

LAS/ANS

Sección Latino Americana de la American Nuclear Society

SIMPOSIO

LAS TECNOLOGÍAS NUCLEARES CONTRIBUYENDO A LA
SUSTENTABILIDAD

20 al 22 de Junio de 2022

Rio de Janeiro, Brasil



**instituto nacional de
investigaciones nucleares**

Las Tecnologías Nucleares en la Industria



Miguel Irán Alcérreca Sánchez

Departamento de Irradiación Gamma

Gerente de Ingeniería

21 Junio 2022

I. La tecnología de irradiación, experiencia...

- Las décadas de los 50's y 60's se consideran el inicio de la investigación para la aplicación de los radionúclidos.
- Desde entonces en América Latina varios proyectos fueron financiados por la ONU a través del programa "Átomos para la Paz".
- Con este programa se donaron muchos irradiadores autoblandados y semi-industriales, iniciándose así la asimilación y aplicaciones de la tecnología en la región.
- A partir de los 70's se empiezan a definir proyectos para uso comercial y se construyen plantas de irradiación a escala semi-industrial e industrial, siendo Argentina la pionera.

Experiencia...

- Inicialmente los diseños estaban dedicados a cierto tipo de productos, con la experiencia adquirida, algunos países han logrado convertir sus diseños originales en instalaciones “multipropósitos”.
- Los primeros irradiadores industriales de cobalto fueron diseñados para blindajes de 1000kCi, actualmente llegan a ser para 5000kCi.
- En los 90’s operaban irradiadores de empresas públicas y privadas en Argentina, Brasil, Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Cuba y México.
- Aceleradores de electrones de hasta 10Mev también en los 90’s operaban en Brasil, Ecuador, República Dominicana y Costa Rica.

II. Instalaciones y sus características...

- A nivel industrial encontramos principalmente:
 - Irradiadores con fuentes de cobalto-60 de diversos diseños que atienden productos específicos o multipropósito
 - Irradiadores que utilizan haces de electrones acelerados de diversas energías (desde keV hasta MeV) para diferentes aplicaciones
 - Irradiadores con rayos X, generados mediante haces de electrones acelerados.

En función del diseño, de la accesibilidad y el blindaje de la fuente radiactiva.

Fuente

Categoría/tipo

Gamma

I. Auto blindados

II. Panorámicos de fuente seca

III. Con fuente sumergida

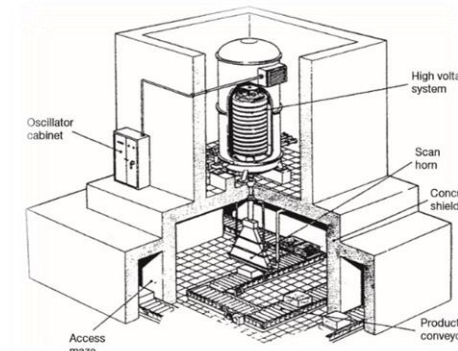
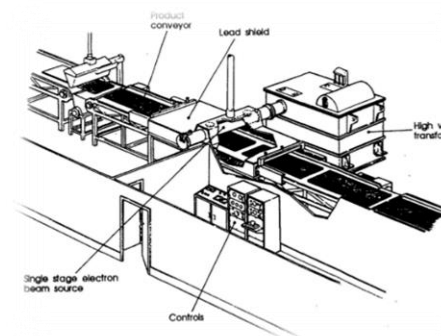
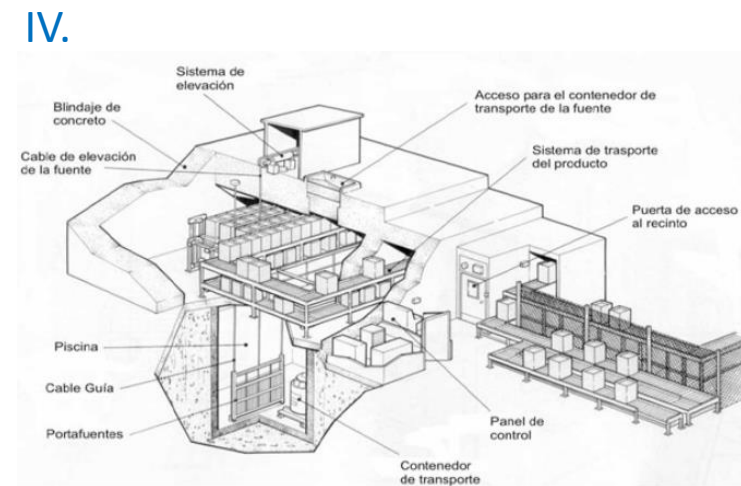
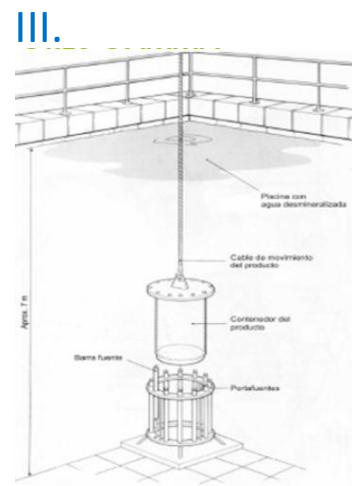
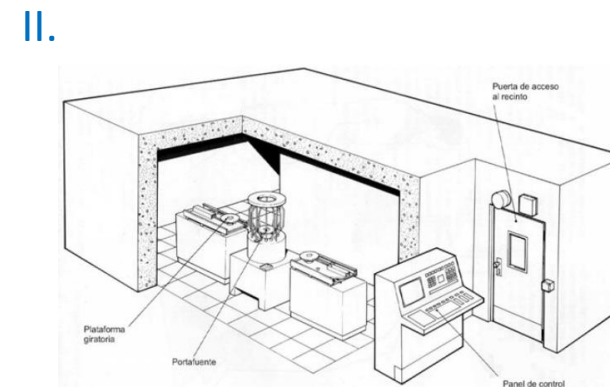
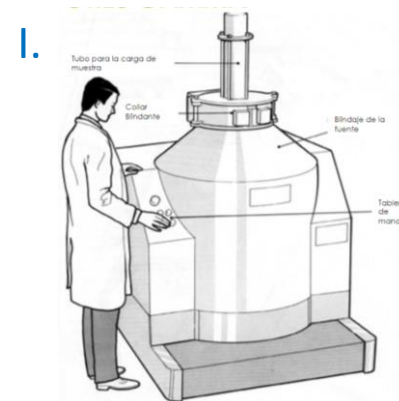
IV. Panorámicos de fuente húmeda

Haz de electrones

I. Unidades blindadas con enclavamientos de seguridad.

II. Alojados en salas blindadas sin acceso durante la irradiación

Tipos de irradiadores



Tipos de aceleradores de haz de electrones

Baja energía

- Auto blindados
- Rango de energía: 100 keV a 700 keV . Ancho de haz: desde ≈ 0.5 m hasta ≈ 1.8 m
- Aplicaciones: curado de superficies de películas finas y laminados
- El rango máximo de penetración puede ser de hasta 60 mg/cm^2

Energía media

- Rango de energía: de 1 MeV a 5 MeV. Ancho de haz: de 0.5 m a 1.8 m. Potencia de haz de 25 kW a 700 kW.
- Aplicaciones: reticulación de materiales, modificación de la reología de polímeros, mejora del color de las piedras preciosas, esterilización de productos médicos e irradiación de alimentos.
- Rango de penetración: de 5 mm a 25 mm

Alta energía

- Rango de energía: de 5 MeV a 10 MeV. Potencia de 25 kW a 350 kW con anchos de haz de hasta 1.8 m
- Profundidad de penetración: 50 cm (cuando se irradia desde ambos lados) para densidades de 0.15 g/cm^3
- Aplicaciones: esterilización de productos médicos, reticulación de productos, tratamiento de aguas residuales, mejora del color de las piedras preciosas y la prolongación de la vida útil de alimentos y frutas.

Comparativo de irradiadores

CARACTERÍSTICAS SELECCIONADAS	HAZ DE ELECTRONES	RAYOS X	RAYOS GAMMA Co-60
Fuente de rad. ionizante	Electricidad		Isótopo radiactivo
Actividad de la energía	Encendido y apagado eléctrico		Vida media de 5.27 años.
Propiedades de la radiación	Electrones masa= 9.1×10^{-31} kg	Fotones $\lambda = 4.1 \times 10^{-12}$ m	Fotones $\lambda = 1.0 \times 10^{-12}$ m
Carga	1.6×10^{-19} C	Ninguna	
Tipo de emisión	Unidireccional	Pico delantero	Isotrópico
Penetración	Rango finito	Atenuación exponencial	
Tasa de dosis	360,000 kGy/h	100kGy/h	10 kGy/h

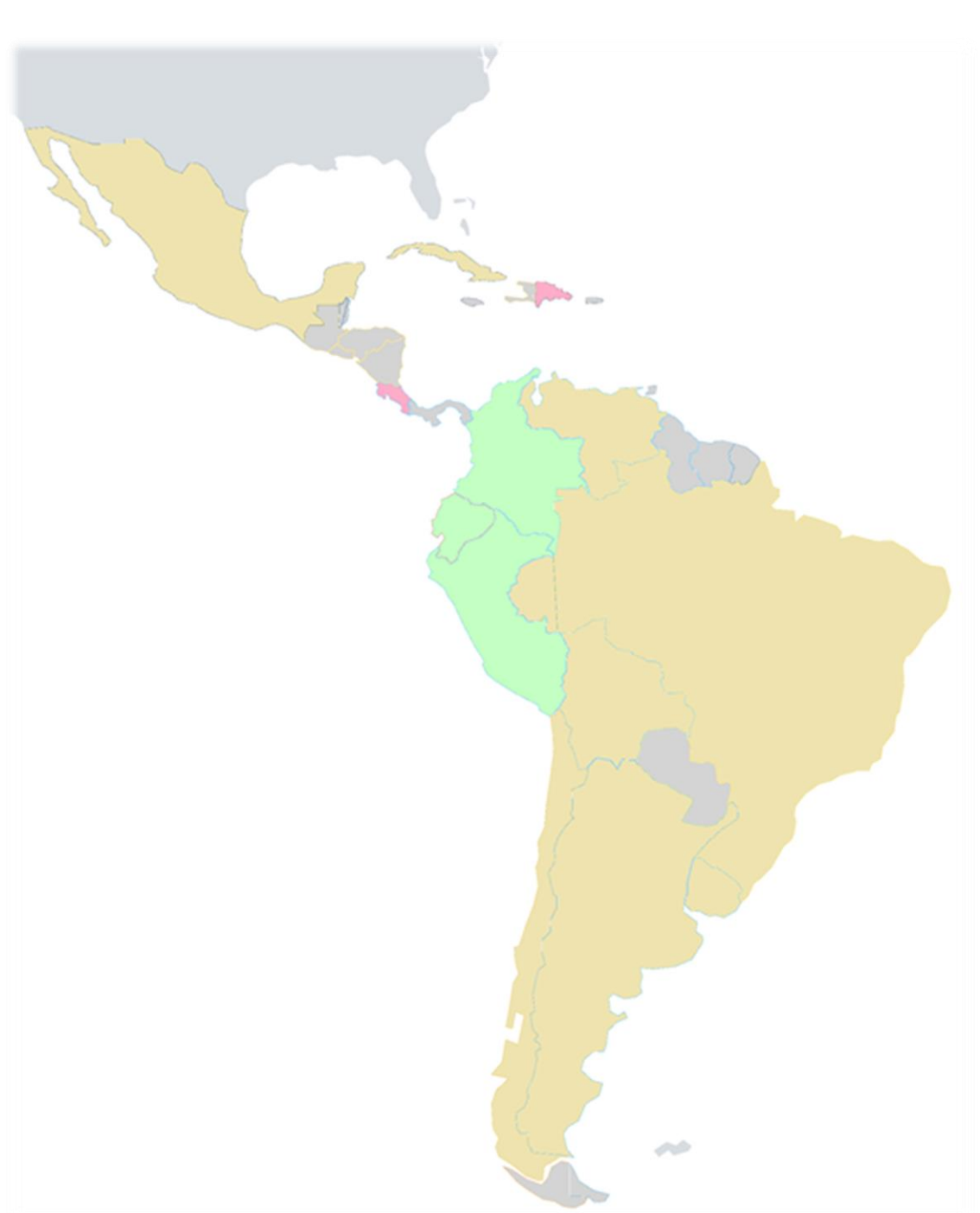
Tasa de dosis

- El rendimiento del procesamiento de material depende de la corriente y potencia del haz.
- Corrientes de haz altas implican tasas de dosis muy altas.

Equipo	Tasas de dosis
Haz de electrones	100kGy/s ó 360,000 kGy/h
Rayos gamma Co-60	0.0028Gy/s ó ~10 kGy/h

III. Irradiadores semi industriales e industriales en América Latina

- Capacidad industrial (C IV)
- En proceso de recarga de Co-60 (actividad actual 10%)
- Irradiadores de haz de electrones (compañías privadas)

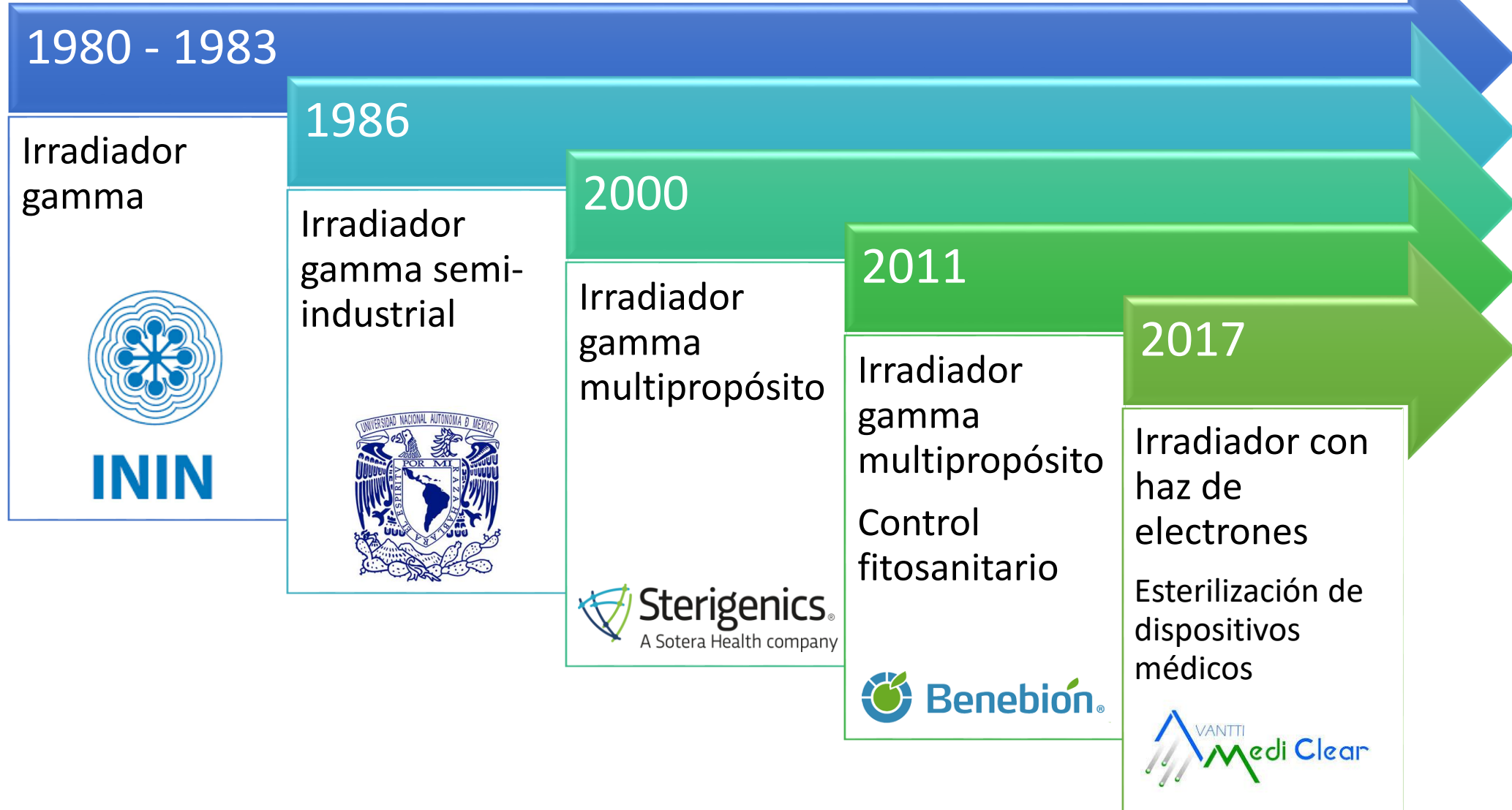


Los irradiadores más recientes en la región...

- Inicialmente los diseños estaban dedicados a cierto tipo de productos, con la experiencia adquirida, algunos países han logrado convertir sus diseños originales en instalaciones “multipropósitos”.



Irradiadores industriales en México



1980 - 1983

Irradiador gamma



ININ

1986

Irradiador gamma semi-industrial



2000

Irradiador gamma multipropósito



2011

Irradiador gamma multipropósito
Control fitosanitario



2017

Irradiador con haz de electrones
Esterilización de dispositivos médicos



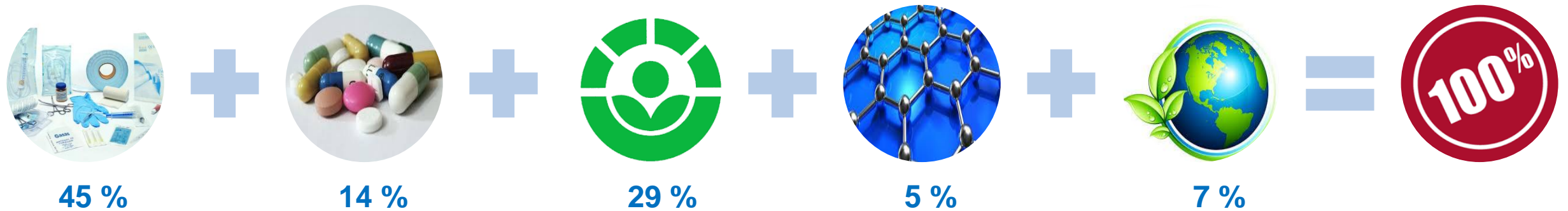
IV. Las aplicaciones...



Rangos típicos de Dosis



Sectores industriales atendidos aprox....



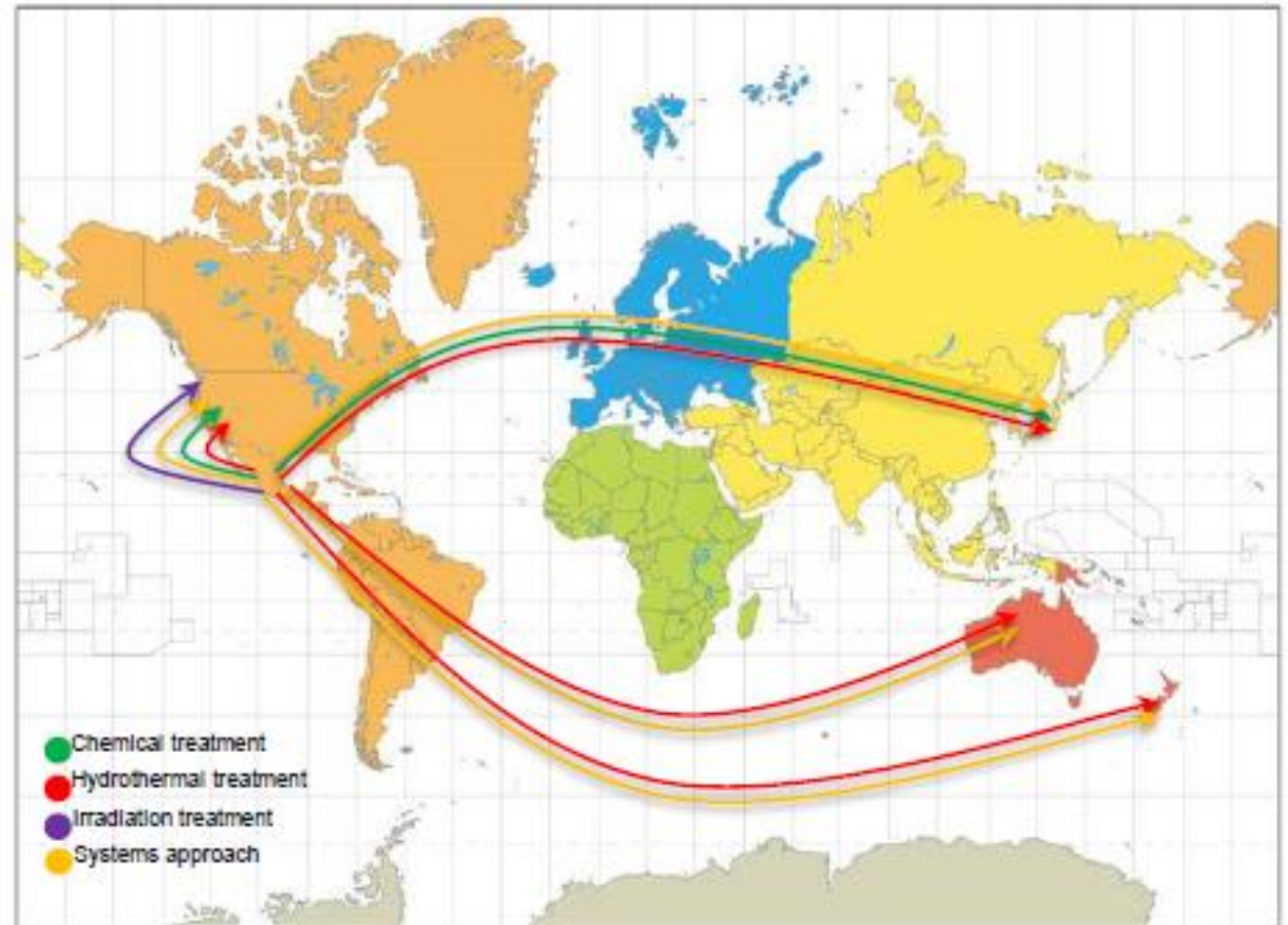
V. La irradiación de alimentos....

Beneficios



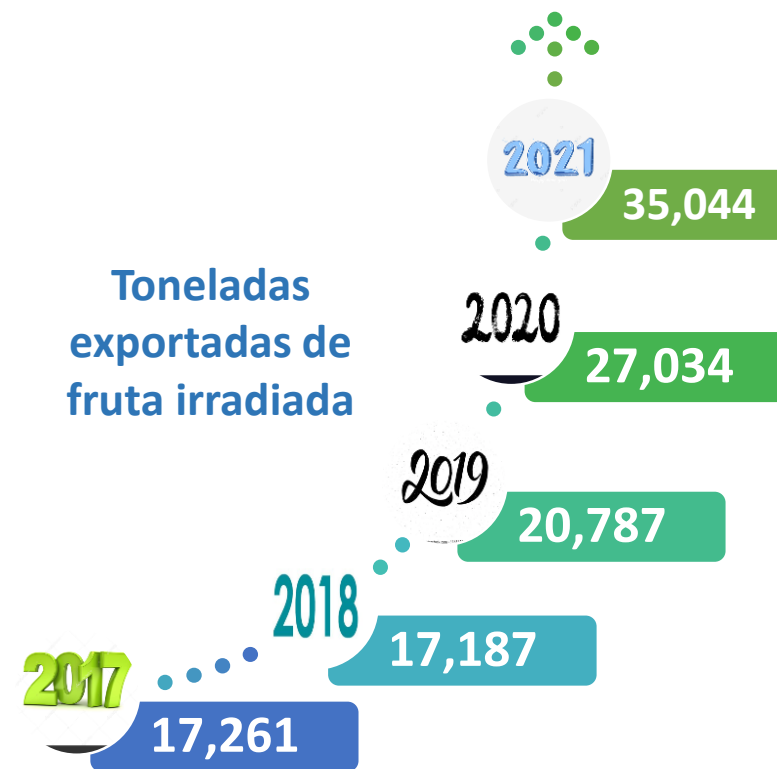
Exportaciones mexicanas de productos agrícolas

- Mexico exporta productos agrícolas al mundo utilizando diferentes tratamientos fitosanitarios
- Solamente de 12 productos seleccionados las exportaciones actualmente rebasan el millón y medio de toneladas métricas



Source: SENSICA (2015)

México exporta productos irradiados



Tratamiento fitosanitario con irradiación

- Mejora la seguridad microbiológica
- Prevención de la propagación de plagas dañinas
- Reducción de pérdidas durante el almacenamiento y extensión de la vida de anaquel.
- Se exporta un producto de mejor calidad para el consumidor.

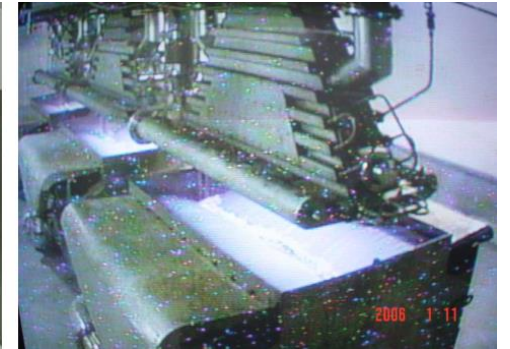
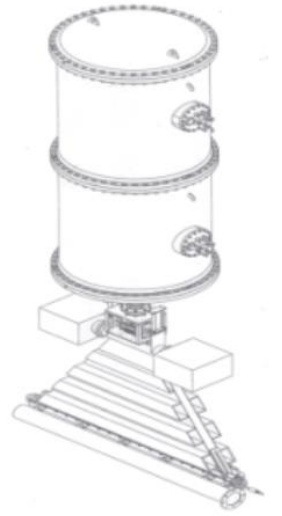


VI. Contribución de la tecnología con los Objetivos y Metas del desarrollo Sustentable (ODS)



Contribución de la tecnología con los ODS

- Promoviendo la seguridad alimentaria y agricultura sustentable
- Mejora el diagnóstico y tratamiento de enfermedades y nutrición
- Provee conocimientos y experiencia a la industria
- Protección al medio ambiente
- Mejorando la calidad de agua y haciéndola disponible a más personas



VII. Estrategia de gestión para servicios de irradiación gamma

Infraestructura Humana:

Cultura de Seguridad Radiológica
Capacitación y Desarrollo
Seguridad Industrial
Programa de sustitución y Reemplazos.
Clima Laboral

Satisfacción del cliente (Interno y Externo):

Cultura de Servicio al cliente
Orientación y asesoría
Estudios Especiales
Mejora Continua (calidad y servicio)

Disponibilidad de Planta:

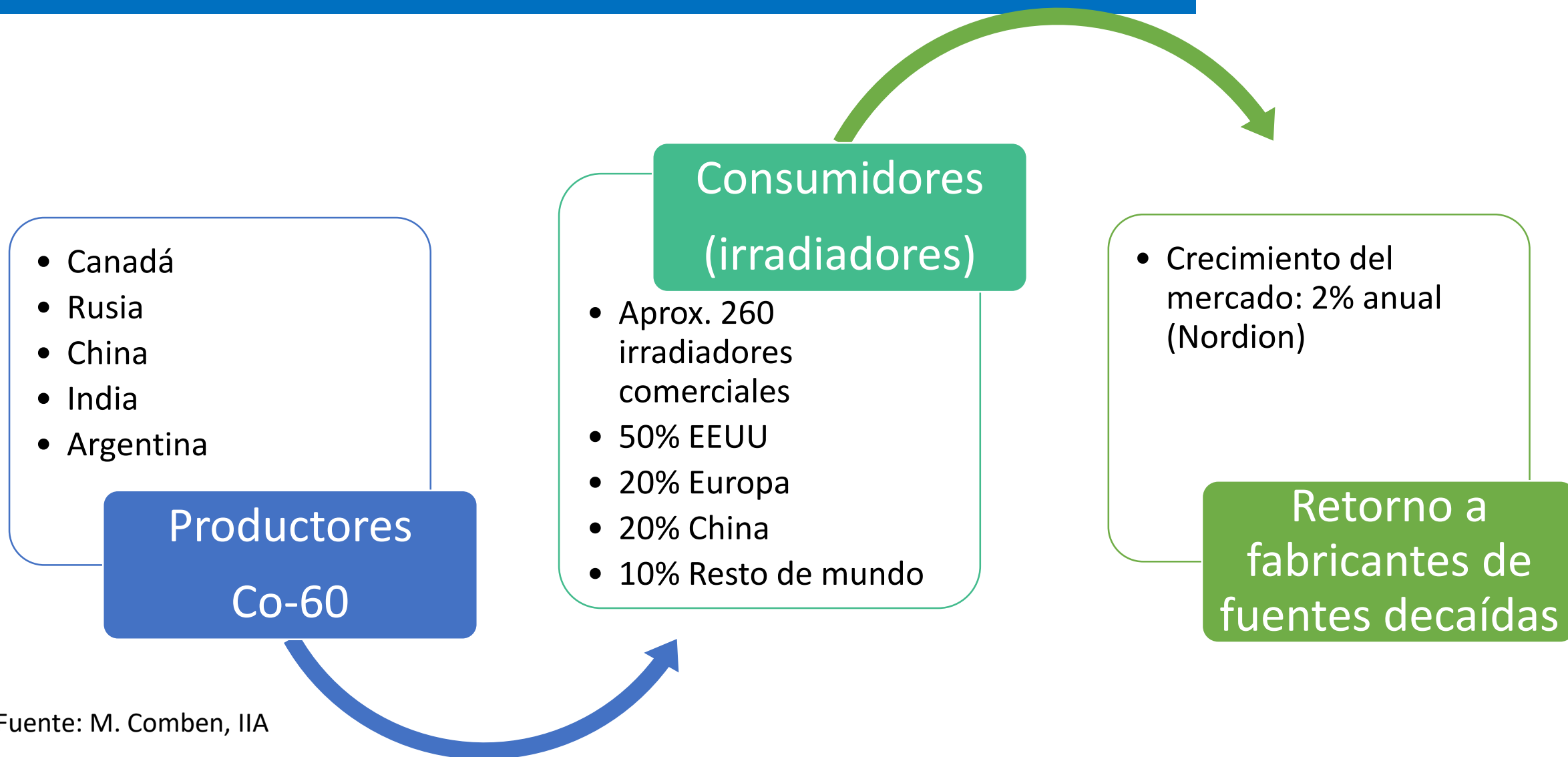
Recursos Financieros, capital de trabajo
Recursos Materiales
Proyectos de actualización, modernización de equipos, sistemas y metodologías

Actividad de Cobalto-60

Procesos enfocados a calidad:

Sistema de Gestión de Calidad del servicio
Certificación en Normas Internacionales ISO
Buenas Prácticas de Irradiación
Sistema de Seguridad Radiológica

Cadena de suministro Co-60



Disponibilidad actual de Co-60

Productores

- Desaparición de REVISS
- Posicionamiento de JSC Isotope (Rosatom) en el mercado, situación actual 2022 para el mercado internacional desconocida
- Producción reducida de CO-60 por Mayak en Rusia
- En años recientes cierre de la planta Argentina por remodelación

Suministro

- Nordion compra el exceso de CO-60 a China e India
- Programa al 2064 por Nordion - Bruce Power (mayor proveedor de electricidad en Canadá)
- Nuevas reglas de transporte aéreo, marítimo y terrestre de Co-60 por el OIEA y reguladores locales en el siglo XXI
- Aumento considerable del precio internacional del cobalto-60 por escasos y de la logística del transporte

Transporte y disposición

- Después del 9/11 reforzamiento de la seguridad radiológica para mitigar el riesgo de daño o robo
- Creación del NNSA National Nuclear Security Administration, WINS World Institute for Nuclear Security y NTI Nuclear Threat Initiative.
- Crear una cultura de seguridad. Creación del programa Disuadir, detectar y demorar
- **Costo elevado de disposición para el cliente (menor actividad mayor costo, transportación a cargo del cliente)**

VIII. Conclusiones y retos ...

- Incorporación a los mercados globales y la demanda de servicios internos, requiere aumentar la capacidad de irradiación en número, aplicaciones y calidad de los servicios.
- Las dos tecnologías a nivel industrial (gamma y haz de electrones) son complementarias, promover su construcción y operación aporta sustentabilidad, ambas son energías limpias.
- Desarrollar estrategias de difusión y promoción en los sectores productivos y en el público consumidor de productos tratados con irradiación gamma, prevalecen dudas de sus beneficios.
- Determinar la posibilidad de recargar todos los irradiadores autoblandados de la región que están "casi sin usar" y que son de gran apoyo para la investigación.

Retos ...

- Planear sistemas de gestión integrados, que consideren los requerimientos de recursos humanos en los sectores involucrados, no solo en la operación de instalaciones.
- La continuidad de los proyectos de cooperación bilateral y regional (ARCAL) es fundamental para lograr el intercambio de experiencias.
- Incrementar la producción y oferta de Co-60 que cubra la demanda creciente, así como encontrar esquemas de financiamiento ganar-ganar.

• Contribuir al cambio del paradigma

PRODUCIR – UTILIZAR - DESECHAR

por

REPENSAR- REUTILIZAR – RECICLAR – REESTRUCTURAR

miguel.alcerreca@inin.gob.mx

