

GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS PCB

EXPERIENCIAS GLOBALES Y REGIONALES Y MEJORES PRÁCTICAS

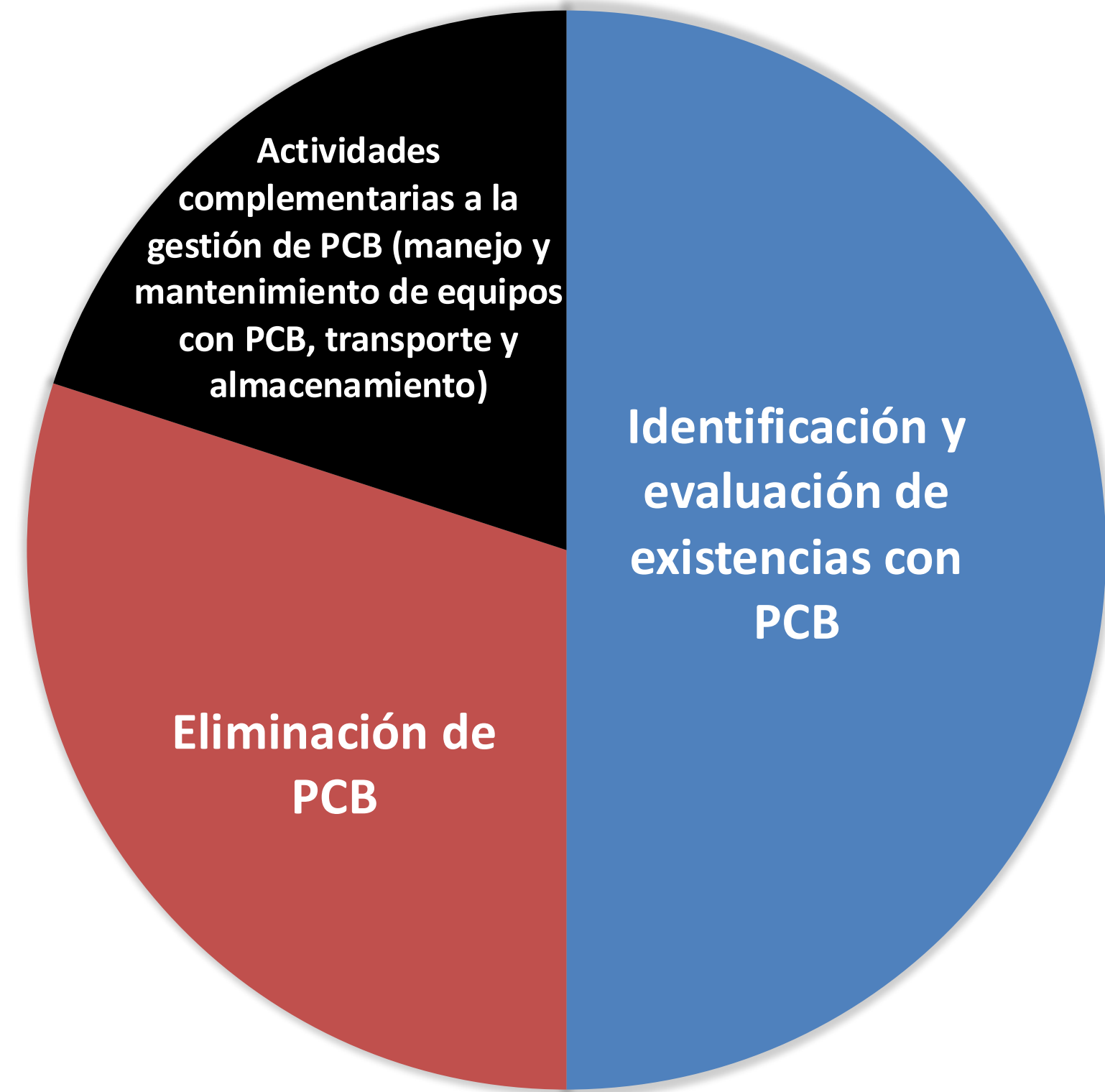
M.SC. MARIO MENDOZA

UNITAR

mario.mendoza@unitar.org

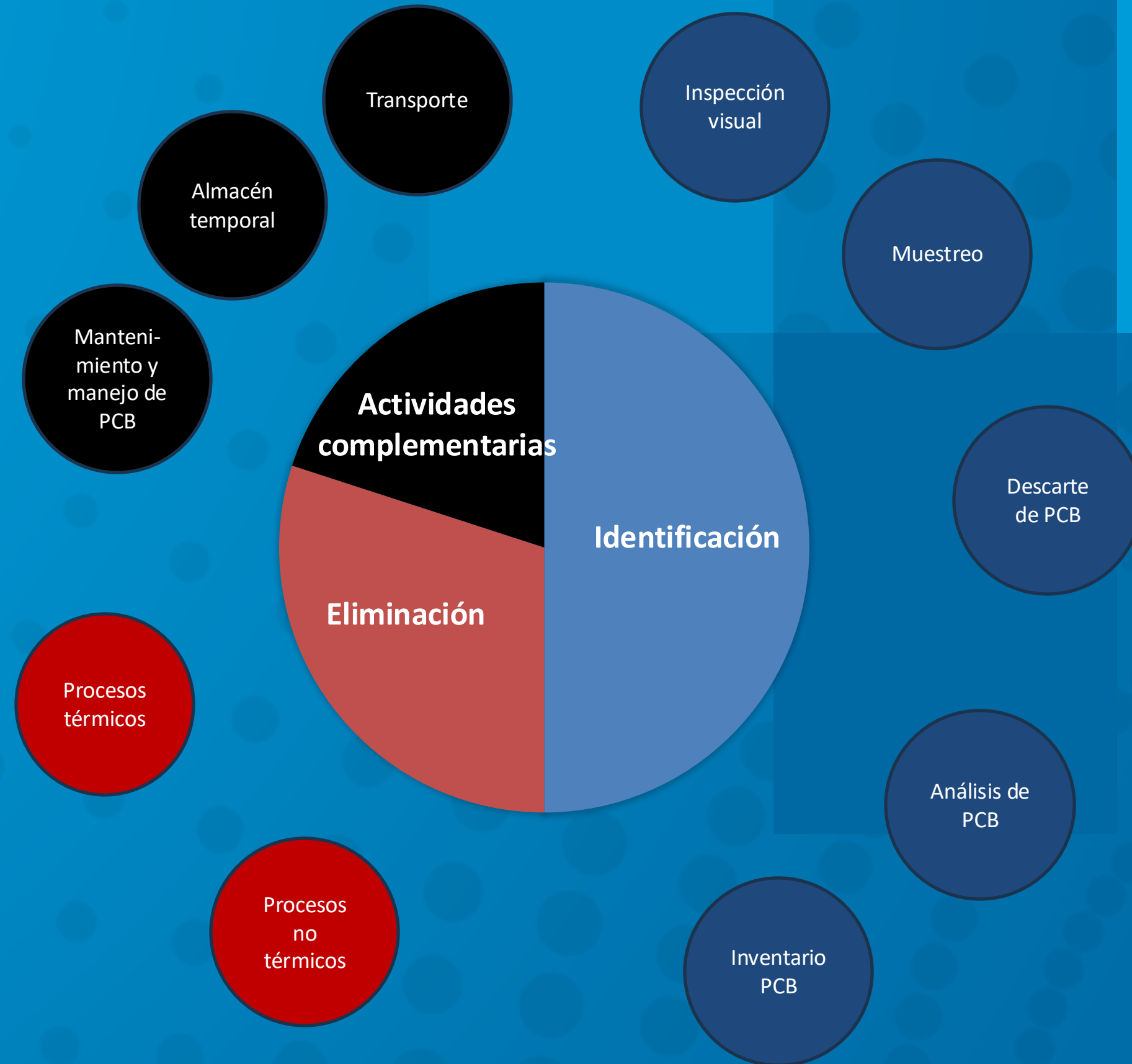
**“Visibilizando el legado de los bifenilos policlorados (PCBs): Seminario Regional”
Miras a las metas de 2025 y 2028 en el marco del Convenio de Estocolmo**

FASES DE LA GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS PCB



ACTIVIDADES ESPECÍFICAS

SEGÚN FASE DEL CICLO
DE VIDA DE LOS PCB



Inspección visual ⁽¹⁾

VERIFICAR A TRAVÉZ DE LA PLACA DE FABRICACIÓN Y LA EXISTENCIA DE EVIDENCIA QUE EL EQUIPO NO HA SIDO SOMETIDO A MANTENIMIENTO QUE IMPACTE EN LA CALIDAD DEL ACEITE DIELECTRICO

Actividad	Buenas prácticas	Experiencias
Inspección Visual	Verificar las características técnicas de la fabricación UNEP/POPS/COP.12/INF/10 (p14)	Base de datos inconsistente
	Analizar el historial de mantenimiento de equipos UNEP/POPS/COP.12/INF/10 (p14)	No siempre existe registro de mantenimiento
	La base de datos debe contener información precisa de los equipos de la empresa UNEP/POPS/COP.12/INF/10 (p18)	No existe correlación entre la base de datos y lo existente en el campo

(1). Concepto y etiquetas comerciales para la comunicación del contenido de Bifenilos Policlorados (PCB) según la normativa EPA 40 CFR, parte 761 – [Guidance for the development of Polychlorinated Biphenyls \(PCB\) inventories and determination of PCB content](#) – UNEP/POPS/COP.12/INF/10(p.13, 14).



BASEL | ROTTERDAM | STOCKHOLM
CONVENTIONS



unitar
United Nations Institute for Training and Research



GENERAL ELECTRIC
PYRANOL® TRANSFORMER

NO. F-963276A CLASS OA THREE-PHASE 60 CYCLES

VOLTAGE RATING 13800-2400Y/1385

RATING 3750 CONTINUOUS 65 C RISE SELF COOLED

RATING 4687 CONTINUOUS 65 C RISE FUTURE FORCED AIR

IMPEDANCE VOLTS 5.4% 13800-2400Y VOLTS AT 3750 KVA

H V WINDING CONNECTIONS			L V WINDING CONNECTIONS		
VOLTS	AMP KVA	DIAL POS	3750 KVA		
14400	150	1	2400Y/1385	902	
14100	154	2			
13800	157	3			
13500	160	4			
13200	164	5			

BASIC IMPULSE INSULATION LEVELS

ITEM	KV
H ₁ H ₂ H ₃	110
X ₀ X ₁ X ₂ X ₃	60

ELEVATION VIEW LV END OF TANK

APPROX. WEIGHT

TOTAL

UNTANKING

TANK AND

PYRANOL 440 GALS.

ASOP524

GENERAL ELECTRIC
PYRANOL® TRANSFORMER

NO. F-963555E CLASS OA THREE-PHASE 60 CYCLES

VOLTAGE RATING 13800-480Y/277

KVA RATING 1500 CONTINUOUS 65 C RISE SELF COOLED

KVA RATING 1725 CONTINUOUS 65 C RISE FUTURE FORCED AIR

HIGH VOLTAGE CONNECTION		
VOLTS	AMP KVA	TAP CHANGER POSITION
14490	59.8	1
14150	61.2	2
13800	62.8	3
13460	64.4	4
13110	66.1	5

LOW VOLTAGE CONNECTION

VOLTS	AMP KVA
480Y/277	1805 1500

LIQUID LEVEL BELOW TOP SURFACE OF HIGHEST POINT OF HANDHOLE FLANGE AT 25°C IS 15.25 INCHES.

LIQUID LEVEL CHANGES .37 INCH PER 10°C CHANGE IN LIQUID TEMPERATURE.

MAXIMUM OPERATING PRESSURES OF LIQUID PRESERVATION SYSTEM 5 POUNDS POSITIVE TO 5 POUNDS NEGATIVE.

TANK SUITABLE FOR 5 POUNDS VACUUM FILLING.

IMPEDANCE VOLTS 5.8% PER CENT AT RATED VOLTS AT 1500 KVA

CAUTION BEFORE INSTALLING OR OPERATING READ INSTRUCTIONS

ROME, GEORGIA

MADE IN U. S. A.

BROWN BOVERI INDUSTRIAL CANEPA TABINI S.A.
TRANSFORMADOR

Nr. 30139 Fases 3 Frec. 60 Hz Año de Fab. 1977

KVA 2000 nominal Tipo TD 2 AN Norma IYITEC370-00

Volts. 13800 Enfriamiento LN/AN T.c.c. 5.50%

480 Calentamiento 60/65

Amps. 83.68 Nivel de AT 38 kV Parte Activa 2485 kg

2405.7 Nivel de aliamiento BT 2.5 V Peso Askarel 2290 kg

Peso Total 6085 kg

ALTA TENSION			BAJA TENSION		
Bornes	Pos	Conmutador	Volts	Bornes	Volts
1	X1-U1;Y1-V1;Z1-W1		14490		
2	U1-X2;V1-Y2;W1-Z2		14145		
3	X2-U2;Y2-V2;Z2-W2		13800		
4	U2-X3;V2-Y3;W2-Z3		13455		
5	X3-U3;Y3-V3;Z3-W3		13110		

U V W

O U V W 480

Conexión (Dyn)

Maxima presión de operación...5...psi positivos y...3...psi negativos

Vacio para el llenado.14,7...psi

Industria Peruana R.LN°15-00653-C

YPCT 450559 Fecha: 15-4-77 Firm: OF: 18-6-014

GENERAL ELECTRIC
PYRANOL® TRANSFORMER

NO. CLASS OA THREE-PHASE 60 CYCLES

VOLTAGE RATING 13800-480Y/277

KVA RATING 2500 CONTINUOUS 65 C RISE SELF COOLED

KVA RATING 3125 CONTINUOUS 65 C RISE FUTURE FORCED AIR

HIGH VOLTAGE CONNECTION		
VOLTS	AMP KVA	TAP CHANGER POSITION
14490	100	1
14150	102	2
13800	105	3
13460	107	4
13110	110	5

LOW VOLTAGE CONNECTION

VOLTS	AMP 2300 KVA
480Y/277	3005

LIQUID LEVEL BELOW TOP SURFACE OF HIGHEST POINT OF HANDHOLE FLANGE AT 25°C IS 15.25 INCHES.

LIQUID LEVEL CHANGES .52 INCH PER 10°C CHANGE IN LIQUID TEMPERATURE.

MAXIMUM OPERATING PRESSURES OF LIQUID PRESERVATION SYSTEM 5 POUNDS POSITIVE TO 5 POUNDS NEGATIVE.

TANK SUITABLE FOR 5 POUNDS VACUUM FILLING.

IMPEDANCE VOLTS 5.8% PER CENT AT RATED VOLTS AT 2500 KVA

CAUTION BEFORE INSTALLING OR OPERATING READ INSTRUCTIONS

ROME, GEORGIA

MADE IN U. S. A.

GENERAL ELECTRIC
PYRANOL® TRANSFORMER

NO. F-963555E CLASS OA THREE-PHASE 60 CYCLES

VOLTAGE RATING 13800-480Y/277

KVA RATING 1500 CONTINUOUS 65 C RISE SELF COOLED

KVA RATING 1725 CONTINUOUS 65 C RISE FUTURE FORCED AIR

HIGH VOLTAGE CONNECTION		
VOLTS	AMP KVA	TAP CHANGER POSITION
14490	59.8	1
14150	61.2	2
13800	62.8	3
13460	64.4	4
13110	66.1	5

LOW VOLTAGE CONNECTION

VOLTS	AMP KVA
480Y/277	1805 1500

LIQUID LEVEL BELOW TOP SURFACE OF HIGHEST POINT OF HANDHOLE FLANGE AT 25°C IS 15.25 INCHES.

LIQUID LEVEL CHANGES .37 INCH PER 10°C CHANGE IN LIQUID TEMPERATURE.

MAXIMUM OPERATING PRESSURES OF LIQUID PRESERVATION SYSTEM 5 POUNDS POSITIVE TO 5 POUNDS NEGATIVE.

TANK SUITABLE FOR 5 POUNDS VACUUM FILLING.

IMPEDANCE VOLTS 5.8% PER CENT AT RATED VOLTS AT 1500 KVA

CAUTION BEFORE INSTALLING OR OPERATING READ INSTRUCTIONS

ROME, GEORGIA

MADE IN U. S. A.

Muestreo

Aceite en transformadores

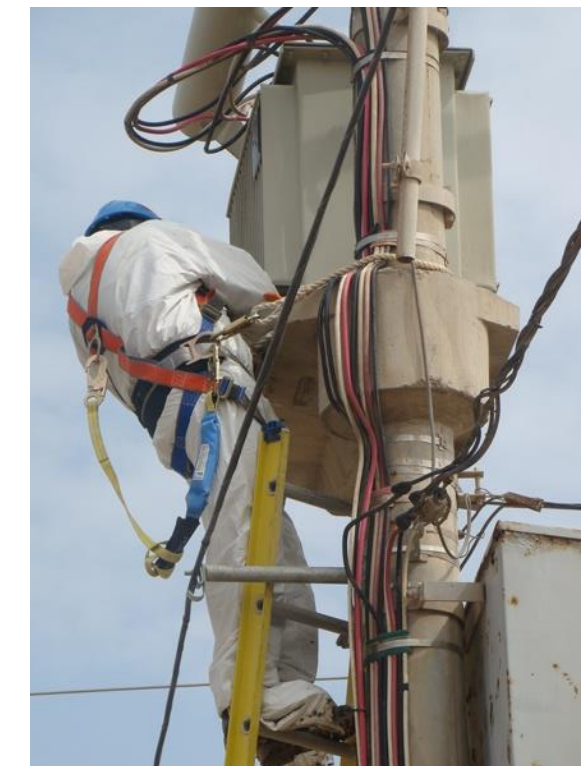
Equipos energizados

Equipos No energizados

Equipos en calidad de residuos

Sitios contaminados

Superficies y agua



Fotos : UNIDO Project "Environmentally Sound Management and Disposal of Polychlorinated biphenyls (PCBs)", Peru – 2014. UNITAR soil samples extraction in Paraguay

Actividad	Buenas prácticas	Experiencias
Muestreo	Tomar medidas de seguridad UNEP/POPS/COP.12/INF/10 (23)	No siempre se cuenta con medidas de seguridad EPP, etc.
	Registro de datos técnicos (Placa de fabricación, Registro patrimonial o identificación expresa) UNEP/POPS/COP.12/INF/10 (18)	Se ha encontrado datos de placa que difieren del contenido real de aceite en transformadores de hasta 50%.
	Muestra etiquetada con datos completos del origen de la muestra (elaboración de la cadena de custodia) UNEP/POPS/COP.12/INF/10 (23)	Manchas de aceite en los frascos (se pierde datos)
	Involucrar Autoridades en el desarrollo de alternativas viables para suspender servicios durante actividades de gestión de PCB UNEP/POPS/COP.12/INF/11 (p 8)	Falta de facilidades para interrupción de servicio por muestreo de aceite en transformadores en servicio

Descarte de PCB

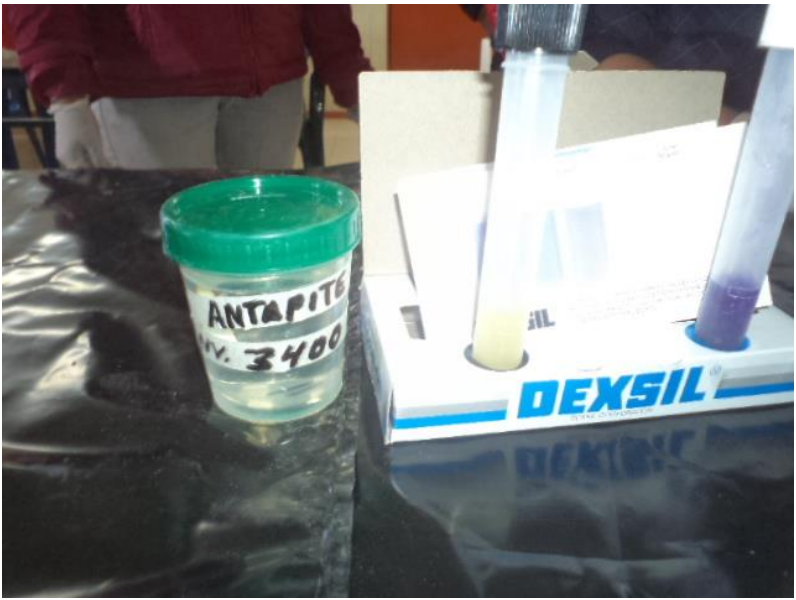
Método colorimétrico



Medición electroquímica



Actividad	Buenas prácticas (1)	Experiencias
Descarte de PCB	Verificar la vigencia de reactivos	Inadecuada preparación de la muestra
	Adecuada preparación de la muestra	No se registra resultados (foto o ompresión)
	Elaboración de reporte del descarte de PCB	No se elabora reporte del descarte de PCB



(1) EPA Method 9079
Fotos: UNITAR, training activities in “Capacity Building for Poly-Chlorinated Biphenyls (PCBs) and Unintentional Persistent Organic Pollutants (UPOPs) in The Gambia’ (PIMS # 5908, GEF ID 9570) project.
UNITAR sesiones de capacitación “Fortalecimiento para la Gestión y Eliminación de PCB en Paraguay”.

Análisis de PCB

Cromatografía de gases

Arocloros - ASTM D4059-- 00(2018)

1242

1254

1260

Indicadores

PCB 28

PCB 52

PCB101

PCB 138

PCB 153

PCB180

Actividad	Buenas prácticas	Experiencias
Análisis de PCB	Laboratorios acreditados y si es posible con resultados satisfactorios en interlaboratorios.	No se realizan interlab para PCB



Procedimiento de determinación	Código	Referencia	Alcance	Técnica Instrumental	Rango	Reporte de resultados
Inspección visual (lectura de la placa de identificación) (R)	R1	Nombre comercial de PCB, año de fabricación, código de enfriamiento, registros de mantenimiento	Equipos	--	Equipos de PCB / Equipos sin PCB / no concluyentes	Nombre comercial de PCB (presencia de PCB)
Descarte - Análisis Semicuantitativo (S)	S1	USEPA 9079 -	Aceites para transformadores derivados del petróleo	Indicador colorimétrico	20, 50, 100 o 500 µg/g	Total PCB
	S2	Manual de instrucciones	Muestras de tierra, agua, aceite de transformador o toallitas superficiales	Test potenciométrico. Analizador de PCB (Analyzer L2000DXT)	Todos los tipos de hidrocarburos clorados, incluidos los PCB (de 3 a 2000 mg/kg)	Total PCB
Análisis confirmatorio-Cuantitativo (C)	C1	CEN (EN 12766-1, EN 12766-2 y EN 12766-3)	Productos derivados del petróleo y aceites lubricantes sintéticos	GC/ECD	Aplicable	6 Indicador PCB ¹ y PCB total
	C2	Método IEC 61619:1997 'Líquidos aislantes	Aceite usado, y líquidos aislantes	HRGC/ECD	Aplicable	6 Indicador PCB ¹ y PCB total
	C3	ASTM D4059– 00	Fluidos aislantes - aceite de transformador	GC/ECD	Aplicable	Suma del Arocloros ²
Análisis confirmatorio de matrices ambientales - Cuantitativo (D)	D1	USEPA 8082A	Matrices sólidas (Muestra de suelo)	GC/ECD	Aplicable	PCB como Arocloros o como congéneres individuales de PCB ³
	D2	USEPA 1668	Aguas residuales, aguas superficiales, suelos, sedimentos, biosólidos y matrices de tejidos	GC/MS HRGC/HRMS	Aplicable	12 dioxinas como PCB y PCB ⁴ total

¹ PCB 28, 52, 101, 138, 153 y 180 (el resultado final se calcula por suma de 6 PCB multiplicado por 5)

² La técnica se basa en los datos de los cromatogramas estándar de los Aroclors 1242, 1254 y 1260

³ Aroclor 1016, 1221, 1232, 1242, 1248, 1254, 1260 y PCB 1, 5, 18, 31, 44, 52, 66, 87, 101, 110, 138, 141.

⁴ 12 Congéneres de PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169 y 189

Inventario PCB

Equipos con PCB

Residuos
(aceite, suelos, metales, etc.)

Instalaciones
(talleres, almacenes,
locales administrativos)

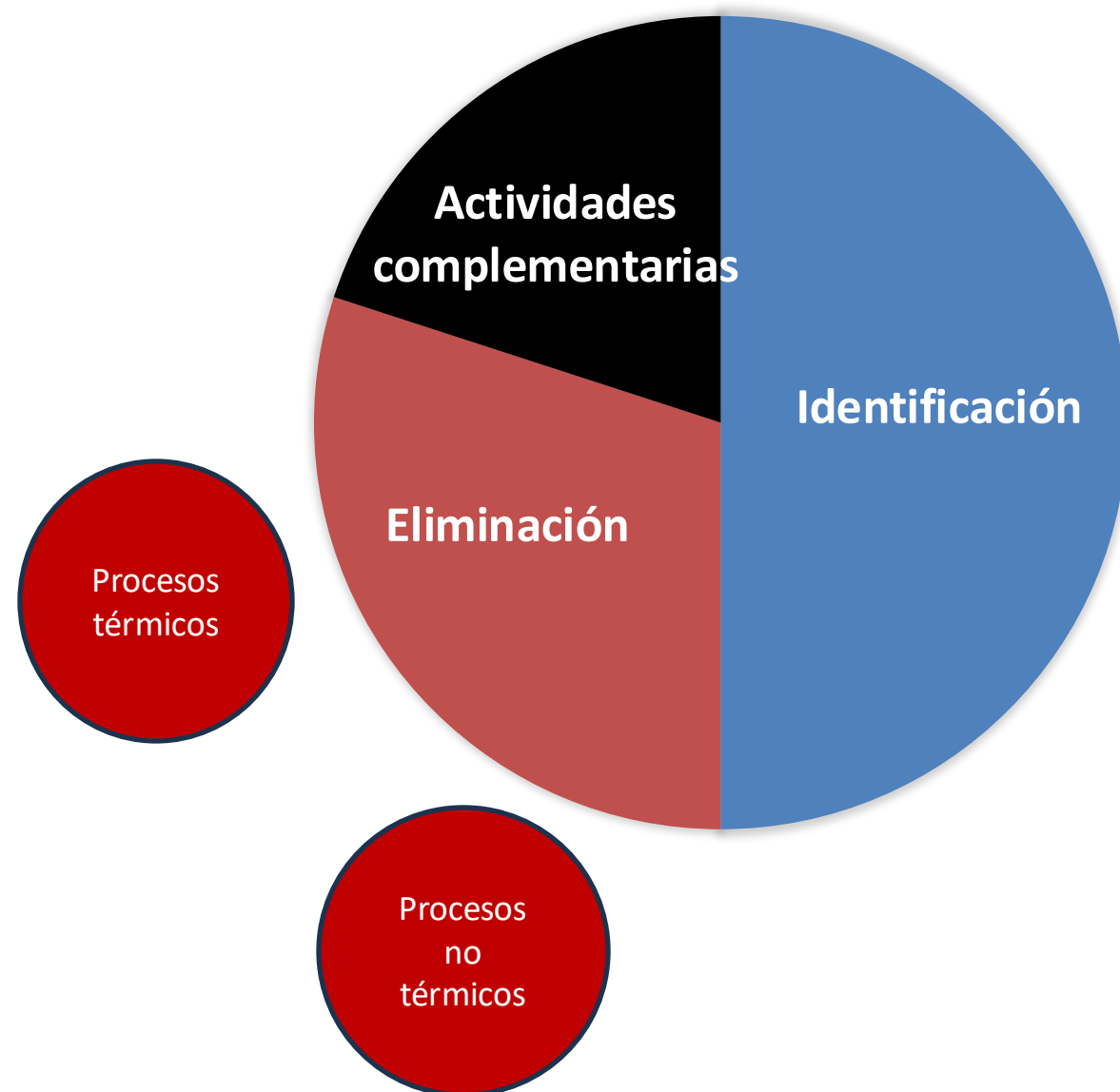


UNITAR, PCB Inventory - "Fortalecimiento para la Gestión y Eliminación de PCB en Paraguay".

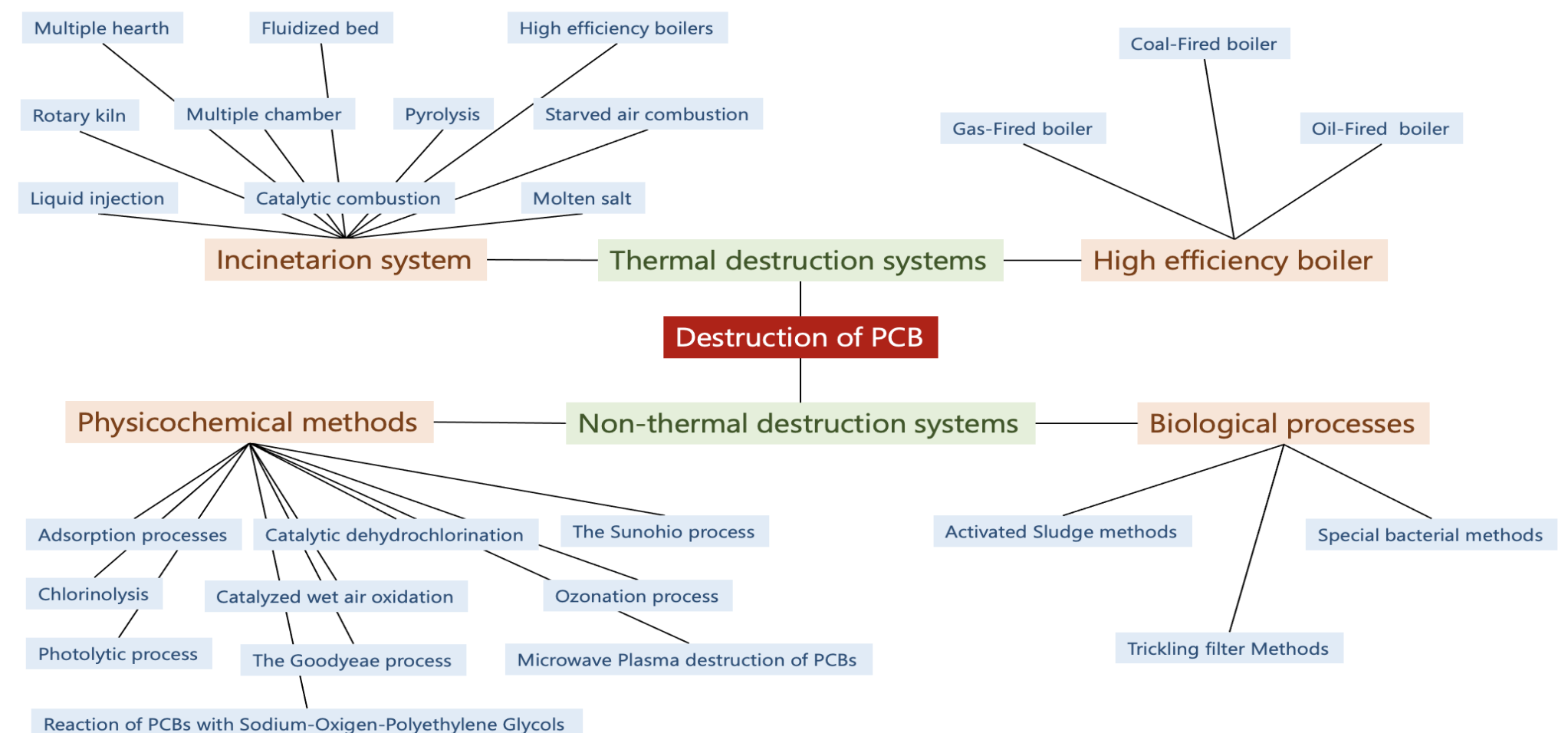
Actividad	Buenas prácticas	Experiencias
Inventario PCB	Un inventario preliminar se puede obtener al inspeccionar equipos sospechosos de contener PCB UNEP/POPS/COP.12/INF/10 (p12)	Dificultades de lograr Base de Datos de equipos de la empresa confiable y actualizada.
	Etiquetar los equipos con PCB verificado con resultados de CG UNEP/POPS/COP.12/INF/11 (p 9)	No se hace seguimiento de los equipos cuando son removidos o trasladados a otra locación
	Actualizar y mantener los inventarios de PCB (p.e. después de mantenimiento - sospecha de contaminación cruzada) UNEP/POPS/COP.12/INF/11 (p 9)	No aplican control pre y post mantenimiento para evitar contaminación cruzada.
	El inventario de PCB debe contener toda la información relevante y precisa de los equipos. UNEP/POPS/COP.12/INF/10 (p18)	Se ha encontrado datos de placa que difieren del contenido real de aceite en transformadores de hasta 50%.
	Muestrear aleatoriamente (muestra representativa) y analizar equipos que fueron clasificados libres de PCB UNEP/POPS/COP.12/INF/10 (p22)	Las empresas no registran actividades de mantenimiento o no son muy precisos.

Eliminación de PCB⁽¹⁾

- Eliminación ambientalmente racional
- Se eliminan de un modo tal que el PCB se destruya o se transforme en forma irreversible o su contenido sea bajo, teniendo en cuenta las reglas, normas, y directrices aplicables

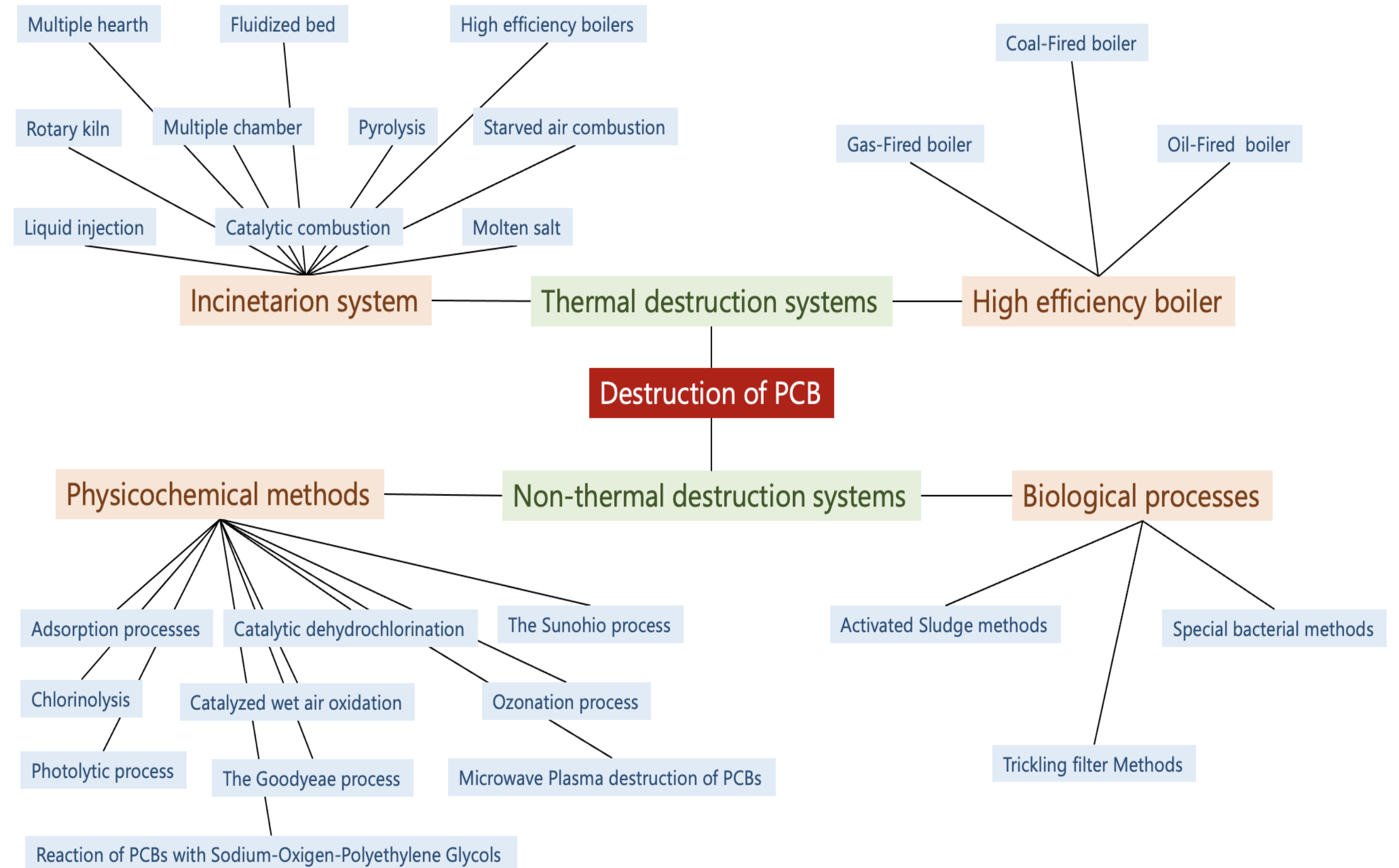


Procesos de eliminación de PCB



1) Convenio de Estocolmo, Artículo 6), 1., d., ii

Procesos de eliminación de PCB



ELIMINACIÓN QUÍMICA

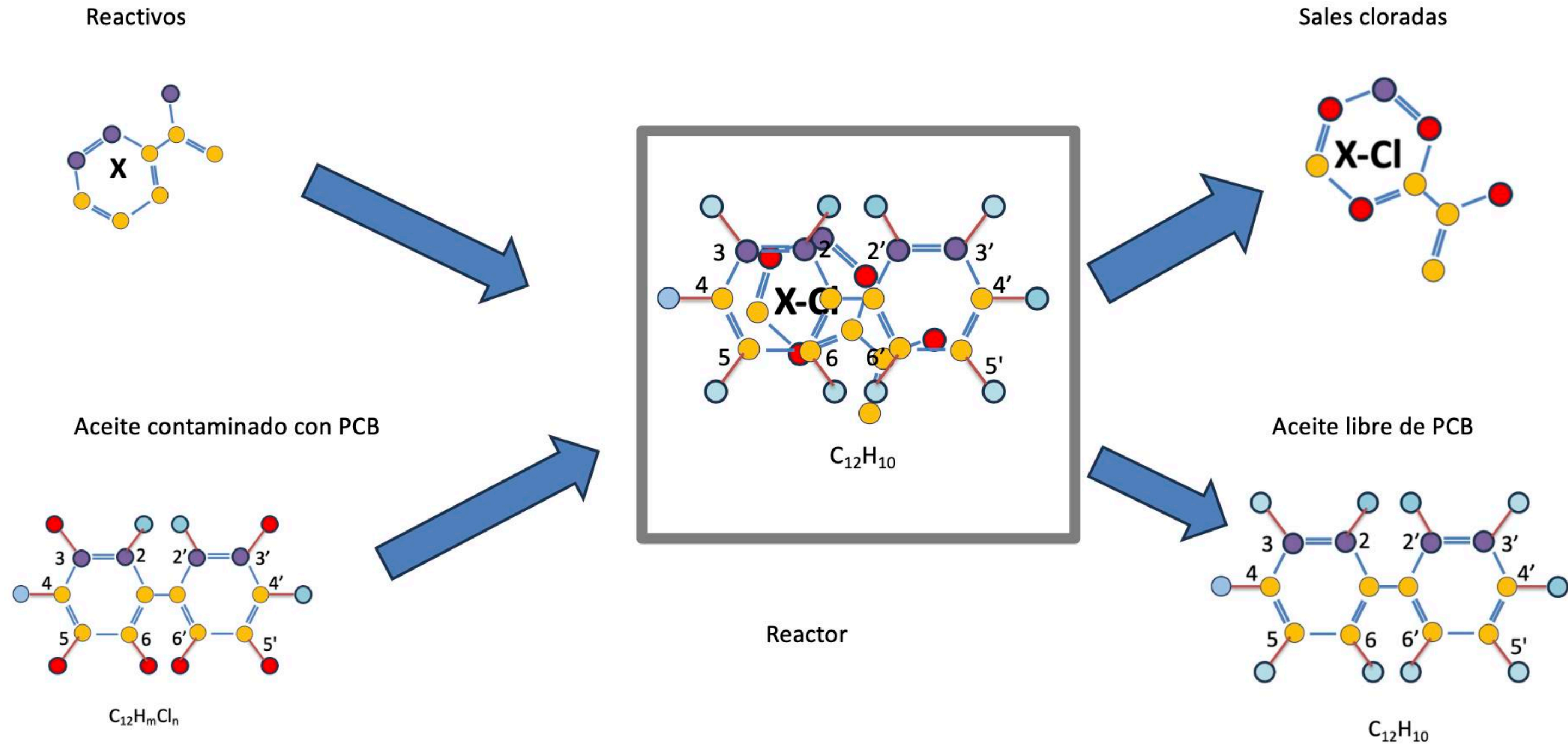
RECLASIFICACIÓN

Reemplazo del aceite dieléctrico con la finalidad de reducir la concentración en el equipos por debajo de 50 ppm (límite máximo, 500 ppm)

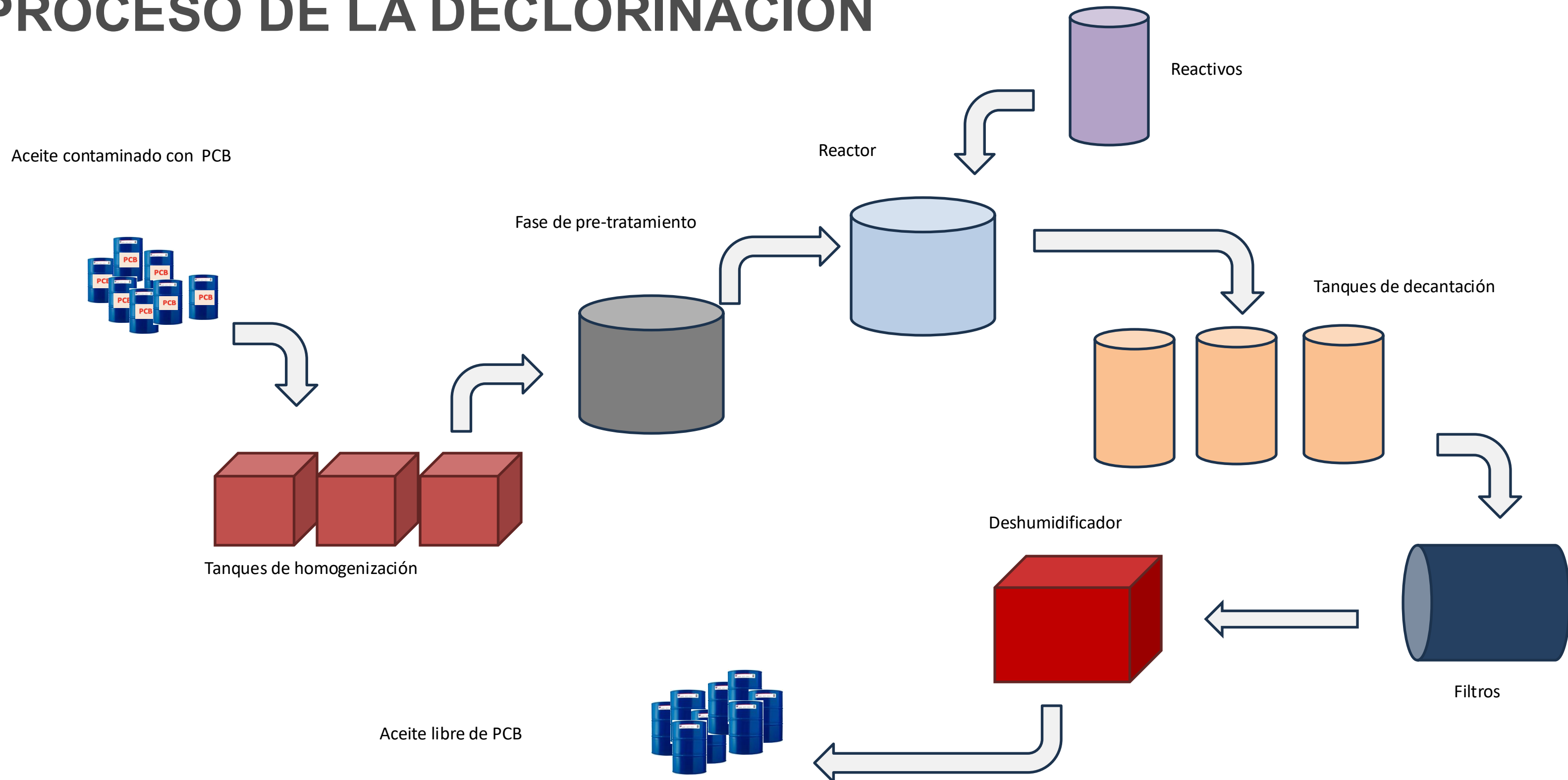
DECLORINACIÓN

La decloración de PCB se entiende como un método de eliminación química deshalogenando los PCB mediante mecanismos de reacción radical-iónica, con o sin catalizadores, hasta alcanzar el límite de concentración permitido o por debajo del mismo.

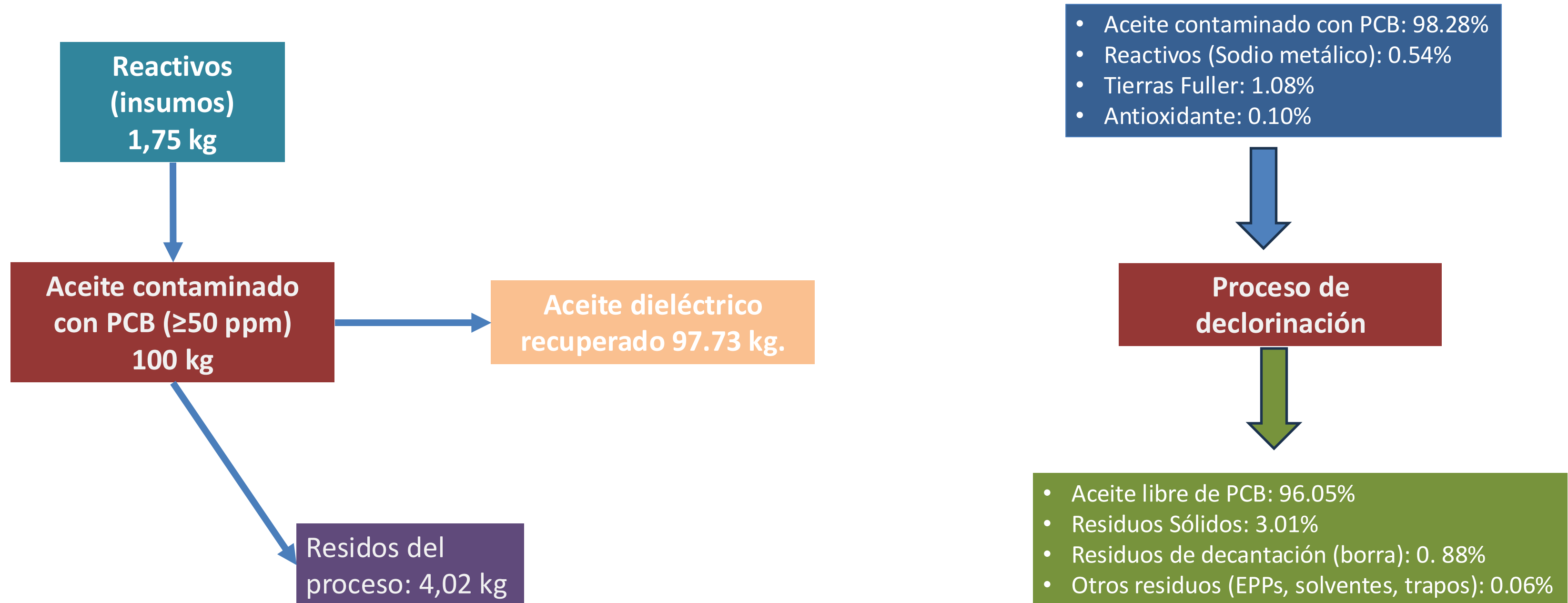
Proceso químico de eliminación de PCB



PROCESO DE LA DECLORINACIÓN



Flujo de materiales durante el proceso de declorinación



PRINCIPALES PROCESOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA REGIÓN

A). Procesos con sodio, litio y derivados:

Características

- Uso de sodio metálico, hidruro de sodio e hidruro de litio.
- Temperaturas de operación medio altas (150-300°C).

Riesgos

- Aumenta el riesgo de explosiones, especialmente en presencia de agua y aire.
- Altas temperaturas de funcionamiento.

B.) Procesos con polietilenglicol e hidróxido de potasio (KPEG en lote):

Características

- Reactivo líquido formado por polietilenglicol (PEG) e hidróxido metálico alcalino (KOH).
- Funciona a temperaturas entre 130-150 °C.

Riesgos

- Difícil separación de los reactivos y los productos de reacción del aceite aislante.

C. Proceso continuo en circuito cerrado:

Características

- Reactivo sólido mezcla de glicoles y base alcalina (MOH).
- Funciona a temperaturas entre 80-100 °C.
- Se puede llevar a cabo in situ con circuito cerrada.

Riesgos

- Difícil separación de los reactivos y los productos de reacción del aceite aislante.

PROCESOS TÉRMICOS

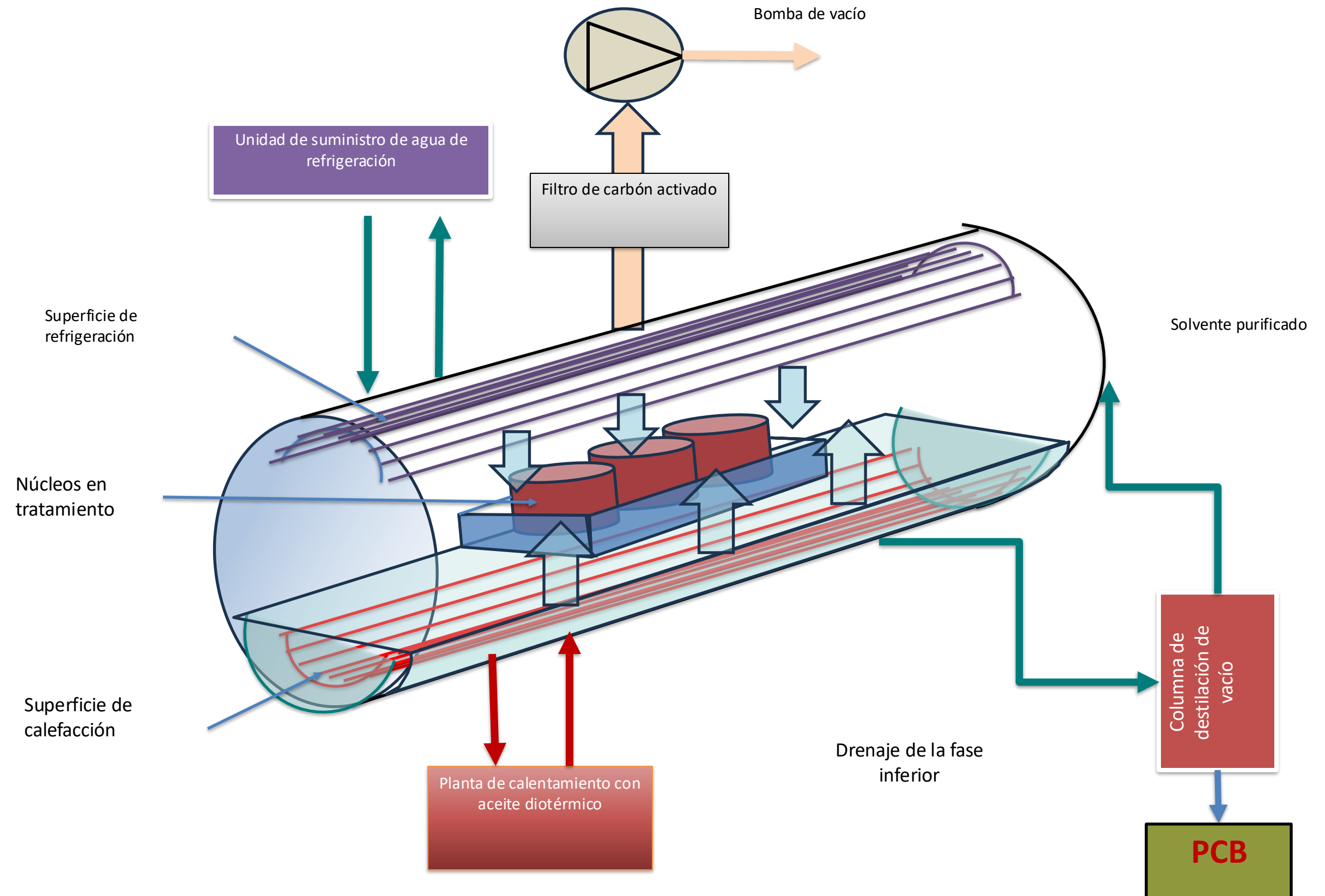
AUTOCLAVE



PROCESOS DE
ALTAS
TEMPERATURAS

- Proceso de descontaminación con disolventes extrayendo el PCB de material contaminado (carcasas, residuos metálicos etc.)
 - Se trabaja en combinación con la incineración (madera, papel, siempre aceite). DRE 99.999%
-
- Destrucción de PCB mediante combustión controlada del tiempo, la temperatura y la turbulencia.
 - Temperaturas de operación mayores de 850 °C hasta 10 mil °C.
 - Destrucción total (99,9999%)
 - Se puede incinerar líquidos, residuos sólidos como metales y suelos (pe. condensadores).

DIAGRAMA DE AUTOCLAVE



INCINERACIÓN

La incineración de desechos peligrosos utiliza la combustión controlada de llama para destruir PCB.

- Requieren un buen control del tiempo, la temperatura y la turbulencia (3Ts).
- Más 850 °C durante 2-3 segundos a la destrucción de PCB.
- Gran capacidad.
- Ubicados en países desarrollados.
- Destrucción total (DR: 83.15 – 99.88 %)



REF: Hay una larga experiencia con incineración de residuos peligrosos. (UNEP, 2001, UNEP Draft 2004).

Destruction and decontamination technologies for PCBs and other POPs wastes under the Basel Convention
(<https://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/meetings/sbc/workdoc/TM-C%20Annexes.pdf>)

Shirco Electrical Infrared Incineration System at the Peak Oil Superfund Site: DRE: 99.99% DE: 83.15 – 99.88%

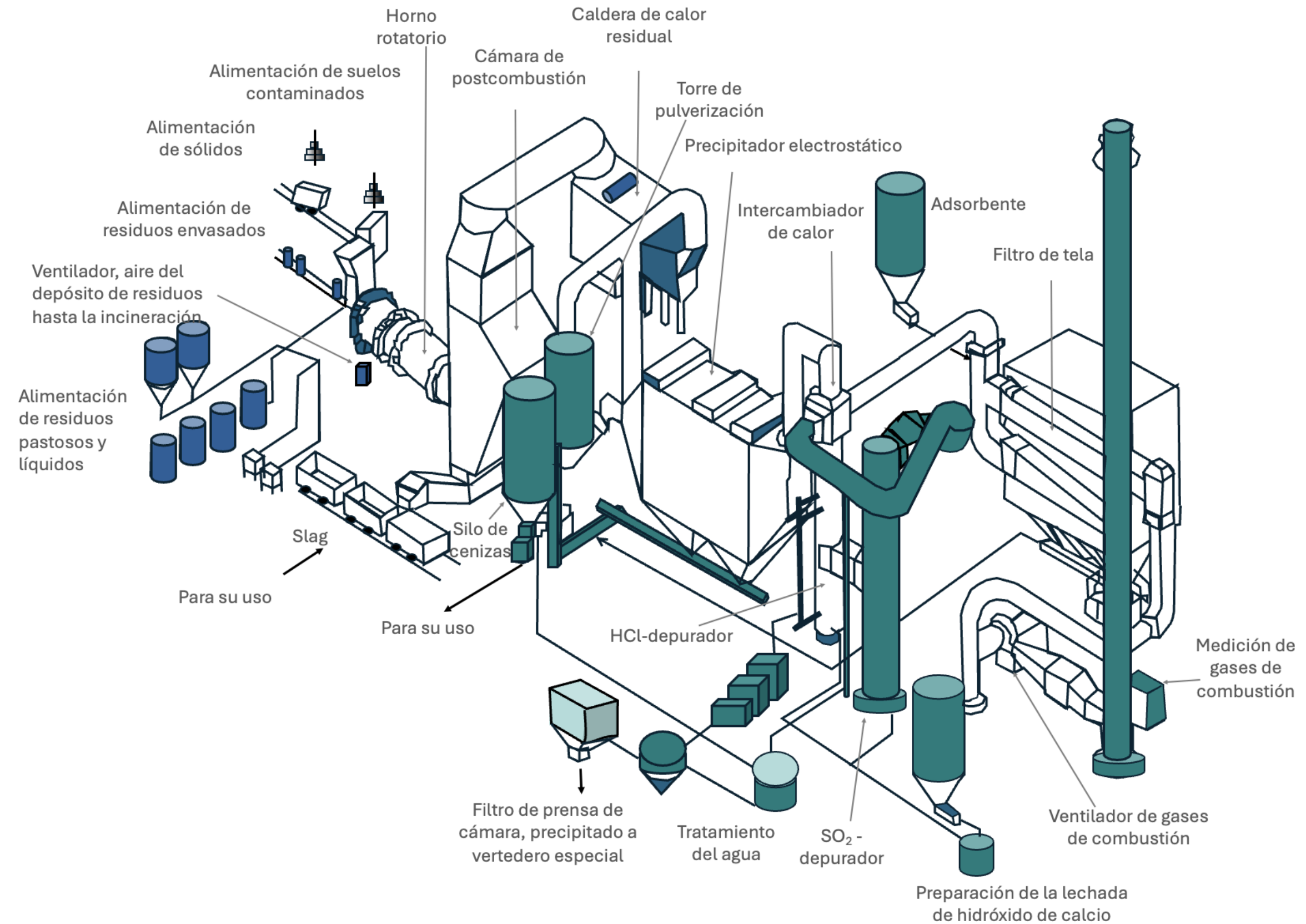


BASEL | ROTTERDAM | STOCKHOLM
CONVENTIONS



unitar
United Nations Institute for Training and Research

PLANTA DE INCINERACIÓN



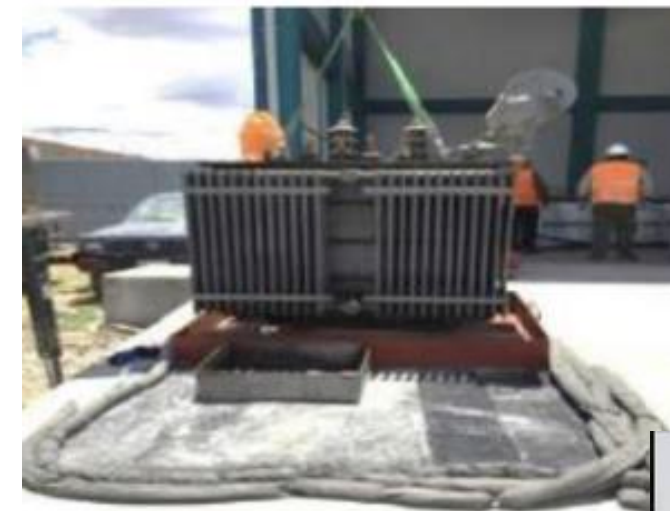
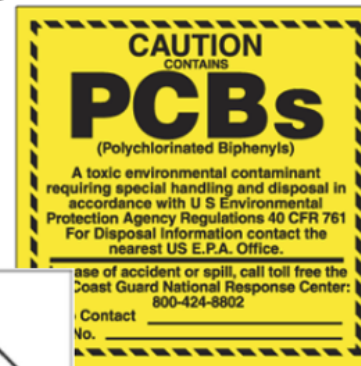
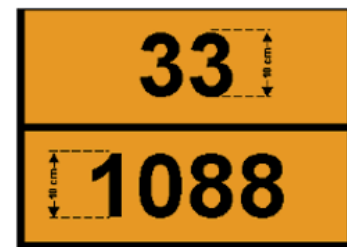
Mantenimiento y manejo de PCB

- Método sistemático de control de PCB durante la intervención de equipos
- Etiquetado del equipo indicando su estado.
- Informar al personal acerca de los riesgos asociados y las precauciones necesarias y medidas a tomar en caso de accidentes.
- Verificar la impermeabilidad del equipo periódicamente
- Si ocurre un derrame y goteo del equipo, sacarlo de servicio inmediatamente, el aceite debe ser removido el equipo almacenarlo en un lugar seguro.
- Antes y después de realizar un mantenimiento o intervención a un equipo que comprometa la calidad del aceite dieléctrico en relación a los PCB se deberá realizar una prueba de descarte de PCB o análisis.
- Evitar la contaminación cruzada

Actividad	Buenas prácticas	Experiencias
Mantenimiento y manejo de PCB	Uso de EPPs	No siempre se cuenta con medidas de seguridad EPP, etc.
	Uso de equipos y herramientas específicas para PCB y realizar la limpieza después del mantenimiento	No se destinan herramientas y equipos para manejo de equipos con PCB.
	Medidas para evitar la contaminación cruzada de PCB durante mantenimiento de equipos eléctricos	Empresas medianas o pequeñas no aplican control pre y post mantenimiento para evitar contaminación cruzada.
	Involucrar y capacitar al personal sobre riesgos en el manejo de equipos que tengan equipos contaminados con PCB.	Contaminación cruzada por desconocimiento de manejo de equipos con PCB



Embalaje y transporte seguro



**¡EVITAR ACCIDENTES
AMBIENTALES!**

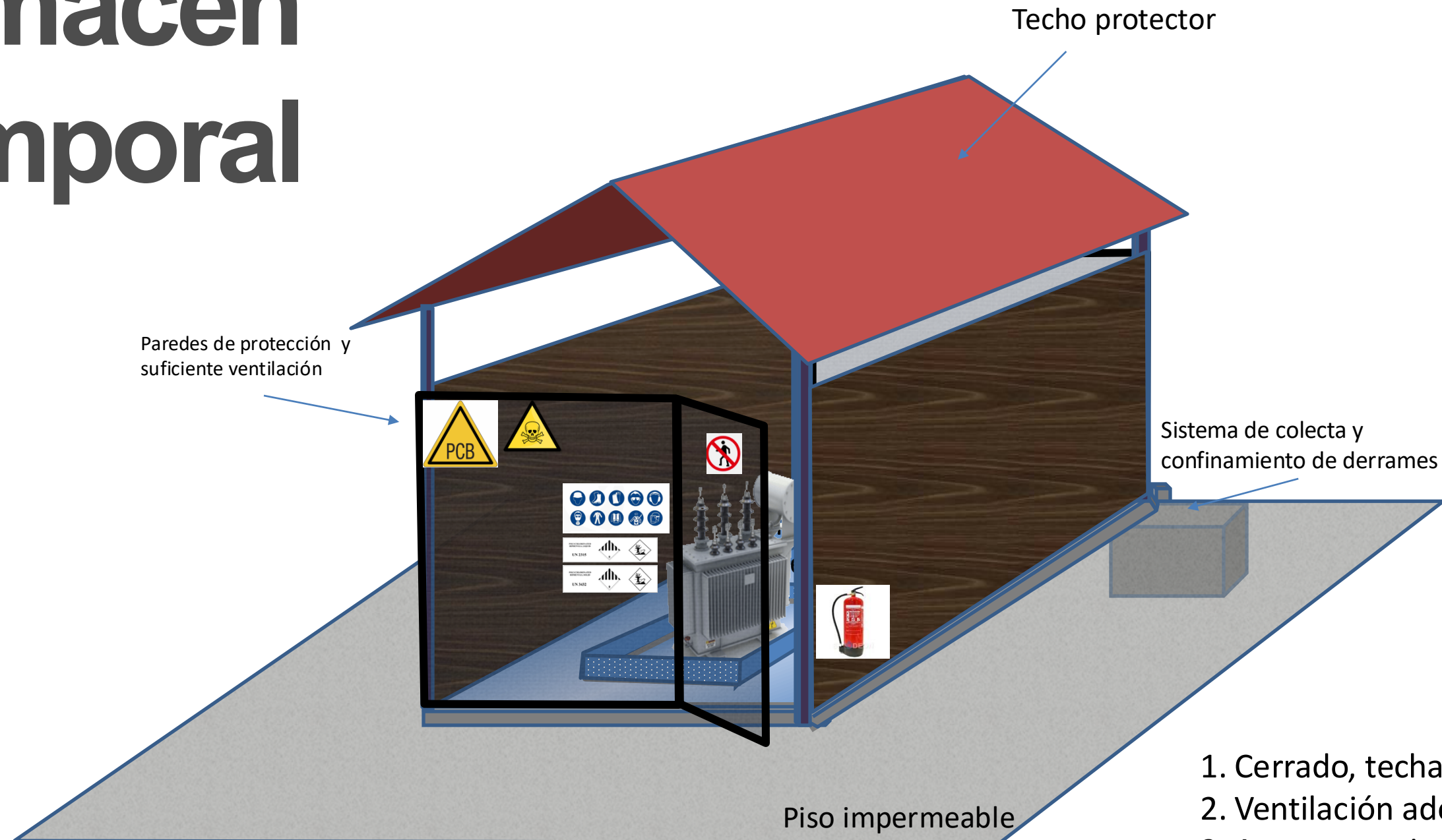


BASEL | ROTTERDAM | STOCKHOLM
CONVENTIONS



unitar
United Nations Institute for Training and Research

Almacén temporal



Las actividades de almacenamiento de PCB adicionalmente deben satisfacer las condiciones y normativas locales de almacenamiento de residuos peligrosos

1. Cerrado, techado e impermeable;
2. Ventilación adecuada;
3. Acceso restringido, señalización y seguridad;
4. Sistema de contención de fugas y derrames;
5. Pisos impermeables y a prueba de fluidos;
6. Sistema de protección y control de incendios.



Gracias!

Experiencias globales y regionales y mejores prácticas para la Gestión Ambientalmente Racional (GAR) de los PCB

Mario Mendoza
Experto PCB