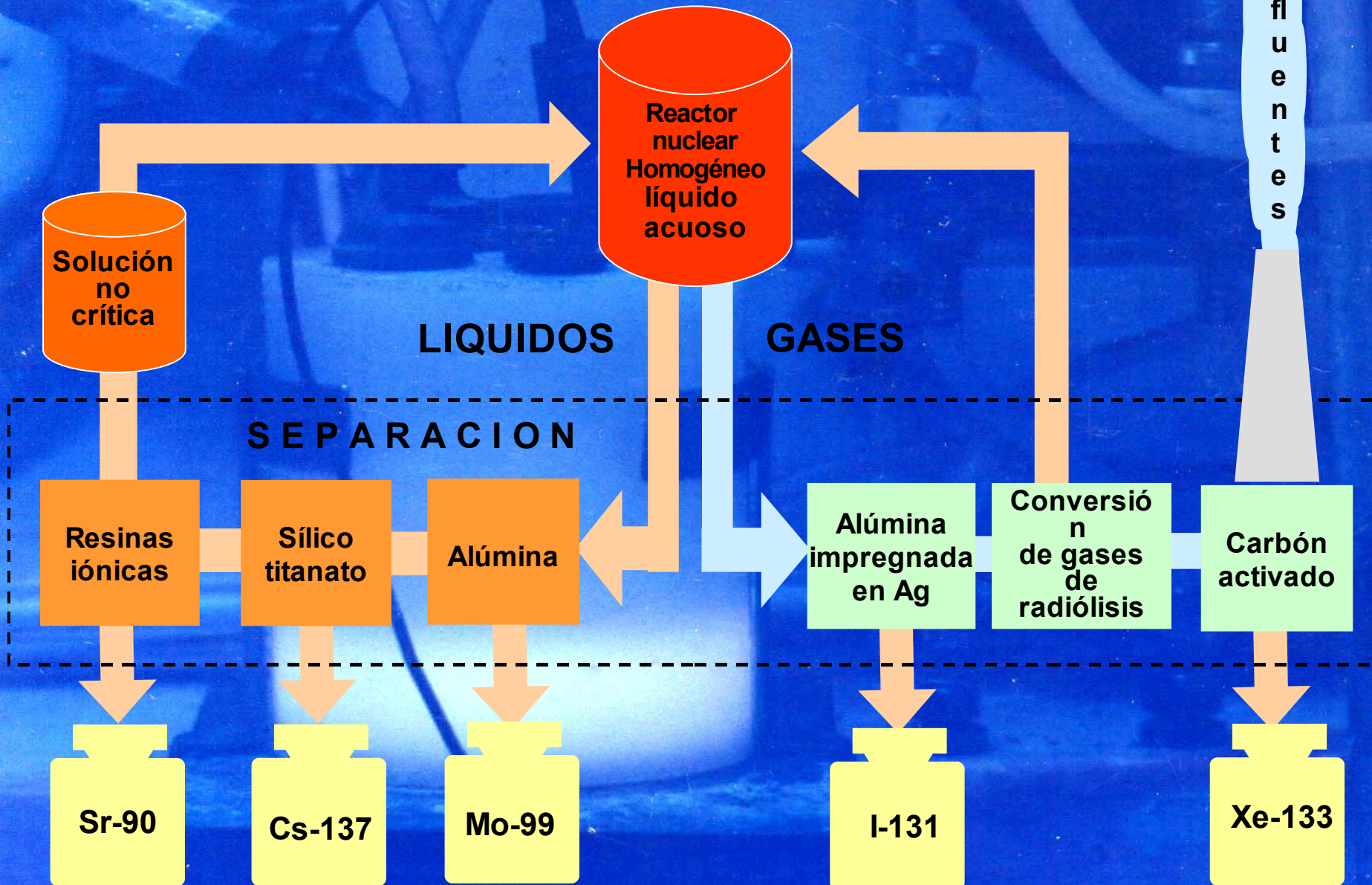
Combustible	U-235 20%
Compuesto	$(\text{NO}_3)_2\text{UO}_2 / \text{H}_2\text{O}$
Concentración de U	200 g / l
Volumen del reactor	90 litros
Potencia del reactor	50 kW
Barras de control	4
Consumo de U-235	50 mg / d
Producción de Pu	1 mg / d
Actividad de Pu-239	60 μCi / d

Radioisótopos producidos

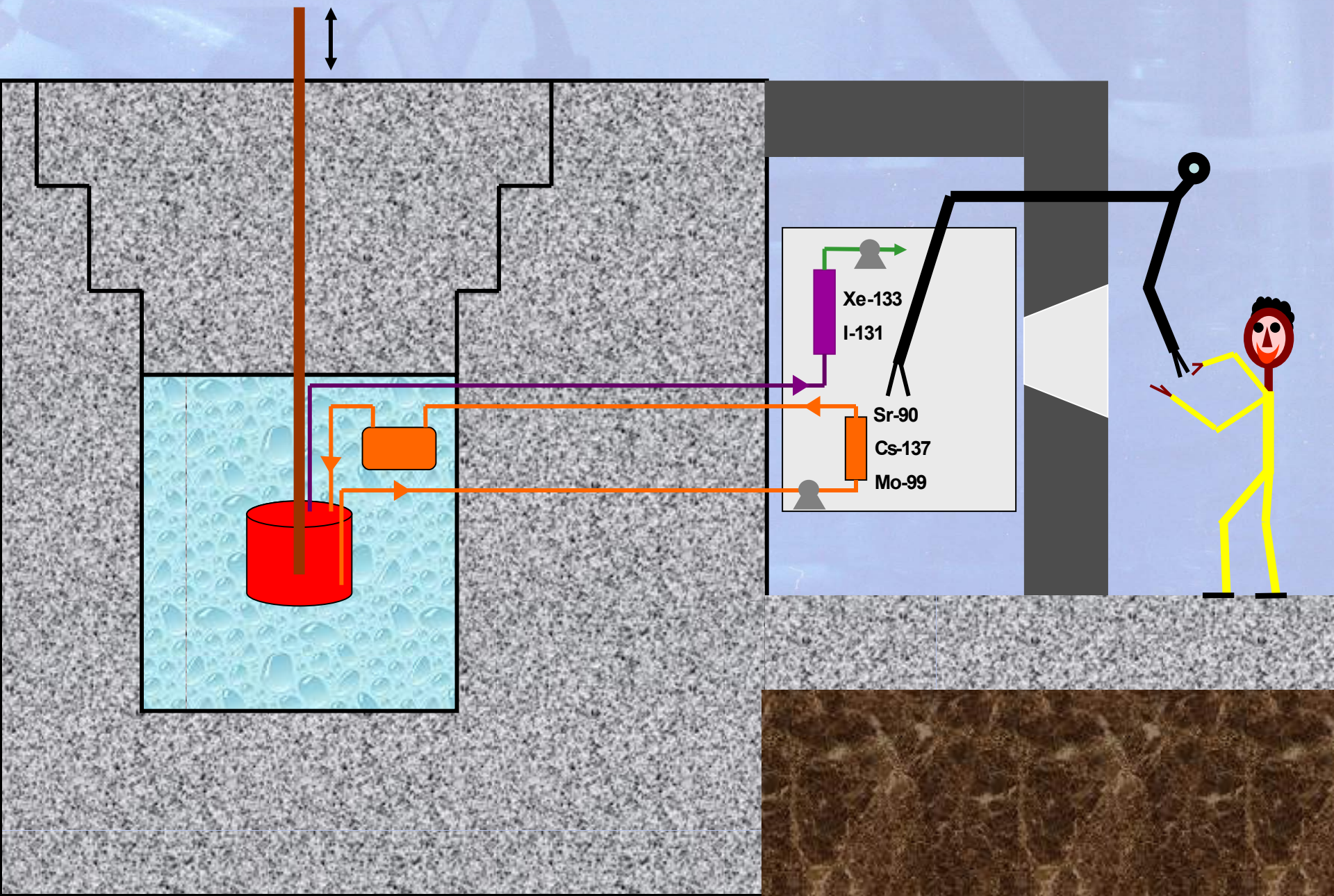
50 KW / 1 día de operación

Radioisótopo	Actividad
Mo-99	500 Ci
Sr-90	0.25 Ci
I-131	125 Ci
Cs-137	0.25 Ci
Xe-133	350 Ci

PROCESO RADIOQUIMICO



REACTOR HOMOGENEO





RESUMEN

- En 2002 CNEA reemplazó exitosamente los blancos de HEU por blancos de LEU para la producción de Mo-99 y otros radioisótopos de fisión
- Se realizaron estudios comparativos de la pureza de Mo-99 en 28 HEU (2002) y 48 LEU (2003) partidas de producción
- Se observa una mejora en la pureza del Mo-99 al utilizar blancos de LEU

CONCLUSIONES

 La producción de Mo-99 a partir de blancos de LEU es técnica y económicamente factible

 El producto cumple con los requerimientos internacionales según las especificaciones establecidas en farmacopeas

 La producción de Mo-99 mediante un reactor nuclear homogéneo líquido acuoso incrementaría la eficiencia global del proceso reduciendo significativamente su costo

