

---

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente capítulo se presentan los resultados de el trabajo de investigación llevado a cabo en el CIMAV por medio de registros de generación de residuos peligrosos, entrevistas y visitas en los laboratorios.

### 7.1. Determinación del universo de laboratorios generadores de RP.

EL CIMAV contaba al 2008 con un total de 54 laboratorios (Tabla 5) de los cuales únicamente 37 participaron en el llenado de la encuesta diseñada para realizar el diagnostico del manejo actual de RP en el centro.

Lo anterior debido a que no hubo la disponibilidad por parte del personal a cargo de los laboratorios antes mencionados para agendar una cita o responder dicho cuestionario, ya que se intentó contactar vía personal en los laboratorios, vía telefónica y vía correo electrónico pero no se obtuvo una respuesta satisfactoria.

**Tabla 5. Listado de laboratorios al 2008 en el CIMAV.**

Nº	Nombre del Laboratorio.
1	OPTICA NO LINEAL.
2	MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.
3	PREPARACION DE MUESTRAS.
4	MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO DE ALTA RESOLUCION.
5	MICROSCOPIA ELECTRONICA DE TRANSMISION.
6	CUARTO OSCURO.
7	MICROSCOPIA OPTICA.
8	SENSORES POLIMERICOS.
9	SENSORES DE FIBRA OPTICA.
10	RAYOS X.
11	CORROSION INDUCIDA POR MICROORGANISMOS.
12	CORROSION ASISTIDA POR ESFUERZO.
13	INYECCION Y PROCESAMIENTO DE POLIMEROS.
14	CATALISIS I.
15	CATALISIS II.
16	CATALISIS III.
17	PELICULAS DELGADAS.
18	ALEACIONES CON MEMORIA DE FORMA.
19	MATERIALES MAGNETICOS I.
20	MATERIALES MAGNETICOS II.
21	MATERIALES MAGNETICOS III.

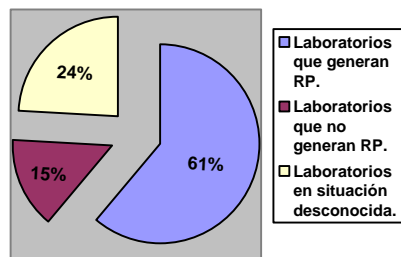
Nº	Nombre del Laboratorio.
22	PRUEBAS MECANICAS.
23	MEMORIA DE FORMA.
24	METROLOGIA: AREA DE ELECTRICA Y TEMPERATURA.
25	METROLOGIA: AREA DE DIMENSIONAL.
26	METROLOGIA: AREA DE MASAS.
27	METROLOGIA: AREA DE VOLUMEN.
28	VIGILANCIA RADIOLOGICA AMBIENTAL.
29	CALIDAD DEL AIRE.
30	RESIDUOS.
31	CERAMICOS.
32	CELDA DE COMBUSTIBLE.
33	BIOLIXIVIACION.
34	ANALISIS TERMICOS.
35	CORROSION EN ALTA TEMPERATURA.
36	CORROSION ELECTROQUIMICA Y AMBIENTAL.
37	QUIMICA DE POLIMEROS.
38	RECUBRIMIENTOS ELECTROLESS.
39	ENERGIA RENOVABLE.
40	REOLOGIA.
41	ANALISIS QUIMICO.
42	PRUEBAS PILOTO DE CALIDAD DEL AGUA.
43	CALIDAD DEL AGUA.
44	PRODUCCION DE HIDROGENO Y CELDA DE COMBUSTIBLE.
45	MATERIALES NANOESTRUCTURADOS.
46	RECUBRIMIENTOS METALICOS.
47	ALEADO MECANICO II.
48	CORROSION Y PROTECCION GENERAL.
49	PROCESAMIENTO DE POLIMEROS.
50	PREPARACION METALOGRAFICA.
51	ALEADO MECANICO I.
52	ATOMIZACION.
53	CERAMICOS TRADICIONALES.
54	CARBON ACTIVADO.

Aun así, teniendo como base el 68.5% de los laboratorios que sí respondieron la encuesta se determinó que 26 laboratorios (70.2 % de los que respondieron la encuesta) generan RP dentro de sus actividades diarias, 3 laboratorios afirman que vierten sus residuos directamente al drenaje o a la basura (8% de los que respondieron la encuesta) y 8 laboratorios declararon no generar RP dentro de sus actividades (21.6 % de los que respondieron la encuesta). Véase Fig. 3.

---

Sin embargo, de acuerdo a los registros contenidos en la Bitácora de Recolección interna de RP (BRI) con que cuenta el centro, se tiene la certeza de que al menos uno de los ocho laboratorios que afirman no generar RP sí lo hacen.

Además de los 17 laboratorios faltantes de responder la encuesta, cuatro sí son generadores de RP. El resto de ellos no tienen registro de entrega de RP.



**Figura 3.** Universo de generadores de RP.

Además de los laboratorios con que cuenta el centro existen otras dos áreas que sin ser laboratorios también son generadores de RP: el taller y el departamento de sistemas.

El taller por su parte genera residuos producto de las labores de mantenimiento como son: pinturas, solventes, aceites, etc.

El departamento de sistemas genera residuos como son: pilas, cartuchos de impresora, reveladores, cartuchos de toner, etc.

Cabe resaltar que algunos de los técnicos de los laboratorios no tienen bien claro que no sólo los residuos químicos son RP, ya que a pesar de que algunos afirman no generar RP emplean insumos como pilas, cartuchos y toners también considerados RP y no los entregan al almacén temporal.

### **7.2. Almacenamiento, planeación y uso de reactivos.**

De acuerdo a las encuestas realizadas entre el personal cada técnico realiza el almacenamiento de reactivos como lo cree conveniente. Algunos emplean la técnica del código de colores del rombo, la cual es útil pero no la más apropiada debido a que algunas sustancias poseen combinaciones de características y es difícil decidir cuál se tomara como base para su almacenamiento, teniendo el riesgo de que quede en el lugar incorrecto.

Es necesario que se establezca un patrón para el almacenamiento de los reactivos de tal modo que todos los laboratorios se guíen bajo un mismo esquema y se garantice la seguridad.

La forma de almacenar los reactivos químicos es de vital importancia para la minimización de riesgos al personal y alumnado. Existen diversas guías para realizar esta labor, sin embargo la mayoría de estas guías no tiene en cuenta el espacio disponible dentro del laboratorio para almacenar los reactivos.

En las escuelas así como en los centros de investigación los laboratorios son pequeños y el espacio para almacenar reactivos es muy limitado, para ello se han creado guías como la propuesta en la Guía para el Manejo de Residuos de Laboratorio del Condado King (USA, 2006) la cual está diseñada para este tipo de laboratorios (Tabla 6).

**Tabla 6. Guía de almacenamiento de reactivos para laboratorios con poco espacio.**

<b>Gaveta de Reactivos Inorgánicos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metales, hidruros.</li> <li>• Azufre, Fósforo y Arsénico</li> </ul> (Mantenerlos fuera de contacto con agua).
<b>Gaveta de Reactivos Orgánicos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácidos orgánicos, anhídridos y perácidos.</li> <li>• Peróxidos Orgánicos y azidas.</li> <li>• Compuestos epoxicos, Isocianatos, Sulfuros, Sulfoxidos y Nitrilos.</li> </ul>
<b>Gaveta para almacenamiento de líquidos inflamables</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrocarburos, Éteres, Cetonas, Aminas, Hidrocarburos halogenados, Aldehídos, Alcoholes, Fenol, Cresol, Combustibles ácidos orgánicos y Combustibles Anhídridos</li> </ul>
<b>Gaveta para almacenar Ácidos Corrosivos.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácidos inorgánicos, almacenar el Ácido Nítrico separado en esta o en otra gaveta.</li> </ul>
<b>Gaveta para almacenar Bases Corrosivas.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidróxidos Inorgánicos Concentrados.</li> </ul>

*Fuente: Lab Waste Management Guide, King County, USA.*

La estrategia a seguir es evitar que las sustancias incompatibles puedan entrar en contacto en caso de que un derrame o fuga ocurriera. Las reacciones entre sustancias incompatibles pueden producir vapores o nubes tóxicas, rompimiento violento de envases, incendios e incluso explosiones. Lo primordial es proteger el ambiente y la salud.

---

Una vez que se garantice el adecuado almacenamiento de los reactivos químicos, hay que verificar que los procesos que generan RP sean lo más eficientes posibles, es decir, que el volumen de RP generados sea el mínimo.

Dentro de cualquier laboratorio los investigadores y técnicos, antes de poner en práctica cualquier prueba o experimento, deberán realizar un minucioso diseño de estos a través de herramientas estadísticas. Un adecuado diseño de experimentos permite obtener la máxima cantidad de información al mínimo costo. Una muestra muy grande representa un costo elevado por la necesaria compra de gran cantidad de reactivos, sin embargo una muestra muy pequeña condiciona la validez de los resultados. Es necesario determinar un tamaño de muestra óptimo de acuerdo al tipo de investigación que se vaya a realizar.

Otra forma de minimizar los RP es evitar que los reactivos se conviertan en residuos. Algunas veces se compran reactivos que se emplean sólo para un proyecto y al finalizar éste ya no se requiere volver a utilizarlo, convirtiéndose en un residuo. Una vez analizada esta situación, fue creado en el CIMAV un sistema llamado REACTIVOS COMPARTIDOS (SRC) cuya finalidad fue la minimización tanto de costos en adquisición de reactivos, como de disposición de residuos. Si se tenía algún reactivo que ya no se estaba utilizando, se ingresaban los datos (nombre del reactivo y cantidad disponible) del mismo al sistema y otra persona que requería este reactivo podía solicitarlo en lugar de comprarlo. Esto evitaba realizar compras innecesarias y además minimizaba la generación de RP. Así es como funcionaba este sistema. Sin embargo, a pesar de que todos los técnicos de los laboratorios encuestados tienen conocimiento de que el sistema existió, la mayoría no lo utilizaba, es decir, sólo 15 de 37 encuestados afirman haber participado en este programa. Esto se aprecia fácilmente en las bitácoras de recolección de residuos ya que se entregaban reactivos caducos o que simplemente ya tenían mucho tiempo en desuso; mismos reactivos que otros laboratorios tuvieron que comprar.

Si se continuara con el SRC y se utilizara como estaba destinado, implicaría un ahorro significativo ya que se disminuye el gasto por requisiciones y el costo por manejo de RP.

### **7.3. Generación de residuos peligrosos en el CIMAV.**

Como se explicaba anteriormente, el CIMAV como cualquier otro centro de investigación o universidad enfrenta varios retos a la hora de diseñar un sistema de gestión: la generación de RP está definida por un universo de compuestos y mezclas en la mayoría de los casos en pequeñas cantidades que puede estar variando con respecto al tiempo de acuerdo a la duración de una investigación o proyecto. Dentro de este universo de reactivos habrá algunos que de acuerdo a sus características CRETIB representen un riesgo elevado aún cuando se

---

encuentren en pequeños volúmenes. De Junio del 2004 a mayo del 2009 se definieron dos programas institucionales como prioritarios en el desarrollo del centro, Nanotecnología y celdas de combustible e hidrógeno. Sin embargo, para el siguiente lustro estas prioridades pueden sufrir modificaciones impactando entre otros, al volumen y tipo de residuos peligrosos a generar. Los datos con los que se cuenta en el CIMAV de generación de RP están contenidos en la Bitácora de Recolección Interna de RP (BRI).

La recolección interna de RP se comienza a realizar en el año 2002 a cargo de la responsable del área de residuos en la División de Medio Ambiente, hasta que en el año 2005 se formó el Comité de Recolección Interna de RP, mismo que hasta la actualidad lleva a cabo esta actividad.

El esquema de recolección de RP en el periodo de tiempo comprendido del 2002-2008 es el siguiente:

2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Noviembre	Septiembre Octubre	Febrero Marzo	Junio Julio Octubre Diciembre	Noviembre Diciembre	Febrero Septiembre Noviembre	Junio Agosto

Como se puede observar no existe una secuencia entre una recolección y otra; el encargado de este programa confirmó que la selección de fechas fue aleatoria. Cabe mencionar que la recolección de RP sólo es llevada a cabo durante un único día en cada uno de los meses antes señalados.

Esta situación ocasiona confusión y olvido de las fechas de recolección interna de RP, es decir, al no contar con fechas establecidas se dificulta al técnico de laboratorio planear sus entregas de RP, ocasionando que los RP permanezcan dentro del laboratorio un tiempo prolongado hasta la siguiente recolección incrementando el riesgo por fugas y derrames.

Durante la recopilación de datos de generación de RP se detectaron diversas fallas en la bitácora de recolección interna de RP tales como ilegibilidad de los datos tanto de los nombres de las sustancias como las cantidades o unidades de medida, anotaciones adicionales o enmendaduras; así mismo la falta de los nombres de los compuestos que componen el residuo. Cabe mencionar que la Bitácora de Recolección Interna de RP no existe como un libro integral sino que existen carpetas con hojas que contienen los formatos de cada recolección, lo cual dificulta el manejo de la información. Inclusive, tal y como se pudo constatar esto provoca problemas para la localización de los mismos por parte de la persona a cargo.

Todo lo anterior complicó la realización de la base de datos, por lo que la generación de RP puede ser incluso mayor a los resultados obtenidos.

---

Se realizó una división de los RP en tres grupos para poder representarlos: RP líquidos (volumen), RP sólidos (peso) y otros. Dentro de este último grupo se incluyeron diversos residuos que no son fácilmente mensurables (volumen / peso) como: toners, cartuchos de impresora, lámparas, tablillas electrónicas, etc. También se incluyeron las pilas en este grupo debido a que no está definido en todos los casos el peso total del residuo, sino únicamente la cantidad de piezas. Además no se especifica en todos los casos el tipo de pilas en cuestión, por lo que resulta imposible ponderarlas.

A continuación se describe la generación de residuos de acuerdo al estado de agregación de la materia en que se encontraban.

### 7.3.1. Residuos peligrosos líquidos

Los RP de acuerdo a su estado físico que más se generan en el centro son los líquidos, esto es debido a que se emplean una gran cantidad de reactivos químicos precisamente en estado líquido para el desarrollo de experimentos en los laboratorios. Incluso muchos que originalmente están como reactivos sólidos, se emplean en soluciones líquidas. Los volúmenes totales de generación varían de acuerdo al año tal y como se muestra en la tabla 7.

En el año 2002 el volumen de RP líquidos que se recolectaron fue mínimo ya que era el inicio del programa de recolección y apenas se estaba dando difusión al mismo. Las tendencias de la generación de RP se detallaran más adelante.

**Tabla 7. Generación anual de residuos peligrosos líquidos**

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Volumen de generación (L)</b>	329	1066.5	719.1	1866.35	1537.95	1288.35	731.62

En el CIMAV los residuos líquidos de mayor volumen de generación son los residuos ácidos, residuos ácidos con metales pesados y las soluciones de borohidruro de sodio (Tabla 8). Esta selección se realizó tomando como base el volumen total de generación en los 7 años de registro (2002 al 2008); cabe mencionar que aunque son los residuos de mayor generación existe variabilidad en los volúmenes de generación entre cada año, es decir, existen periodos anuales en los cuales la generación es incluso nula o superior a los 1000 litros.

Es importante señalar que existe duda acerca del tipo de residuos ácidos que se están recolectando ya que no se especifica en muchos de los formatos contenidos en la bitácora el tipo de residuos ácidos en cuestión, sólo se marcan como residuos ácidos sin más detalle. Es posible que en su mayoría sean ácidos inorgánicos debido a que los laboratorios de mayor generación de este tipo de

residuos son el laboratorio de calidad del agua y el de análisis químicos, ya que es el tipo de ácidos que ahí se emplean. Cabe destacar el riesgo de no especificar el nombre de cada uno de los componentes y peor aún la mezcla de éstos, debido a que entre los residuos ácidos pueden existir incompatibilidades.

**Tabla 8. Residuos peligrosos líquidos de mayor volumen de generación (L).**

Residuo.	Año.	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
<b>Residuos ácidos</b>		0	960	118	313	142	698.5	273.5	2505
<b>Residuos ácidos con metales pesados.</b>		0	0	0	1005	1008	1	20	2034
<b>Solución de borohidruro de sodio</b>		60	0	418	39	76	138	58	789

En el año 2002 los 3 tipos de residuos peligrosos líquidos de mayor volumen de generación fueron el Borohidruro de sodio (en solución pero no se tiene disponible el dato de la composición volumétrica), el ácido sulfhídrico y el Cianuro (se asume que es una solución de cianuro pero no se especifica el nombre completo de la sal o la composición volumétrica de la solución) (Tabla 9). Estos tres residuos corresponden al 42.5 % del total del volumen de residuos peligrosos líquidos generados en ese año.

**Tabla 9. Residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación en el año 2002.**

Residuo	Volumen de generación (L/año)
Solución de borohidruro de sodio.	60
Solución de ácido sulfhídrico	40
Solución de cianuro.	40
Decalina	37
BETEX	24
Cloroformo	24
TOTAL	225

En el año 2003, los tres tipos de residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación fueron los residuos ácidos, las soluciones de tiosales de Amonio y Tungsteno así como una mezcla de acetona con isopropanol (se desconoce la composición volumétrica). Tan sólo estos tres residuos corresponden al 95.3 % del volumen total de generación de residuos peligrosos líquidos en ese año (Tabla 10).



**Tabla 10. Residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación en el año 2003.**

<b>Residuo.</b>	<b>Volumen de generación (L/año)</b>
Residuos ácidos	960
Tiosales de Amonio y Tungsteno.	32
Acetona con Isopropanol.	24
Acetil acetato de titanio	12
Acido nítrico	8
Cloroformo	8
TOTAL	1044

En el año 2004 los residuos peligrosos líquidos de mayor volumen de generación fueron el Borohidruro de sodio, los residuos ácidos y el hidróxido de sodio (Tabla 11). Estos tres residuos corresponden al 81.5 % del volumen total de residuos peligrosos líquidos generados ese año. Es de destacar que en el caso de la solución de borohidruro de sodio en sólo dos años la generación aumentó en casi siete veces. Esto pudo ser consecuencia de un aumento en la solicitud de análisis de metales en agua. Es de llamar la atención que lo contrario ocurrió con los residuos ácidos, ya que disminuyó a sólo 12.5% de lo generado el año previo. Esto es un tanto incongruente ya que en el proceso de análisis de metales en agua, las soluciones problema son previamente digeridas en soluciones ácidas precisamente. Aquí se ve la importancia de ser muy específico en el tipo de residuo que se genera, ya que no es la mismo una solución ácida que una solución ácida con presencia de metales.

**Tabla 11. Residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación en el año 2004.**

<b>Residuo.</b>	<b>Volumen de generación (L/año)</b>
Borohidruro de Sodio.	418
Residuos Ácidos	118
Hidróxido de sodio.	50
Nitrato de cobre en solución acida.	40
Solventes	26
TOTAL	652

En el año 2005 los residuos peligrosos líquidos de mayor volumen de generación fueron los residuos ácidos con metales pesados, los residuos ácidos y el arsénico (en solución con composición desconocida) (Tabla 12). Estos residuos corresponden al 74.69 % del volumen total de residuos peligrosos líquidos generados en el 2005. De la misma forma que en el 2004 la diferencia entre los volúmenes de generación de estos residuos es muy amplia. En este año sí se hizo una distinción en cuanto a la presencia de metales en los residuos ácidos. Así mismo, la cantidad generada de soluciones residuales de arsénico fue producto de un proyecto realizado con humedales para fitoremediación.

**Tabla 12. Residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación en el año 2005.**

Residuo.	Volumen de generación (L/año)
Residuos ácidos con metales pesados.	1005
Residuos ácidos	313
Arsénico	76
Hidróxido de sodio	73.5
Diesel y biodiesel	59.4
TOTAL	1526.9

En el año 2006 los residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación fueron nuevamente igual que el año anterior los residuos ácidos con metales pesados, así como los residuos ácidos en segundo lugar, y por último el borohidruro de sodio (en solución con composición desconocida) (Tabla 13). Estos tres residuos representan el 79.72 % del volumen total de residuos peligrosos líquidos generados en ese año.

**Tabla 13. Residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación en el año 2006.**

Residuo.	Volumen de generación (L/año)
Residuos ácidos con metales pesados.	1008
Residuos ácidos	142
Borohidruro de sodio.	76
Residuos no identificados	48
Cianuro	40
TOTAL	1314

Durante el año 2007 los residuos peligrosos líquidos con el mayor volumen anual de generación fueron los residuos ácidos, el borohidruro de sodio (en solución con composición desconocida) y el arsénico (en solución con composición desconocida) (Tabla 14). Estos tres residuos corresponden al 71.76 % del volumen total de residuos peligrosos líquidos generados en ese año. En este año es de notar que ya no se reportan residuos ácidos con metales, tras haberse reportado cantidades importantes (1000 L) los dos años previos. En cambio, los residuos ácidos se incrementaron en casi cinco veces con respecto al año anterior.

**Tabla 14. Residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación en el año 2007.**

Residuo	Volumen de generación (L/año)
Residuos ácidos	698.5
Borohidruro de sodio.	138

Arsénico	88
Lodo	50
Gasolina	50
TOTAL	1024.5

En el 2008 los residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación fueron los residuos ácidos, aceite y el borohidruro de sodio (en solución con composición desconocida) (Tabla 15). Estos residuos corresponden al 59.02 % del volumen total de residuos peligrosos líquidos generados durante el 2008. Cabe resaltar que en este año aparece por primera vez el aceite como un residuo líquido de volumen considerable. De acuerdo al laboratorio de donde provino, debe tratarse de aceite lubricante producto de mantenimiento de las máquinas allí ubicadas. Los residuos ácidos decremantan su volumen de generación en dos veces y media respecto al 2007, y de nueva cuenta no se reportan residuo ácidos con metales. Además se incluye una generación considerable del compuesto denominado Nital que es altamente reactivo y del cual se definirán sus características mas adelante.

**Tabla 15. Residuos peligrosos líquidos con mayor volumen de generación en el año 2008.**

Residuo.	Volumen de generación (L/año)
Residuos ácidos	273.5
Aceite	100.3
Borohidruro de sodio.	58
Nital (Ac. Nitrico y etanol)	40
Aceite + Heptano+Tolueno+KOH	40
TOTAL	511.8

### 7.3.2. Residuos sólidos

Los residuos peligrosos sólidos se generan en el CIMAV en menores cantidades que los RP líquidos

El panorama de los RP sólidos es distinto al de los líquidos, ya que al hablar de RP es muy común que se venga a la mente algún residuo líquido, es decir, aun no tenemos muy establecida la idea de que un residuo sólido también puede ser un RP. Quizá por esta razón durante el primer año que se inicio con la recolección de RP interna no se hizo entrega de ningún RP sólido (Tabla 16). Y no fue sino hasta el 2004 que las entregas de RP sólidos comenzaron a hacerse más usuales.

**Tabla 16. Generación anual de residuos peligrosos sólidos**

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
-----	------	------	------	------	------	------	------

<b>Generación en peso. (kg)</b>	0	7.1	15.55	81.71	80.81	62.96	62.93
---------------------------------	---	-----	-------	-------	-------	-------	-------

En la tabla 17 podemos observar que los tres tipos de RP sólidos con el mayor peso total de generación son las denominadas “muestras” que son residuos sólidos entregados principalmente por el laboratorio de análisis químicos pero no se especifica el contenido de estas muestras ni la peligrosidad de las mismas.

Esta situación de falta de especificaciones acerca de los RP sólidos es una constante que se repite en la mayoría de los casos, por eso se define cada residuo de acuerdo al nombre citado en los formatos de entrega.

**Tabla 17. Residuos peligrosos sólidos de mayor peso total de generación (kg)**

Residuo.	Año.	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
Muestras.		0	0	0	45	10	60	0	115
Residuos sólidos orgánicos		0	0	0	13.5	36	0	1	50.5
Residuos sólidos con metales pesados.		0	0	8	0	9	0	19.1	36.1

En el año 2002, no se tuvo registro de ningún residuo peligroso sólido posiblemente debido a que por ser el primer año que se realizaba la recolección muchos técnicos no tuvieron conocimiento de la misma.

**Tabla 18. Residuos peligrosos sólidos con mayor volumen de generación en el año 2002.**

Residuo.	Volumen de generación (kg/año)
No hay registro de residuos sólidos peligrosos.	0

En el año 2003 los únicos residuos peligrosos sólidos que se recolectaron fueron papel (contaminado) y polvos abrasivos (Tabla 19).

**Tabla 19. Residuos peligrosos sólidos con mayor volumen de generación en el año 2003.**

Residuo.	Volumen de generación (kg/año)
Papel	7
Polvos abrasivos.	0.1
TOTAL	7.1

Durante el año 2004, como ya se había mencionado anteriormente se incrementaron las entregas de RP sólidos, siendo los de mayor generación en peso los residuos sólidos con metales pesados, ciertos residuos definidos como

---

material no identificado y por ultimo residuos con plomo (Tabla 20). Sin embargo estos tres residuos son el 97 % de los residuos recolectados.

**Tabla 20. Residuos peligrosos sólidos con mayor volumen de generación en el año 2004.**

<b>Residuo.</b>	<b>Volumen de generación (kg/año)</b>
Residuos sólidos con metales pesados.	8
Material no identificado.	6.25
Residuos con plomo	0.8
TOTAL	15.05

En el año 2005 hubo un incremento considerable en la generación de RP sólidos, en donde también se pudo observar el mismo patrón en la generación de RP líquidos y más adelante se discutirán las posibles razones. Los RP sólidos de mayor generación en el 2005 fueron las “muestras”, residuos de polipropileno y residuos sólidos orgánicos (Tabla 21). Estos tres RP sólidos corresponden al 91.17 % de la generación en peso total de ese mismo año.

**Tabla 21. Residuos peligrosos sólidos con mayor volumen de generación en el año 2005.**

<b>Residuo.</b>	<b>Volumen de generación (kg/año)</b>
Muestras.	45
Polipropileno.	16
Residuos sólidos orgánicos	13.5
TOTAL	74.5

Durante el año 2006 los tres RP sólidos con mayor generación en peso fueron los residuos sólidos orgánicos, las “muestras” y por ultimo los residuos sólidos con metales pesados (Tabla 22). Estos residuos representan el 68.06 % del total de RP sólidos generados en ese año.

**Tabla 22. Residuos peligrosos sólidos con mayor volumen de generación en el año 2006.**

<b>Residuo.</b>	<b>Volumen de generación (kg/año)</b>
Residuos sólidos orgánicos	36
Muestras.	10
Residuos sólidos con metales pesados.	9
TOTAL	55

En el año 2007 los residuos de mayor generación en peso fueron las “muestras”, el polvo de toner y las resinas epoxicas (Tabla 23). Estos tres residuos corresponden al 99.63 % de los RP sólidos que se generaron en el 2007. Cabe mencionar la enorme diferencia entre los kg que se generaron de cada uno de estos residuos. Las “muestras” son el tipo de residuo mas significativo en cuestión de generación durante este año.

**Tabla 23. Residuos peligrosos sólidos con mayor volumen de generación en el año 2007.**

Residuo.	Volumen de generación (kg/año)
Muestras.	60
Polvo de toner.	2.5
Resinas epoxicas.	0.23
TOTAL	62.73

En el año 2008 los RP sólidos de mayor generación fueron los residuos sólidos con metales pesados, “tierra” (suelo) con metales, suelo con hidrocarburos y soldadura con base estaño y plomo. Estos residuos corresponden al 65.31% de los RP sólidos generados en el 2008 (Tabla 24).

**Tabla 24. Residuos peligrosos sólidos con mayor volumen de generación en el año 2008.**

Residuo.	Volumen de generación (Kg/año)
Residuos sólidos con metales pesados.	19.1
Tierra con metales.	10
Suelo con hidrocarburos.	6
Soldadura (Plomo-estaño)	6
TOTAL	41.1

De acuerdo a los datos anteriores, los tipos de RP sólidos son mas variables con respecto al tiempo que los líquidos En el caso de los RP líquidos los residuos ácidos con y sin metales pesados se mantienen presentes en las tablas ocupando los primeros lugares de generación en la mayoría de estas así como la solución de borohidruro de sodio. Sin embargo en los RP sólidos año tras año entran residuos nuevos en las listas de generación.

### 7.3.3. Otros.

Como ya se había mencionado en esta categoría se incluyen todos los RP que no son medibles fácilmente

Uno de los principales residuos generados son las pilas cuya generación en el 2007 fue de 23.5 kg más 89 piezas cuyo peso no está especificado.

---

También es importante destacar que los toners y las pilas de computadora son otro tipo de residuo incluido en esta categoría y hay que difundir un poco más acerca de la importancia de disponer de estos residuos adecuadamente.

En el caso de los residuos peligrosos sólidos resulta muy complicado elaborar tablas de generación anual debido a que muchos de estos residuos no cuentan con datos de generación en peso sino en piezas y no está indicado el peso de cada pieza. También en un mismo año hay registros en piezas y en peso por lo que no se puede hacer un condensado debido a la diversidad de unidades de medida.

.De acuerdo a los datos anteriores en el 2008 el CIMAV generó 731.62 L de residuos líquidos. Suponiendo un peso de 1 kg por cada litro (para fines de estimaciones y por tratarse de soluciones acuosas en general) este volumen se convierte en 731.62 kg y si se añaden 62.93 kg de residuos sólidos, da un total de 794.55 kg. Como ya se había mencionado con anterioridad, el CIMAV se clasifica como un pequeño generador de residuos debido a que su generación anual es mayor de 400 kg pero menor a 10 toneladas (LGPGIR, 2004). Se tomó como base para la estimación del tipo de generador el 2008 por ser el dato más reciente de generación y por representar una generación promedio de los años anteriores ya que se aprecian incrementos considerables en el volumen de generación entre el 2005 y el 2006.

Es necesario realizar una averiguación en los casos donde hay un incremento o bien, un decremento mayor al 100%, para saber si hubo anomalías en la disposición de residuos o bien, simplemente se trató de un año con menor o mayor actividad en el laboratorio y determinar si esta tendencia va a continuar.

De acuerdo a la LGPGIR todos los pequeños y grandes generadores de RP tienen las siguientes obligaciones:

- I. Identificar y clasificar los residuos peligrosos que generen;
- II. Manejar separadamente los residuos peligrosos y no mezclar aquéllos que sean incompatibles entre sí; ni con residuos peligrosos reciclables o que tengan un poder de valorización para su utilización como materia prima o como combustible alterno, o bien, con residuos sólidos urbanos o de manejo especial;
- III. Envasar los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico, en recipientes cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad para su manejo;
- IV. Marcar o etiquetar los envases que contienen residuos peligrosos con rótulos que señalen nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén;
- V. Almacenar adecuadamente, conforme a su categoría de generación, los residuos peligrosos en un área que reúna las condiciones señaladas en el

---

artículo 82 del Reglamento de la LGPGIR y en los plazos de tiempo señalados en dicha ley;

- VI.** Transportar sus residuos peligrosos a través de personas que la Secretaría (SEMARNAT) autorice en el ámbito de su competencia y en vehículos que cuenten con carteles;
- VII.** Llevar a cabo el manejo integral correspondiente a sus residuos peligrosos de acuerdo con lo dispuesto en la normatividad mexicana;
- VIII.** Elaborar y presentar a la Secretaría los avisos de cierre de sus instalaciones cuando éstas dejen de operar o cuando en las mismas ya no se realicen las actividades de generación de los residuos peligrosos.

Teniendo en cuenta todas las especificaciones anteriores y para procurar el cumplimiento de la normatividad aplicable se redactó el plan de manejo de RP para el CIMAV contenido en el Anexo 1, así como el respectivo manual (Anexo 2).

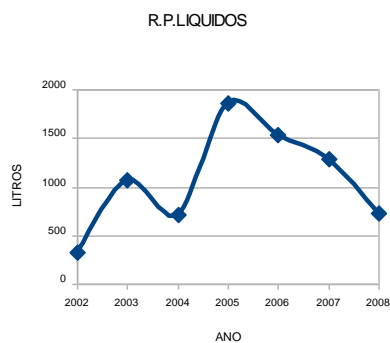
Si bien es cierto los pequeños generadores no están obligados a presentar un plan de manejo de RP ante la SEMARNAT, existen algunos tipos de residuos que por su peligrosidad deben estar sujetos a estos planes. Dentro de este grupo de residuos los que se generan aquí en el centro son los aceites lubricantes usados, los disolventes orgánicos usados y las lámparas fluorescentes (LGPGIR, 2004).

Por ello la importancia de establecer el plan de manejo de RP.

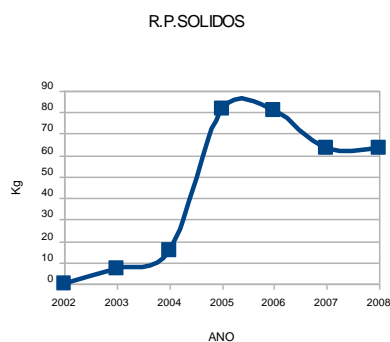
#### **7.3.4. Tendencias de generación.**

Como se puede observar en las gráficas, no existe una tendencia de generación definida para ninguno de los dos tipos de residuos (líquidos y sólidos). Sin embargo es posible apreciar un aumento significativo en ambas gráficas entre los años 2005 y 2006. Esto puede ser debido a que en años anteriores la recolección de residuos se realizaba únicamente una o dos veces al año, y entre el 2005 y 2006 hubo una mayor cantidad de recolecciones; esto facilitó que un número mayor de laboratorios pudieran entregar sus residuos. Se debe destacar como un factor importante el respetar la continuidad así como la periodicidad. Cabe mencionar que es difícil determinar si este volumen de residuos corresponde a los RP generados en este periodo de tiempo o son residuos que los laboratorios tenían almacenados por algún tiempo pero que no habían sido entregados.





**Figura 4.** Gráfica de generación de residuos peligrosos líquidos.



**Figura 5.** Gráfica de generación de residuos peligrosos sólidos.

Resulta imposible realizar una proyección en el tiempo de la generación de RP en el CIMAV debido a que existen muchas variables que pueden repercutir directamente sobre esta, como son:

- **El número de proyectos aprobados anualmente;** si hay una gran cantidad de proyectos activos en el centro, esto se refleja en una mayor cantidad de experimentos realizados y por ende una mayor cantidad de RP generados, y viceversa.
- **Duración de los proyectos;** éstos tienen una duración que va de los dos a los tres años en promedio. Durante la realización de un proyecto se observa que los RP generados son del mismo tipo o muy similares y en un volumen más o menos constante. Cabe señalar que con frecuencia se destina la mitad de la duración de un proyecto para la experimentación y la otra mitad para el análisis de los resultados y la elaboración de reportes y artículos; esta situación ocasiona una disminución en la generación de RP.

- 
- **Tipo de proyecto aprobado;** en el CIMAV se realizan dos tipos de proyectos para ciencia básica o para la industria. Si el proyecto que se está realizando corresponde a un proyecto para una industria, los RP generados en este proyecto serán las mismas sustancias o muy similares y en volúmenes constantes debido a que los procesos industriales están muy definidos y estandarizados. No así cuando se trata de un proyecto de ciencia básica, en el cual los RP que se generen pueden ser muy diversos e incluso variar a lo largo de la duración del proyecto tanto en tipo de sustancias como en volumen de generación de éstas.
  - **La diversidad de líneas de investigación y su evolución en el tiempo.** El CIMAV cuenta con tres departamentos: Química de materiales, Física de materiales y Medio ambiente y energía.

El departamento de Química de materiales cuenta con cuatro líneas de investigación:

- Beneficio de minerales.
- Materiales catalíticos nanoestructurados.
- Materiales compuestos base polimérica.
- Simulación computacional de materiales y procesos.

El departamento de Física de Materiales comprende las siguientes líneas de investigación:

- Deterioro de materiales.
- Integridad mecánica y análisis de riesgo.
- Materiales funcionales.
- Recubrimientos.

Y por último el departamento de Medio Ambiente y Energía tiene las siguientes líneas de investigación:

- Contaminación atmosférica.
- Energía.
- Remediación ambiental.

Tantas áreas de investigación y tan diversas dan como resultado una gran cantidad de experimentos cuyos reactivos son tantos y tan variados como los RP generados por estos. A su vez, un mismo laboratorio va cambiando sus líneas de investigación con el transcurso del tiempo conforme avanza la ciencia y los procesos tecnológicos de la industria. Esto provoca que ciertos reactivos empleados en un periodo dejen de ser utilizados, siendo reemplazados por nuevas sustancias químicas.

Existen también laboratorios que realizan servicios a la industria principalmente, este es el caso del laboratorio de análisis químicos cuyos residuos son principalmente ácidos inorgánicos y cuyo volumen de generación es más o menos constante.

---

### 7.3.5. Residuos de mayor peligrosidad.

Existen diversos residuos que se han generado desde que fue creado el CIMAV en el año 1994, sin embargo sólo se tiene registro de los residuos que han sido recolectados para su disposición final a partir del año 2002. Dentro de este universo de residuos existen residuos de baja peligrosidad y de alta peligrosidad. Entre los residuos de alta peligrosidad que se han generado de manera constante (y no como única vez) se encuentran: los compuestos BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno), las soluciones de Cianuro y el Nital (solución de ácido nítrico con un alcohol).

La palabra BTEX se refiere al grupo de compuestos: benceno, tolueno, etilbenceno, y el total xilenos, que son componentes naturales del petróleo que terminan en gran medida en la gasolina como consecuencia del proceso de refinado.

La exposición a los seres humanos puede ocurrir por ingestión o por inhalación. La exposición aguda a estos compuestos está relacionada con irritación de la piel, depresión del sistema nervioso central y daños en el sistema respiratorio. La exposición prolongada al BTEX produce los efectos antes mencionados y además daños a los riñones, el hígado y el sistema sanguíneo (Technical bulletin health effects information, USA, 1994).

El cianuro usualmente se encuentra asociado con otras sustancias como parte de un compuesto. Algunos ejemplos de compuestos de cianuro son el cianuro de hidrógeno, el cianuro de sodio y el cianuro de potasio.

La exposición a niveles altos de cianuro daña el cerebro y el corazón y puede producir coma y la muerte. La exposición a niveles más bajos puede provocar dificultad para respirar, dolor de pecho, vómitos, alteraciones en la sangre, dolor de cabeza y dilatación de la glándula tiroides (ATSDR, 2006).

El Nital es una solución de ácido nítrico y un alcohol, el alcohol puede ser metanol o etanol. En el CIMAV el Nital generado es una mezcla de ácido nítrico con etanol. Esta mezcla es potencialmente explosiva. Una solución de etanol y ácido nítrico se convertirá en explosiva si la concentración de ácido nítrico llega a más de 10% (en peso). Soluciones por encima del 5% no deben ser almacenadas en recipientes cerrados.

Este residuo ya ha ocasionado incidentes (sin consecuencias graves hasta ahora), se tiene conocimiento que se han producido 2 explosiones debido a un mal almacenamiento de este compuesto. Ninguna de estos eventos ha ocurrido en el almacén de RP, pero es de vital importancia evitar que esta situación pueda ocurrir ya que sería de consecuencias muy severas al entrar en contacto diversos residuos peligrosos.

---

El Nital es empleado únicamente en un laboratorio del centro. El técnico responsable de este laboratorio argumentó durante la entrevista que la forma empleada para disminuir la peligrosidad de la mezcla es la dilución con agua. Esta practica es útil ya que así se disminuye la concentración del ácido nítrico que como ya se menciono anteriormente es el causante de la inestabilidad de la mezcla. Además es importante que todas las personas que tengan contacto con el Nital dentro del centro conozcan la manera adecuada de manejarlo.

#### 7.4. Almacenamiento de RP dentro del laboratorio.

##### 7.4.1. Clasificación de un residuo.

Toda vez que se genera un residuo es importante determinar el tipo de residuo en cuestión, es decir, es un residuo peligroso o no. Si se determina que es un RP cuáles son las características que le confieren esta peligrosidad (CRETIB).

De acuerdo a las encuestas realizadas a los técnicos de los laboratorios solamente el 48% conoce alguna clasificación de residuos. El resto de ellos desconoce las clasificaciones de los mismos. Una persona que no conoce las clasificaciones de residuos difícilmente puede determinar si un residuo es o no es peligroso. Esto se refleja en la Bitácora de Recolección de RP interna ya que en algunas ocasiones se han entregado residuos que no son peligrosos, pero lo más relevante es cómo los integrantes del comité de recolección recibieron éstos sin revisión alguna (Figura 6).



Figura 6. Residuos no peligrosos almacenados como peligrosos.

Para determinar si un residuo es peligroso los listados de la NOM-054-ECOL-1993 son muy útiles, además la norma contiene una tabla de incompatibilidades químicas para conocer las condiciones a evitar del residuo en cuestión Existe también una pagina de Internet de la Universidad de Sevilla, España (<http://www.en.us.es/smanten/uma/rp/incompatibilidades.htm> ) la cual contiene un listado de sustancias y las incompatibilidades químicas de las mismas.

Las hojas de seguridad de los reactivos químicos siempre deben estar presentes dentro del laboratorio y disponibles para cualquier persona. Es necesario que toda persona que tenga contacto con algún reactivo o residuo conozca las características de los mismos y sepa cómo actuar en caso de alguna emergencia.

---

De acuerdo a las encuestas la mayoría de los técnicos no cuenta con las hojas de seguridad de los reactivos del laboratorio y si las tiene, están incompletas o no se encuentran disponibles para todos.

Para corregir esta situación, deberá integrarse una carpeta que contenga todas las hojas de seguridad. Algunos reactivos las traen desde el fabricante y de no ser así se pueden encontrar fácilmente en Internet. Una vez que se integre la carpeta deberá colocarse en un lugar visible y de fácil consulta.

#### **7.4.2. Recipientes para almacenamiento.**

Ya que se determinó que el residuo está clasificado como RP se deberá elegir el recipiente en el que se debe almacenar, cómo se va a identificar este residuo y dónde deberá colocarse temporalmente hasta la recolección interna de RP mas próxima

La LGPGIR en su artículo 82 establece que el almacenamiento de RP debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios.

En el CIMAV los recipientes que contienen a los reactivos es lo que comúnmente se emplea como contenedor de residuos. Esta medida es una de las más adecuadas y amigables con el medio ambiente. La razón de esto es que al reutilizar el envase del reactivo una vez que se genera el residuo disminuye el costo por la compra de recipientes innecesarios y además elimina el costo por disposición de recipientes contaminados con RP. Aquí lo importante es que se emplee el recipiente para contener el residuo que dentro de su composición contenga el reactivo original del recipiente. Hay que evitar enjuagar los recipientes de los reactivos ya que el agua de enjuague no puede ser depositada directamente al drenaje convirtiéndose en un RP adicional. También se debe de impedir que sustancias incompatibles entren en contacto ya que aunque los recipientes parezcan vacíos siempre quedan restos de los reactivos contenidos y si se agrega algún residuo sin verificar la compatibilidad pueden ocurrir reacciones violentas, o emitirse gases tóxicos.

Se realizó una inspección en el almacén temporal de RP y la mayoría de los recipientes se encontraban llenos hasta un 90 a 100% de su capacidad.

Nunca deberá llenarse un recipiente mas allá del 75 % de su capacidad para evitar derrames.

---

En el caso de que los recipientes de reactivos sean insuficientes o inadecuados (ver Fig. 7), el centro deberá proporcionar los recipientes necesarios para esta práctica. Para el almacenamiento de residuos líquidos se recomienda utilizar recipientes de polipropileno de alta densidad por la resistencia y seguridad.

Eliminado: practica

En el caso de residuos sólidos se recomienda emplear bidones de apertura total de polietileno de alta densidad y alto peso molecular que incluya tapa de polietileno de alta densidad, así como cierre de acero galvanizado. En todos los casos se incluirá material adsorbente apropiado.

Existen compuestos que requieren de recipientes especiales, esta información se puede encontrar en las hojas de seguridad. En estos casos es posible reutilizar los recipientes en los que se encontraba el reactivo y de no ser así se deberá solicitar la compra del recipiente adecuado.



**Figura 7.** Residuos peligrosos almacenados en recipientes inadecuados y sin nombre.

#### 7.4.3. Identificación de un residuo.

La manera en que se identifica un RP debe procurar ciertas especificaciones de seguridad para evitar que se borre o altere el nombre y la composición del residuo en cuestión.

En el CIMAV la manera empleada para identificar los RP es la rotulación. Es realizada sobrescribiendo en la misma etiqueta que contenían los recipientes (en el caso de recipientes de reactivos reutilizados) o anotando con un marcador sobre el recipiente el nombre del residuo (Figura 8).



**Figura 8.** Rotulado de recipientes con residuos peligrosos.

Es importante señalar que esta practica es totalmente inadecuada puesto que al realizar la inspección al almacén temporal de RP se pudo constatar que la información contenida acerca de los residuos era incompleta (la mayoría de los recipientes solo contiene el nombre) y en otros casos ilegible. También algunos recipientes se encontraban sucios (al parecer por derrames de residuos al momento de llenar el recipiente) y los rótulos estaban borrosos o parcialmente borrados.

La LGPGIR es muy clara en el sentido de que todos los RP que se van a almacenar temporalmente deben estar debidamente identificados; además la empresa prestadora de servicios para tratamiento y disposición final tiene la obligación de verificar que todos los residuos estén debidamente etiquetados y envasados antes de recibirlos (Artículo 85).

La mejor manera de identificar un residuo es mediante una etiqueta que aparte de incluir el nombre del residuo, también contenga información acerca de la composición, estado físico, características (CRETIB), nombre del generador así como fechas de llenado y de entrega.

El tamaño estándar es de 10 cm por 10 cm y deberán ser de alta resistencia de tal manera que no sufran decoloración o deformación en su uso normal, para evitar que se deteriore la información contenida en las mismas (NOM-003-SCT/2000).

El material de la etiqueta puede ser papel en el dorso pero deberá estar plastificado por la cara frontal. En el dorso deberá contener algún adhesivo para que pueda ser colocada en el recipiente y no haya riesgo de desprendimiento.

Se propone el formato de etiqueta de la Figura 9. Este diseño contempla la información necesaria para el adecuado almacenamiento y manejo de RP y además es de fácil llenado.

El CIMAV a través del Comité de Recolección Interna de RP (CRIRP) deberá proporcionar a cada responsable de laboratorio el número de recipientes y de etiquetas que requiera para manejar sus residuos. Así mismo el técnico de laboratorio tendrá la responsabilidad de solicitar anticipadamente los recipientes que requiera y el mismo número de etiquetas para identificar cada recipiente.

 **RESIDUOS PELIGROSOS.**

NOMBRE DEL RESIDUO: \_\_\_\_\_  
COMPOSICIÓN (EN VOLUMEN O EN PESO): \_\_\_\_\_

ESTADO FÍSICO: \_\_\_\_\_  
LABORATORIO GENERADOR: \_\_\_\_\_  
EDIFICIO: \_\_\_\_\_ PUERTA: \_\_\_\_\_  
RESPONSABLE: \_\_\_\_\_  
FECHA DE INICIO DE LLENADO: \_\_\_\_\_  
FECHA DE TERMINACIÓN DE LLENADO: \_\_\_\_\_  
FECHA DE ENTREGA AL ALMACEN: \_\_\_\_\_

MARCA CON UNA X LAS CARACTERÍSTICAS DEL RESIDUO.

 PELIGRO DE CORROSIÓN

 PELIGRO DE INCENDIO

 PELIGRO DE EXPLOSIÓN

 PELIGRO DE INTOXICACIÓN

 RADIATIVO.

Figura 9. Propuesta de diseño para etiqueta de residuos peligrosos.

#### 7.4.4. Almacenamiento dentro del laboratorio.

Ya que el RP se encuentra en el recipiente adecuado y con su etiqueta bien colocada, se deberá colocar en un lugar dentro del laboratorio hasta la recolección más próxima

Según la encuesta realizada el 54 % de los técnicos encuestados tienen un área destinada dentro del laboratorio para almacenar sus RP. El 19% no tienen un área definida para ello y el resto no genera RP.



---

El problema que se presenta ante la delimitación de un área para almacenar los RP, es que las dimensiones de los laboratorios son pequeñas por lo que el espacio libre es mínimo o nulo. Esta situación hace mucho mas importante el hecho de que las recolecciones de RP deben hacerse con mayor frecuencia que como se han venido realizando. De tal modo que la cantidad de RP que deba almacenarse dentro del laboratorio sea mínima.

Durante las visitas a los laboratorios se observo que en algunos de ellos tienen perfectamente almacenados sus RP dentro de gavetas. Pero en otros casos se observaron RP sobre el piso o debajo de las mesas de trabajo haciendo latente el riesgo de alguna persona pueda tropezar y derramarlos.

A la hora de almacenar los RP dentro del laboratorio es importante evitar almacenar sustancias incompatibles en el mismo lugar. Procurar tener al menos 2 áreas de almacenamiento de residuos las cuales estén lejos de fuentes de calor y no obstruyan el flujo de personas dentro del laboratorio.

Cuando se pregunto a los técnicos acerca del tiempo en que permanecen los RP dentro del laboratorio el 54% de los encuestados afirmo que los entrega en cada recolección (que en teoría se realizan cada tres meses), pero el 10% respondió que los entrega hasta que se llena el recipiente; un 13.5 % permanecen con los RP dentro del laboratorio por periodos que van de los 6 a 12 meses y el resto de los encuestados no genera RP.

Sin excepción alguna no deberá permanecer un RP dentro del laboratorio mas de 6 meses aun y cuando el recipiente no se haya terminado de llenar. Esto de acuerdo a lo que establece la LGPGIR en su artículo 56 acerca de que ningún RP podrá almacenarse dentro de la fuente generadora por un periodo mayor a los seis meses.

#### **7.4.5. Bitácora de RP.**

Una bitácora se puede implementar para llevar un control preciso del tipo y la cantidad de RP que se van generando.

De acuerdo a las encuestas ningún laboratorio realiza una bitácora de sus RP.

Este documento facilita el manejo de los RP ya que permite hacer estimaciones acerca de la generación de RP. A partir de esas estimaciones se puede determinar el numero de recipientes que se van a requerir en un periodo de tiempo. Además sirve a manera de Check list para evitar que se vaya extraviar algún RP o que se olvide al momento de la recolección dentro del laboratorio.

---

Una bitácora se puede realizar anotando diariamente la fecha, el nombre del RP, su composición y la cantidad generada. Es una practica sencilla y de gran utilidad.

### **7.5. Recolección Interna de RP.**

Como ya se menciona con anterioridad, el CIMAV cuenta con un programa de Recolección Interna de RP (RIRP). De acuerdo a los datos proporcionados por el comité a cargo de esta actividad, el objetivo es que se realicen recolecciones cada tres meses.

Como se puede observar en los datos obtenidos de la Bitácora, hasta el 2008 no se había alcanzado este objetivo. Aun y cuando las recolecciones se realizaran cada tres meses, este resulta ser un periodo de tiempo muy largo y genera que gran cantidad de RP estén dentro de los laboratorios incrementándose así el riesgo de algún incidente.

Además las recolecciones de RP no cuentan con un calendario, es decir aleatoriamente se elige el día y se hace del conocimiento del personal únicamente con una semana de anticipación. Al no existir una planeación por parte del comité resulta difícil para los responsables de los laboratorios organizar las entregas de sus RP.

Lo ideal es que el espacio entre cada recolección fuera únicamente de un mes. Se requiere que cada semestre se reúna el Comité y calendarice todas las recolecciones del ciclo para que las hagan del conocimiento de todos los técnicos y estos a su vez puedan planear con anticipación sus entregas.

Al no existir un periodo largo de almacenamiento de RP dentro del laboratorio la generación de RP en ese periodo de tiempo será mucho menor y por tanto se minimiza el espacio requerido para el almacenamiento de RP.

El día de la recolección los integrantes del comité se turnan entre las 10:00 y las 14:00 horas para atender a las personas que acuden a entregar sus residuos peligrosos en el almacén temporal.

Se presencio 2 recolecciones y no todos los miembros del comité están calificados para inspeccionar el residuo y verificar que la información entregada del RP este completa. También se observo que los miembros del comité no usan bata ni guantes al momento de recibir los RP, lo cual los expone a entrar en contacto directo con los residuos por vía dérmica.

---

En el CIMAV se emplea un formato que debe ser llenado por el generador del RP y a su vez se debe entregar al comité junto con los RP. Este formato contiene una breve descripción de los residuos y sus envases o recipientes, así como datos del laboratorio que los género y de la persona que realiza la entrega. En un inicio se estableció que dicho formato debía ser llenado por computadora o maquina de escribir pero no a mano. Esta medida era con la finalidad de evitar ilegibilidad en dicho documento. Sin embargo, los últimos formatos a los que se ha tenido acceso han sido llenados a mano provocando una serie de irregularidades. Algunas de estas son:

- Rayones o enmendaduras.
- Letra ilegible.
- Información incompleta.

La falta de información (por omisión o por ilegibilidad) o la información incompleta es en verdad un problema muy serio. Los formatos de RIRP son los únicos documentos con que cuenta el centro para realizar las estimaciones de la generación de RP. Pero por la forma en que esta contenida la información no es posible tener la certeza de las cifras obtenidas. A partir del 2005 con la publicación de la LGPGIR es indispensable conocer el volumen de generación de RP para realizar los tramites correspondientes ante la SEMARNAT y obtener una clasificación de tipo de generador. Con base en esta clasificación se establecen las obligaciones legales en cuanto a gestión de RP se refiere. Además que por ley los generadores de RP están obligados a presentar un informe anual de generación.

Proporcionar datos falsos ante la Secretaria constituye un delito y amerita sanciones severas.

De ahí la importancia que tiene el formato de entrega de RP ya que estos formatos son los que conformaran la Bitácora de Recolección Interna de RP (BRIRP).

El tipo de formato que se emplea actualmente carece de información importante como la composición de los RP, su estado físico, las condiciones en que se esta recibiendo el RP, entre algunas otras. Además debido a la forma en que esta diseñado se presta para que algunas datos puedan ser omitidos como el nombre del laboratorio o el nombre de la persona que entrega.

Se realizo un rediseño de este formato quedando tal y como se muestra en la Figura 10. Este nuevo formato contiene información mas detallada de los RP así como de las condiciones de entrega. También cabe señalar que las únicas unidades de medida a emplear serán litros (L) o kilogramos (Kg) ya que estas son las unidades empleadas para determinar la generación de RP. Independientemente de que se trate de pilas, toners o cualquier otro RP este deberá ser pesado y el formato deberá contener el numero de piezas y además el peso de estas.

Es necesario establecer nuevamente como requisito que el formato sea llenado por computadora para evitar ilegibilidad.

 <b>REGISTRO DE GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS.</b>				
FECHA				
LABORATORIO GENERADOR.				
UBICACION	EDIFICIO		PUERTA	
RESPONSABLE DEL LABORATORIO.				
<b>DESCRIPCION DE LOS RESIDUOS A ENTREGAR.</b>				
NOMBRE DEL RESIDUO.	ESTADO FISICO.	COMPOSICION (EN VOLUMEN O EN PESO)	CANTIDAD (L o Kg)	TIPO DE RECIPIENTE.
<b>CONDICIONES DE LOS RESIDUOS ENTREGADOS.</b>				
<i>(Esta área deberá ser llenada únicamente por algún miembro del Comité de Recolección de RP)</i>				
Se encuentra en perfecto estado el recipiente o empaque utilizado para almacenar el RP? Si      No				
Se encuentra debidamente colocada la etiqueta de identificación? Si      No				
Contiene la etiqueta todos los datos completos del RP? Si      No				
Esta el recipiente lleno por debajo del 75 % de su capacidad? Si      No				
Entrego (Nombre y firma)				
Recibió (Nombre y firma)				

**Figura 10.** Propuesta de formato de entrega de residuos peligrosos.

---

Una vez que se realiza la RIRP se deben conjuntar todos los formatos e integrar un solo libro, la Bitácora de Recolección "Interna de RP. Será responsabilidad del comité realizar un resumen de todos los residuos recibidos a manera de informe mensual e integrarlo a la Bitácora

### **7.6. Almacén temporal de RP.**

El reglamento de la LGPGIR define como almacenamiento de residuos peligrosos, a la acción de retener temporalmente los residuos peligrosos en áreas que cumplen con las condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para evitar su liberación, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se les aplica un tratamiento, se transportan o se dispone finalmente de ellos.

De acuerdo con la definición anterior dicho reglamento en su artículo 82 establece los siguientes criterios para áreas cerradas destinadas al almacenamiento temporal de RP de pequeños y grandes generadores.

- Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;
- Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;
- Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretilas de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados;
- Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño;
- Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia;
- Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados;
- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles;
- El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y
- La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.
- No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida;
- Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables;

- 
- Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada, debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora;
  - Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión, y
  - No rebasar la capacidad instalada del almacén.

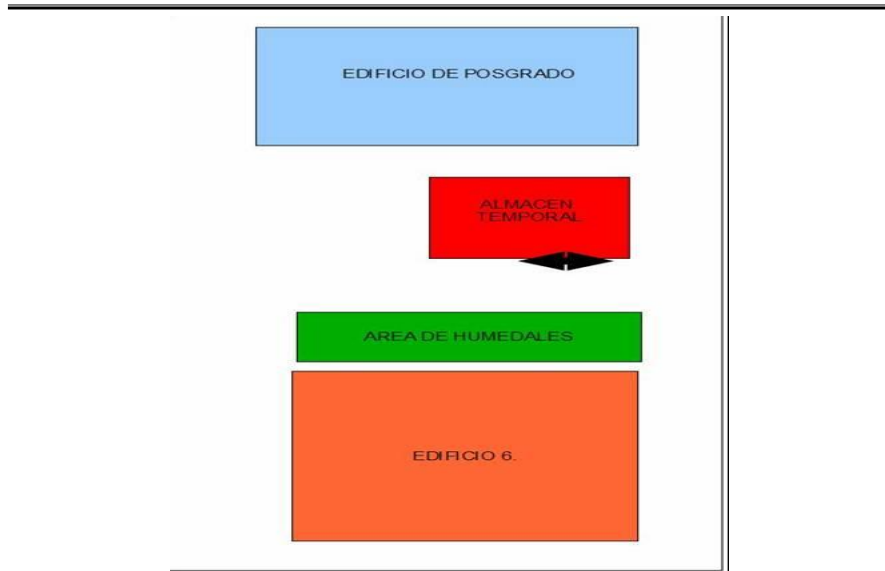
Todas estas especificaciones son básicas para garantizar el adecuado funcionamiento del almacén temporal de RP y minimizar el riesgo de incidentes, fugas o derrames.

Ahora que ya se estableció como deber ser un almacén temporal se pretende describir ampliamente como es el almacén temporal del CIMAV y su funcionamiento (Figura 11).



**Figura 11.** Edificio del almacén temporal de residuos peligrosos.

El almacén de RP del CIMAV se encuentra ubicado en un edificio localizado a un costado del edificio de posgrado, existe un separación aproximada de 5 metros entre un edificio y otro (Figura 12).



**Figura 12.** Esquema de ubicación del almacén temporal de residuos peligrosos.

En la siguiente fotografía (Figura 13) se aprecia el edificio de posgrado (color azul) y la parte lateral del edificio donde se localiza el almacén.



**Figura 13.** Límite lateral izquierdo del edificio del almacén temporal de RP.

Enfrente del almacén se encuentra el área destinada para pruebas de humedales. La separación entre esta área y el almacén es de 7 metros (Figura 14).



**Figura 14.** Área de experimentación de humedales.

Existe también un depósito de gas inflamable ubicado en el exterior del edificio 6 a unos 15 m del almacén temporal de RP (Figura 15).



**Figura 15.** Depósito de gas inflamable.

Como se puede apreciar la separación entre el edificio del almacén temporal de RP y las áreas comunes de trabajo es mínima. Esta situación incrementa el riesgo hacia el personal y alumnos del centro.

También existe un tanque de gas de tipo estacionario colocado en un costado del edificio de posgrado que colinda con la parte posterior del almacén (Figura 16). En el caso de presentarse una explosión o incendio dentro del almacén, el calor y las llamas alcanzarían fácilmente el tanque de gas provocando una explosión de grandes magnitudes que incluso podría ocasionar daños en los edificios contiguos y lo más preocupante es la liberación de sustancias y vapores tóxicos.

Es necesario describir las magnitudes que podría alcanzar un incidente de este tipo porque en cuestiones de protección y seguridad del medio ambiente y la salud se requiere prevenir, ir más allá de lo que aparente para prevenir alguna tragedia.





**Figura 16.** Tanque estacionario de gas atrás del almacén de RP.

El edificio esta construidos de block pero se desconoce si la pintura del interior es inflamable o no.  
En el interior del edificio se puede observar 4 áreas y un pasillo principal (Figura 17).



**Figura 17.** Interior del edificio del almacén temporal.

Únicamente una de estas áreas esta destinada como almacén temporal de RP. Es un área de 4 metros de largo por 2.5 metros de ancho. Dentro de este pequeño espacio es donde se almacenan los RP correspondientes a todo un año (Aun y cuando la LGPGIR establece que el periodo máximo de almacenamiento de los RP en la fuente sera de 6 meses). Se tiene dividido el espacio en 4 áreas con sus respectivos anaqueles cada una: riesgos a la salud, riesgo de inflamabilidad, riesgo de reactividad y riesgos especiales (Figura 18).



Figura 18. Interior del almacén de residuos peligrosos. (Vista 1).



Figura 19. Interior del almacén de residuos peligrosos. (Vista 2).

Las dimensiones del almacén destinado para RP es insuficiente ya que en una visita realizada el día miércoles 12 de mayo del 2010, el pasillo ya se encuentra obstruido por garrafones con RP, se pudo contar 49 garrafones de 20 L cada uno colocados en el piso y solo corresponden a la cantidad de RP generados en un semestre (Figura 20).

Eliminado: 1



Figura 20. Almacén temporal de residuos peligrosos saturado.

---

Para solucionar esta situación deberán destinarse las cuatro áreas con que cuenta el inmueble únicamente para almacenamiento de RP, ya que no solamente es insuficiente el espacio actual sino que existe un riesgo elevado al almacenar otras sustancias en las áreas restantes que pudieran mezclarse con los RP en caso de un derrame y provocar la generación de sustancias mas toxicas o incluso una explosión.

Durante la inspección al almacén se observo 2 tambos y un bote colocados en el pasillo del edificio (IFiguras 21, 22 y 23). Cabe señalar que estos recipientes contienen reactivos y no residuos. Tal como lo indica la etiqueta de estos recipientes los líquidos contenidos son inflamables.



Figura 21. Tambos de reactivos en edificio de almacén temporal de RP.



Figura 22. Etiqueta de reactivo contenido en tambo.



Figura 23. Etiqueta de cubeta de reactivo .

Una vez que todo el edificio se destine a almacén de RP la distribución deberá quedar de la siguiente manera:

- 1) AREA DE RESIDUOS SOLIDOS, DE MANEJO ESPECIAL Y TOXICOS.
- 2) AREA DE RESIDUOS ACIDOS.
- 3) AREA DE RESIDUOS INFLAMABLES.
- 4) AREA DE RESIDUOS REACTIVOS.

Se requiere destinar toda un área para el almacenamiento de residuos ácidos ya que son los que se generan en mayor volumen.

El almacén no cuenta con canaletas para la recolección de lixiviados ni con alguna pendiente. En realidad el almacén cuenta con una rejilla ubicada en el piso del mismo y cuyo destino es el drenaje. Esta rejilla deberá ser desviada del drenaje hacia una fosa para colectar lixiviados (Figura 24).



Figura 24. Rejilla de desagüe en almacén de residuos peligrosos.

El almacén no cuenta con ninguna infraestructura que permita colectar los lixiviados o derrames.

---

La fosa de retención necesaria para la colecta de lixiviados y derrames deberá ser de al menos 20 litros por ser este el recipiente de mayor volumen.

Deberán de construirse también canales en todo el perímetro de cada área de almacenamiento o modificar la pendiente para el flujo de los lixiviados.

La iluminación si es a prueba de explosión pero el foco ubicado en el almacén no enciende. Es necesario verificar que las protecciones para explosión se encuentren en optimas condiciones. El resto de la iluminación si esta funcionando. Existe un extinguidor de incendios dentro del edificio, sin embargo este extinguidor fue cargado por ultima vez en el año 2005. Hay que verificar el adecuado funcionamiento de los extinguidores al menos cada 6 meses y recargarlos por lo menos una vez al año (Figuras 25 y 26).



Figura 25. Área de extinguidor.



Figura 26. Etiqueta d extinguidor en el almacén de RP.

En el pasillo central se ubica una regadera cuyo desagüe va hacia el drenaje (Figura 27).



**Figura 27.** Regadera del almacén temporal de RP.

En la inspección realizada se procedió a abrir la regadera pero ya no fue posible cerrarla. La regadera debe estar en perfectas condiciones para cuando se requiera su uso. El desagüe de la regadera se encontraba tapado y provoco una inundación que llego hasta el almacén de RP. Debido a que algunos recipientes de RP se encontraban en el piso el agua arrastro cualquier resto de residuos que pudiera haber quedado en el exterior de los recipientes (Figuras 28 y 29). Además cabe señalar que como no se realiza una limpieza frecuente del lugar, todos los restos de RP que se encontraban en el piso también fueron arrastrados hacia el agua que fue a parar al drenaje.



**Figura 28.** Desagüe de regadera tapado.



**Figura 29.** Arrastre de residuos por inundación.

El desagüe de la regadera deberá mantenerse siempre funcionando para evitar inundaciones y además también deberá dirigirse el flujo hacia la fosa de retención. No existe un sistema de ventilación artificial. Solamente se encuentra una rejilla en el fondo del almacén de RP para la entrada de aire. Se recomienda la instalación de un sistema artificial de ventilación que además de evitar el enciameamiento del aire dentro del almacén favorecerá el control de la temperatura dentro del mismo. Esto es importante porque la mayoría de los compuestos químicos no deben de almacenarse a temperaturas superiores a los 30 C y el clima aquí en Chihuahua fácilmente supera esta temperatura durante el verano.

Dentro del almacén o del edificio no hay material absorbente que pueda ser empleado en el caso de un derrame ni tampoco algún polvo para neutralizar residuos.

El almacén de RP no cuenta con ninguna señalización. La puerta del almacén no tiene ningún anuncio o aviso. Ni tampoco el edificio tiene alguna señalización. Se debe colocar un anuncio con la frase "ALMACEN TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSO" y algunas leyendas de advertencia para que las personas tomen sus debidas precauciones como "USO OBLIGATORIO DE BATA Y GUANTES". Resultaría muy costoso construir un almacén temporal para RP para el CIMAV, sin embargo es posible realizar las modificaciones correspondientes para la adecuación del área ya existente, estas modificaciones están contenidas dentro del plan de manejo.

Muchas de las fallas detectadas en el almacén fueron debidas a la falta de mantenimiento de la infraestructura. El comité puede realizar inspecciones semanales para garantizar que todo funcione adecuadamente o en su caso solicitar las reparaciones correspondientes.

### **7.7. Entrega de residuos peligroso para disposición final.**

Desde la creación del programa de recolección interna el CIMAV contrata una empresa para que se encargue de dar disposición final a sus residuos.

---

Dentro del CIMAV no se realiza ningún tipo de tratamiento o reciclaje de RP, aun y cuando es posible tratar algunos RP in situ. Algunas de las técnicas disponibles para el tratamiento de RP se describen en el plan de manejo.

La empresa contratada para este fin es RESESA. Esta empresa esta autorizada por la SEMARNAT para prestar este tipo de servicios.

RESESA acude al CIMAV recoge los residuos peligrosos, los transporta hacia su almacén donde son segregados de acuerdo a su valorización comercial o posibilidad de reuso y los residuos restantes son enviados a confinamiento controlado.

Como ya se había mencionado con anterioridad el CIMAV realiza la entrega de residuos peligrosos una vez por año (por lo general en Diciembre). Esta practica esta fuera de la ley. EL centro deberá comenzar a realizar sus entregas cada 6 meses a menos que solicite una prorroga ante la SEMARNAT.

Al ser RESESA una empresa con sus respectivas autorizaciones aquí termina la responsabilidad del CIMAV por los residuos peligrosos que genera.

#### **7.8. Capacitación del personal.**

Durante la realización de las encuestas se observo que existe mucha desinformación así como desinterés acerca de los temas de manejo de RP en el personal del centro.

Resultado muy complicado la realización de las encuestas ya que en muchos de los casos no hubo respuesta alguna por parte de los técnicos de los laboratorios. Por esta razón solo se obtuvieron encuestas de 37 laboratorios de 54 que hay en el CIMAV.

El 51.3 % de los encuestados no conocen alguna clasificación de residuos.

Solamente el 8.1 % de los encuestados conocen los conceptos básicos de la LGPGIR, el 29.8 % ha escuchado de ella y el resto desconocen su existencia.

Es imposible clasificar los residuos si ni siquiera tienen el conocimiento acerca de como se clasifican los residuos.

Es indispensable capacitar continuamente al personal para evitar incidentes debidos al mal manejo de los RP.

La capacitación se puede realizar a través de seminarios haciendo inca pie que no solo se ve comprometido el medio ambiente con las malas practicas de manejo de RP sino que también la salud personal se pude ver comprometida.

La propuesta de manual de manejo (Anexo B) contiene los conceptos básicos y los procedimientos para las prácticas seguras dentro del laboratorio. Este manual



---

puede servir de guía para el técnico de laboratorio durante la realización de sus actividades.

### **7.9. Reestructuración de Comité de Residuos Peligrosos.**

El primer punto a modificar será el nombre ya que actualmente se denomina comité de Recolección Interna de Residuos Peligrosos; sin embargo el objetivo del comité no será recolectar solamente sino manejar los RP. De ahí que el comité deberá llamarse comité de Manejo de Residuos Peligrosos.

EL Comité de Recolección de Residuos Peligrosos esta conformado por personal del CIMAV comprometido con el medio ambiente que dedican parte de su tiempo para llevar a cabo las recolecciones y almacenamiento de RP.

Sin embargo, por ser esta una actividad extra de cada uno de estos miembros el tiempo que pueden invertirle a esta actividad en contraste con la cantidad de tareas que se deben realizar resulta insuficiente.

Tomando el ejemplo de otras universidades como la Universidad de Rhode Island (USA), la Universidad de Concepción (Chile) o la Universidad de Almería (España); se debe establecer un departamento dedicado exclusivamente a la gestión de los residuos (tanto peligrosos como no peligrosos) en el CIMAV.

En estas universidades existe un comité o comisión que se encarga de la gestión de residuos. Existe una persona al frente de este comité que se encarga de dirigir todas las actividades.

La normatividad en México no obliga a los generadores a tener un área determinada para el manejo de residuos peligrosos. Ni a que exista una persona que se responsabilice por el adecuado manejo de los mismos aparte del responsable legal de la empresa. En el caso de microgeneradores puede ser que no resulte factible crear un departamento para manejar los residuos peligrosos, pero si debería ser obligatorio solicitar asesoría de algún experto en residuos. Pero en el caso de pequeños y grandes generadores no solo es factible hacerlo sino que es indispensable la creación de esta área debido al volumen de generación

El tener un departamento o comité encargado únicamente del manejo de residuos favorece el adecuado desarrollo de esta actividad.

Para garantizar un buen desempeño del comité es necesario designar un coordinador de comité. Quien se encargara de organizar las actividades que a manejo de RP se refieran. La responsabilidad de manejar adecuadamente los RP recaerá directamente sobre el. Dentro de sus actividades se pueden mencionar:

- Realizar las pruebas correspondientes para determinar la factibilidad de los tratamientos de RP in situ.

- 
- Capacitar a los miembros del comité y a los responsables de cada laboratorio mediante seminarios.
  - Organizar y vigilar la ejecución de las recolecciones internas de RP.
  - Administrar la entrega de recipientes y etiquetas para RP.
  - Hacer las solicitudes para las compras de recipientes y etiquetas de acuerdo a las necesidades del centro.
  - Elaborar los resúmenes mensuales de las recolecciones internas para integrarlos a la Bitácora
  - Elaborar los reportes anuales de generación para presentarlo a la SEMARNAT.
  - Supervisar las obras de adecuación del almacén temporal.
  - Realizar inspecciones continuas al almacén temporal para verificar que toda la infraestructura este en optimas condiciones.
  - Organizar reuniones semestrales con el comité para realizar evaluaciones al desempeño y revisar que el plan de manejo sea adecuado para las necesidades del centro.
  - Realizar las modificaciones necesarias al Plan de Manejo.