



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS  
AMBIENTALES

# GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y DE ENERGÍA CASO DE ESTUDIO: HOSPITAL REGIONAL DE CONCEPCIÓN DR. GUILLERMO GRANT BENAVENTE



Habilitación para optar al título de  
**Ingeniero Ambiental**

**BENJAMÍN MUÑOZ ROSENBERG.**

Profesora Guía: Dra. Patricia González Sánchez.

Profesora Co-guía: Dra. Yannay Casas Ledón

Concepción, Chile

2019



**Gestión de residuos sólidos y energía. Caso de estudio: Hospital Clínico Regional  
"Dr. Guillermo Gran Benavente"**

**PROFESOR GUÍA:** Dra. Patricia González Sánchez  
**PROFESOR CO - GUÍA:** Dra. Yannay Casas Ledón  
**PROFESOR COMISIÓN:** Dr. Oscar Parra Barrientos

**CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA**

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima ( En Escala de 5,7 a 7,0)

**Concepción, Junio 2019**



100 AÑOS  
DE  
DESARROLLO  
LIBRE DEL  
ESPIRITU

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1.	Objetivos .....	2
1.1.1.	Objetivo general.....	2
1.1.2.	Objetivos específicos. ....	2
<b>2.</b>	<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
2.1.	Residuos Sólidos.....	3
2.1.1.	Gestión de residuos sólidos en el mundo.....	4
2.2.	Residuos de establecimiento de atención de la salud.....	6
2.3.	Residuos de establecimiento de atención de la salud en Chile.....	8
2.3.1.	Gestión de REAS en Chile.....	12
2.3.2.	Sistemas de tratamiento y disposición de REAS en Chile.....	14
2.4.	Herramientas de gestión de residuos sólidos y de energía.....	15
2.4.1.	Escenario actual de la gestión de REAS y de energía en Chile..	15
2.4.2.	Herramientas de gestión en hospitales Chilenos.....	16
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
3.1.	Descripción del área de estudio.....	20
3.2.	Caracterización de la gestión actual de REAS y de la energía consumida en el HGGB.....	21
3.2.1.	Levantamiento de información .....	22
3.3.	Identificación de brechas en la gestión actual de REAS y de energía en el HGGB.....	27
3.4.	Propuestas de medidas correctivas para la superación de brechas en la gestión actual de REAS y de energía.....	28
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
4.1.	Caracterización de la Gestión actual de REAS y energía en el HGGB.....	29
4.1.1.	Generación de REAS.....	29
4.1.2.	Gestión de REAS .....	39

4.1.3.	Gestión energética .....	49
4.1.4.	Costos por gestión de REAS y Energía.....	58
4.2.	Identificación de brechas en la gestión actual de REAS y de energía en el HGGB.....	63
4.2.1.	Gestión de REAS. ....	63
4.2.2.	Gestión energética. ....	68
4.3.	Propuesta de medidas correctivas para la superación de brechas en la gestión de REAS y de energía en el HGGB. ....	69
4.3.1.	Gestión de REAS .....	69
4.3.2.	Gestión energética.....	75
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>79</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>79</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>85</b>

### Índice de tablas

Tabla 1: Resumen de la gestión de REAS en países del mundo. ....	7
Tabla 2: Generación de REAS en el CASR, HCM y hospitales de altos ingresos. ....	11
Tabla 3: Cartera de servicios del HGGB. ....	21
Tabla 4: Generación promedio anual de REAS Total, por cama y por tipología de residuo, en el HGGB.....	30
Tabla 5: Sistemas de iluminación y climatización del hospital del año 2015. ....	51
Tabla 6: Indicadores de consumo energéticos.....	54
Tabla 7: Resumen de costos por residuo e indicador en el 2017. ....	58
Tabla 8: Resumen de los costos y unidades de energía consumida promedio entre el 2012-2018 en el HGGB.....	60
Tabla 9: Inconformidades resultante de la auditoria del D.S. N°6 del 2009, para el de manejo de REAS. ....	64
Tabla 10: Brechas identificadas en sistemas de iluminación y de climatización. ....	69
Tabla 11: Resumen de medidas correctivas para el cumplimiento del D.S. N°6 del 2009. ....	70
Tabla 12: Resumen de medidas correctivas para la superación de brechas en los sistemas de iluminación y climatización.....	77

## Índice de Figuras

Figura 1: Jerarquía de los objetivos de la gestión de residuos. ....	4
Figura 2: Clasificación por tipología de residuo. ....	9
Figura 3: Generación en toneladas totales al año de REAS generados en Chile, entre el 2000 al 2009. ....	11
Figura 4: Gestión por tipología de REAS en Chile. ....	13
Figura 5: organización de Atención terciaria. ....	15
Figura 6: Ciclo de Deming. ....	17
Figura 7: Diagrama de bloques de la metodología por objetivo específico. ....	19
Figura 8: Equipo de trabajo. ....	24
Figura 9: Selección de bolsas según tipo de contenedor. ....	24
Figura 10: Promedio de composición de REAS, según tipología de peligrosidad, en los años 2015-2018. ....	29
Figura 11: Generación de REAS promedio por camas ocupadas al año y su tendencia, entre el 2011-2018. ....	31
Figura 12: Generación histórica por tipología y porcentaje de ocupación. ....	32
Figura 13: Generación de residuos asimilables por distintos servicios del HGGB, 2017. ....	33
Figura 14: Generación de residuos especiales por distintos servicios del HGGB, 2017. ....	34
Figura 15: Generación de residuos Peligrosos por distintos servicios del HGGB, 2017. ....	36
Figura 16: Composición de los residuos asimilables a domiciliarios según muestreo realizado. ....	37
Figura 17: Residuos plásticos encontrados en el HGGB. ....	38
Figura 18: Composición de residuos asimilables a domiciliarios con su desviación estándar. ....	38
Figura 19: Diagrama de bloques de la gestión de REAS del HGGB. ....	40
Figura 20: Bolsas utilizadas para la segregación de REAS. ....	41
Figura 21: Bodega interna de acopio transitorio de residuos especiales y asimilables a domiciliarios. ....	43
Figura 22: Bodega interna de acopio transitorio de residuos peligrosos y especiales. ....	43
Figura 23: Bodega interna de acopio transitorio de residuos radiactivos. ....	43
Figura 24: Bodegas de almacenamiento transitorio de residuos peligrosos y especiales respectivamente. ....	45
Figura 25: Espacio de acopio de residuos asimilables a domiciliarios y contenedores utilizados. ....	45
Figura 26: Diagrama de bloques que resume el almacenamiento secundario y transitorio. ....	46
Figura 27: Disposición de REAS en el HGGB. ....	48
Figura 28: Consumo mensual promedio eléctrico y térmico, 2012-2018. ....	50
Figura 29: Consumo de energía por sistema de consumo, 2015. ....	51

Figura 30: Consumo energético mensual promedio por cama y superficie construida respectivamente, 2012-2018. ....	53
Figura 31: Consumo energético promedio anual por servicio y superficie construida, 2015. ....	55
Figura 32: Costos total mensual por disposición de REAS por tipología. ....	57
Figura 33: Representación de los costos por disposición de REAS, 2017. ....	57
Figura 34: Costo promedio mensual por kilogramo y por tipología de REAS a disponer, 2017. ....	59
Figura 35: Representación de los costos por consumo energético promedio entre el 2012-2018. ....	60
Figura 36: Costos promedio mensual por unidad de energía, 2012-2018. ....	61
Figura 37: Costo mensual de energía consumida por superficie construida promedio entre el 2012-2018. ....	62
Figura 38: Diagrama resumen de implementación de ISO 50.001 .....	76



## **RESUMEN**

El Hospital Regional de Concepción Dr. Guillermo Grant Benavente es uno de los centros de atención de salud más relevante a nivel nacional, el cual debido a su magnitud posee una gran generación de residuos sólidos y demanda energética que implican altos costos económicos, impactos ambientales y sociales, debido a esto, el presente estudio indaga sobre posibles mejoras en la gestión de residuos sólidos y de energía en el hospital.

Para cumplir con este objetivo, en primer lugar se realizó una caracterización de los actuales sistemas de gestión de residuos sólidos y de energía en el hospital a través de un levantamiento de información que considero fuentes de información primaria y, un muestreo de residuos asimilables que tuvo duración de dos semanas y genero una muestra de la composición de 120 bolsas.

Seguidamente se realizó la identificación de brechas en ambos sistemas de gestión a través de una auditoria de cumplimiento del D.S N°6 del 2009 y la comparación entre el programa de eficiencia energética del hospital del 2015 y la guía de eficiencia energética para establecimientos de atención de la salud del 2012 ambas elaboradas por la AChEE. Las principales brechas identificadas en la gestión de residuos sólidos y de energía están relacionadas respectivamente a las condiciones de almacenamiento interno y la utilización de tecnologías ineficientes, además, de la ausencia de sistemas de gestión.

Finalmente, a través de la caracterización y la identificación de brechas se propusieron medidas correctivas basadas en la revisión bibliográfica, considerando como principal medida correctiva la mejora del plan de manejo de REAS a través de un plan de gestión integral de residuos y la implementación de la norma ISO 50.001 sobre gestión energética, que permitirían el cumplimiento de normativas, mejor desempeño ambiental y la disminución de costos económicos a través de un enfoque sustentable y de mejora continua.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Chile, la población atendida en establecimientos hospitalarios se ha incrementado en los últimos años (Garrido, 2016), al igual que su generación de residuos sólidos y demanda energética, lo cual ha tenido consecuencias ambientales, económicas y sociales (Vaccari et al., 2017).

Además, los residuos de establecimiento de atención de la salud (REAS) resultan ser potencialmente peligrosos por su capacidad infecciosa es por esto que deben ser apropiadamente gestionados (Steen y Su-Ling, 2015). En ese sentido el D.S. N°6 del 2009 del Ministerio de Salud establece las condiciones para la gestión de REAS desde la generación hasta su disposición final con el objetivo de minimizar los riesgos asociados a estos.

Por otro lado en la actualidad existen múltiples alternativas que permiten mejorar la gestión de REAS y de energía más allá del cumplimiento normativo obteniendo progresos en aspectos económicos, ambientales y sociales, a través de cambios organizacionales y tecnológicos.

No obstante lo anterior debido a que la principal preocupación de los hospitales es el perfeccionamiento de la atención de pacientes se le resta importancia a la gestión de residuos sólidos y de energía (Vivar, 2012).

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la gestión de residuos sólidos y de energía en el Hospital Clínico Guillermo Grant Benavente (HGGB) para proponer medidas correctivas respecto a las brechas identificadas considerando un enfoque sustentable.

## 1.2. Pregunta de investigación.

¿Existen medidas correctivas que permitan la mejora en los actuales sistemas de gestión de residuos sólidos y de energía en el Hospital Clínico Regional de Concepción Dr. Guillermo Grant Benavente?

### 1.1. Objetivos

#### 1.1.1. Objetivo general.

Diagnosticar los actuales sistemas de gestión de los residuos sólidos y de energía consumida en el Hospital Clínico Dr. Guillermo Grant Benavente y proponer medidas correctivas para la superación de brechas encontradas.

#### 1.1.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar la gestión actual de los residuos sólidos y de energía en el Hospital Clínico Dr. Guillermo Grant Benavente.
- Identificar brechas en la gestión actual de los residuos sólidos y de energía en el Hospital Clínico Dr. Guillermo Grant Benavente.
- Proponer medidas correctivas para la superación de brechas encontradas en la gestión actual de los residuos sólidos y de energía en el Hospital Clínico Dr. Guillermo Grant Benavente.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Residuos Sólidos.

A nivel mundial, se producen 2 billones de toneladas de residuos sólidos al año<sup>1</sup>, y se espera que la cifra aumente en un 70% para el 2050 (Kaza et al., 2018), demandando nuevas políticas para la disposición de residuos.

Según la plataforma online Waste atlas (2013) Chile es el tercer mayor generador de residuos sólidos a nivel latinoamericano con una generación per cápita promedio de 468 kg al año (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, 2018), donde la media latinoamericana es de 350 kg/per cápita. Además, el nivel de generación de residuos es comparable con la de países desarrollados como; España (449 kg per cápita), Suecia (462 kg per cápita), Reino Unido (482 kg per cápita), entre otros países.

La alta generación de residuos en conjunto con una mala gestión, genera problemas ambientales, tales como el escurrimiento de lixiviados o la emisión de gases de efecto invernadero, junto con altos costos económicos asociados a la disposición, transporte y tratamiento y disminución de la calidad de vida (Khandelwal et al., 2019). Por esto, se vuelve necesario para cada país, establecer políticas para mitigar y controlar los impactos y asegurar la salud de la población, a través de guías y normativas para una correcta manipulación y gestión durante todo el ciclo de vida de los residuos, desde la generación hasta su disposición final (Allesch y Brunner, 2014).

---

<sup>1</sup> Se define como Residuo sólido, cualquier sustancia, elemento u objeto, cuyo generador se propone eliminar o debe eliminar (D.S. N°189, 2005).

### 2.1.1. Gestión de residuos sólidos en el mundo.

Como ya se mencionó, la gestión de residuos sólidos se ha convertido en un tema de gran importancia a nivel internacional, ya que una mala gestión tiene consecuencias económicas, ambientales y sociales de gran impacto (Steen y Su-Ling, 2015). Actualmente, los países desarrollados y en vías de desarrollo plantean la gestión desde una visión preventiva. De esta forma, se propone la minimización como primer objetivo evitando la generación de residuos y como último objetivo la disposición en rellenos sanitarios (Allesch y Brunner, 2014).

En la Figura 1 se muestra la jerarquización para la gestión de los residuos sólidos propuesta por la Comisión Europea. Este modelo surge debido a la necesidad de disminuir las desventajas ambientales, económicas y sociales de la disposición en rellenos sanitarios y vertederos (Malinauskaite, 2017).



**Figura 1: Jerarquía de los objetivos de la gestión de residuos.**

**Fuente.** Allesch y Brunner, (2014).

A pesar de lo anterior, se estima que el 70% de los residuos sólidos generados a nivel mundial son dispuestos sin ningún tipo de valorización y, además, el 33% de estos termina en vertederos sin ningún control ni método preventivo, (Kaza, 2018).

Sin embargo países como Austria, Noruega, Japón, entre otros, gestionan sus residuos sólidos considerando la valorización, como el reciclaje o la recuperación energética para disminuir la cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios y obtener provecho de estos, como energía eléctrica o energía térmica. Para ejemplificar, En Noruega los últimos diez años se han tratado 1,8 millones de toneladas de residuos sólidos municipales generando un total de 3800 GWh de energía térmica en su mayoría, la que se distribuye en casas de acogida, empresas productoras de papel, farmacéuticas, entre otras, además, plantas como Forus que abastece a Stavanger en Noruega generan opcionalmente energía térmica en los meses de invierno y energía eléctrica en verano para mayor beneficio (Themelis et al., 2016).

Por otro lado en Chile, el Código Sanitario decreto de fuerza de Ley N.º 725/67 del ministerio de salud fija las condiciones básicas que deben tomarse en cuenta para asegurar la salud y el bienestar de la comunidad. Además establece que los municipios han de realizar las actividades de recolección, transporte y disposición en conjunto con empresas autorizadas, las cuales deben cumplir con el reglamento correspondiente, que dependerá del origen y características de los residuos (DLF N°725, 1986).

Habitualmente, los residuos son divididos en dos grandes clasificaciones, residuos peligrosos y no peligrosos.

- Residuos no peligrosos, son aquellos que no presentan ninguna característica de peligrosidad que pueda afectar la salud o el bienestar de

la comunidad ni el medio ambiente. Estos son regulados en Chile por el D.S. 594/2008 del ministerio de salud.

- Residuos peligrosos, en Chile son regulados por el D.S. 148/2005 del ministerio de salud, el que los define como todos aquellos que presentan características de peligrosidad (Toxicidad, inflamabilidad, reactividad y corrosividad), o su generación sea debido algún proceso estipulado en el artículo 18 de la normativa nombrada, como por ejemplo residuos que provengan de la atención hospitalaria.

## 2.2. Residuos de establecimiento de atención de la salud.

Los residuos de establecimiento de atención de la salud (REAS) son todos los desechos generados por los centros de atención de salud, estos generalmente son clasificados en residuos domiciliarios, residuos peligrosos y residuos especiales o infecciosos, siendo estos últimos residuos patológicos, residuos farmacéuticos, residuos químicos y residuos citostáticos (Kaisar et al., 2006).

Con respecto a la generación de los residuos de establecimientos de atención de la salud (REAS) se ha estimado que esta varía según el nivel de ingresos de un país, sin embargo, la composición de los REAS se ha definido a nivel mundial donde entre el 75-90% corresponden a residuos domiciliarios, entre un 10-20% a residuos infecciosos y 5-10% a residuos peligrosos (Taghipour y Mosaferi, 2009).

Países de todo el mundo han instaurado normativas para que la gestión de los REAS se realice de manera segura, a modo de ejemplo la Tabla 1 recopila normativas vigentes para la gestión de REAS en algunos países, una descripción resumida de la normativa y las principales especificaciones, tales como las tasas de generación y los costos de disposición para residuos especiales convertidos a pesos Chilenos (CLP\$).

Cabe destacar que todos los países estudiados poseen normativa para la manipulación de los REAS, no obstante, se ha demostrado que los servicios de salud en algunos países en vía desarrollo, como Brasil poseen bajo cumplimiento de la normativa, debido a la falta de capacitación y recursos económicos (Maniero y Risso, 2016). En el caso de Chile el nivel de cumplimiento de la normativa es desconocido, no obstante, todos los recintos hospitalarios que generen sobre una tonelada de residuos especiales se ven obligados a realizar un plan de manejo de REAS, que mediante la aprobación del ministerio de salud se asegura la correcta gestión de los residuos (D.S N°6, 2009)

**Tabla 1:** Resumen de la gestión de REAS en países del mundo.

País	Normativa aplicable	Descripción de la normativa	Generación (kg/cama*día)	Costo (Clp\$/kg)
Estados Unidos	Ley de Seguimiento de Residuos Médicos, 1988.	Enfocada en la clasificación, manipulación, transporte y disposición, además establece sanciones penales en caso de incumplimiento.	10,7 <sup>a</sup>	2610 <sup>b</sup>
Noruega	Reglamento de Residuos, 2004.	Enfocada en la clasificación, manipulación, transporte y disposición final, reutilización o incineración con recuperación energética es obligatorio.	3,9 <sup>a</sup>	-
Reino unido	Ley de protección ambiental, 1990.	Enfocada en el cumplimiento de las exigencias de la comisión europea mediante enfoque preventivo, provee de una licencia para la gestión de residuos y establece sanciones penales por el incumplimiento de esta licencia.	3,3 <sup>a</sup>	421 <sup>d</sup>
Brasil	Política Nacional de Residuos Sólidos en 2010.	Enfocada en la eliminación segura de los REAS, obligando a los recintos hospitalarios la realización de un plan de gestión de residuos de servicio de salud, considerando la clasificación, manipulación,	3,2 <sup>a</sup>	707 <sup>f</sup>

		transporte y disposición final.		
Chile	Reglamento sobre manejo de residuos de establecimientos de atención de salud, 2009.	Enfocada en la disposición segura de los REAS, establece el procedimiento para realizar la clasificación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final mediante un plan de manejo de REAS, el no cumplimiento del reglamento implica sanciones realizadas por el servicio de salud.	2,6 <sup>c</sup>	1176 <sup>e</sup>

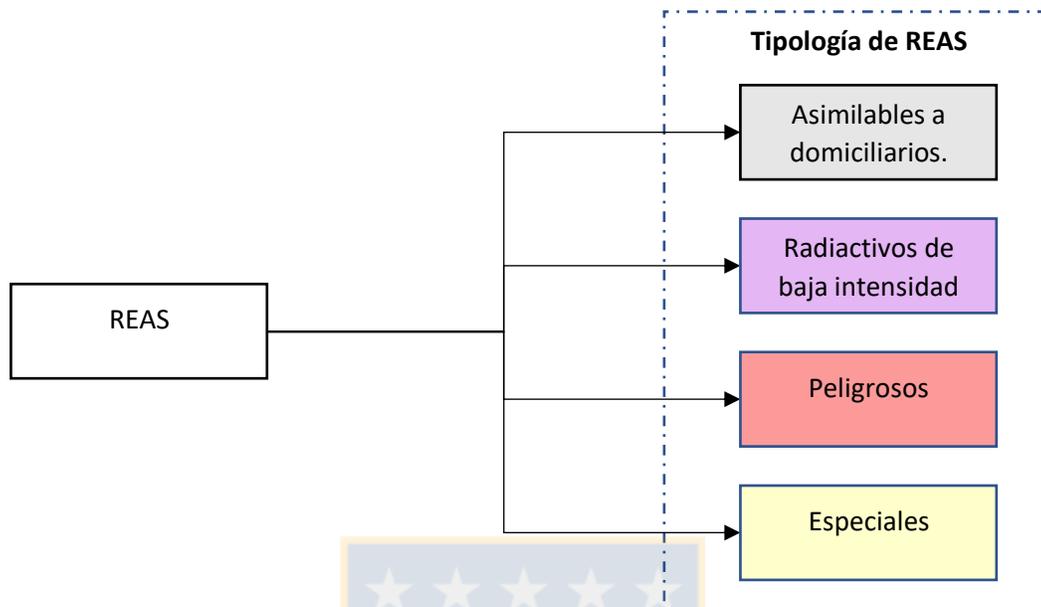
Fuente: <sup>a</sup> Steen y Su-ling (2015); <sup>b</sup> Lee et al., (2004); <sup>c</sup> Erazo, (2007); Chávez (2013); <sup>d</sup>Gallagher, (2018); <sup>e</sup> Garrido (2016), <sup>f</sup> Dias, (2016)

Además, se observa que Chile tendría uno de los costos por disposición más alto, posiblemente debido a la baja disponibilidad de empresas dedicadas a ofrecer este servicio y la distancia que deben ser transportados los residuos para su tratamiento y disposición final (Garrido, 2016).

### 2.3. Residuos de establecimiento de atención de la salud en Chile.

En Chile, los residuos de establecimiento de atención de la salud denominados REAS, son definidos según el D.S. N°6 (2009) establecido por el MINSAL como “Sustancias, elementos u objetos que un establecimiento asistencial en los que se diagnostica, trata, rehabilita o inmuniza a seres humanos, elimina, se propone eliminar o debe eliminar”.

Según la normativa en Chile los REAS son clasificados en 4 tipologías de residuos, lo cuales se muestran en la Figura 2, donde a cada tipología se le designa un color establecido en el reglamento mencionado anteriormente.



**Figura 2: Clasificación por tipología de residuo.**

Las características de cada residuo se detallan a continuación:

- Residuos peligrosos están definidos como aquellos que presentan una o más características de peligrosidad definidas en el decreto supremo N.º 148 del 2003 establecido por el MINSAL, tales como toxicidad aguda, crónica e extrínseca, inflamabilidad, reactividad y corrosividad.

Dentro de un establecimiento de atención de la salud es posible encontrar residuos peligrosos, tales como; drogas citostáticas, solventes orgánicos no halogenados, solventes orgánicos halogenados, metales pesados, sustancias inorgánicas peligrosas, entre otros (Hospital Guillermo Grant Benavente Concepción, 2018).

- Residuos especiales son aquellos que puedan contener agentes patógenos en concentración o cantidades suficientes para causar enfermedad a un huésped susceptible (Dto. N°6, 2009).

En esta categoría se incluyen los siguientes: Cultivos y muestras almacenadas, residuos de la producción de material biológico, residuos

- patológicos, sangre y productos derivados incluyendo el plasma, el suero y demás componentes sanguíneos y elementos tales como gasas y algodones saturados con éstos, corto-punzantes, residuos de animales (Dto. N°6, 2009).
- Residuos radiactivos de baja intensidad, son aquellos constituyentes o que están contaminados por sustancias radiactivas, cuya actividad específica luego de su almacenamiento, ha alcanzado un nivel inferior a 74 becquerels por gramo o a dos milésimas de microcurio por gramo.
  - Residuos sólidos asimilables a domiciliarios, son todos aquellos que por sus características físicas, químicas o microbiológicas pueden ser dispuestos en relleno sanitarios aprobados por la autoridad sanitaria.

En esta categoría se encuentran: residuos de servicio de alimentos, material de limpieza de pasillo, salas y dependencias de enfermos, papeles y materiales de oficina y materiales absorbentes, tales como gasas y algodones no saturados con sangre y sus derivados. (D.S. N°6, 2009).

Respecto a su composición, la Organización Mundial de la Salud (O.M.S) propone a nivel latinoamericano que los REAS están conformados por: 80-90% de residuos asimilables a domiciliarios, 5-15% a residuos especiales y finalmente 5% para los residuos peligrosos y radioactivos de baja intensidad (D.S. N°6, 2009).

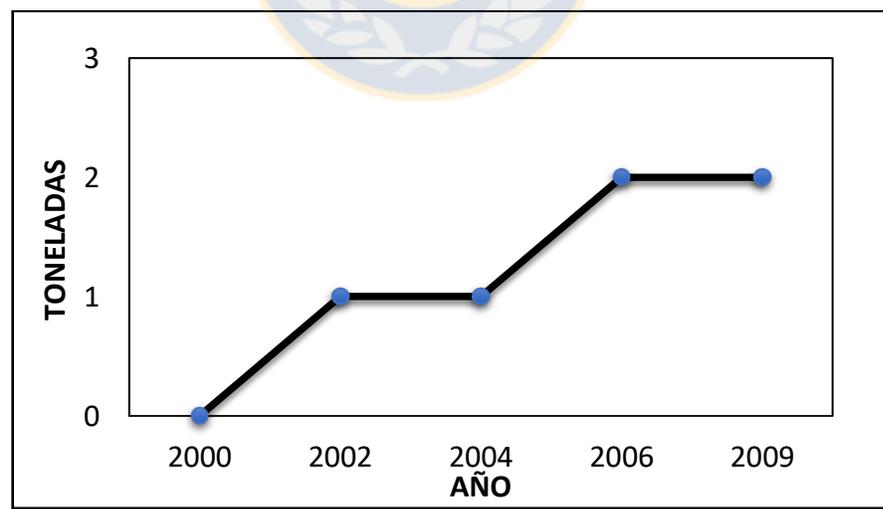
Por otro lado, no existe un valor exacto de la generación total de REAS en Chile, aunque es posible identificar mediante la Tabla 2 que se muestra a continuación la generación media en dos hospitales Chilenos, el Hospital Clínico Sotero del Río (CASR) y el Hospital Clínico Magallanes (HCM), ambos hospitales de alta complejidad donde los REAS generados se encuentran por debajo de la media latinoamericana de 3 kg/cama\*día (D.S. N°6, 2009) incluso es posible afirmar que generan menos de la mitad en comparación a países de altos ingresos como Estados Unidos (UNEP, 2012)

**Tabla 2: Generación de REAS en el CASR, HCM y hospitales de altos ingresos.**

Tipología de REAS	Generación CASR (2007) (kg/cama*día) 772 camas.	Generación HCM (2013). (kg/cama*día) 338 camas.	Generación en hospitales de altos ingresos. (kg/cama*día) < 500 camas.
Asimilables a domiciliarios	2,27	2,34	4,96
Especiales	0,14	0,43	0,87
Peligrosos	0,01	0,02	-
Total	2,42	2,79	5,83

Fuente: Erazo (2007); Chávez (2013); UNEP (2012).

Sin embargo, desde el año 2000 al año 2009 la generación de REAS en Chile ha ido en aumento según se muestra en la Figura 3, además, el instituto nacional de estadística estimó que la población atendida por servicio de salud en Chile se ha incrementado en 4% (Anexo 1), lo que indica una probable alza en la generación de REAS a nivel nacional.



**Figura 3: Generación en toneladas totales al año de REAS generados en Chile, entre el 2000 al 2009.**

Fuente: CONAMA (2010).

Tomando en consideración el potencial impacto de los REAS para la salud de las personas y al medio ambiente y el aumento en la generación de estos, se hace necesario efectuar una gestión eficiente y segura de estos. Como ejemplo, la correcta gestión de REAS evita nuevos casos de VIH, Hepatitis B y Hepatitis C (Ali, 2016), y permitiría disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero, ya que por cada tonelada de REAS generada, se emiten aproximadamente 1134 kg de gases de efecto invernadero (Irianti, 2016).

### 2.3.1. Gestión de REAS en Chile.

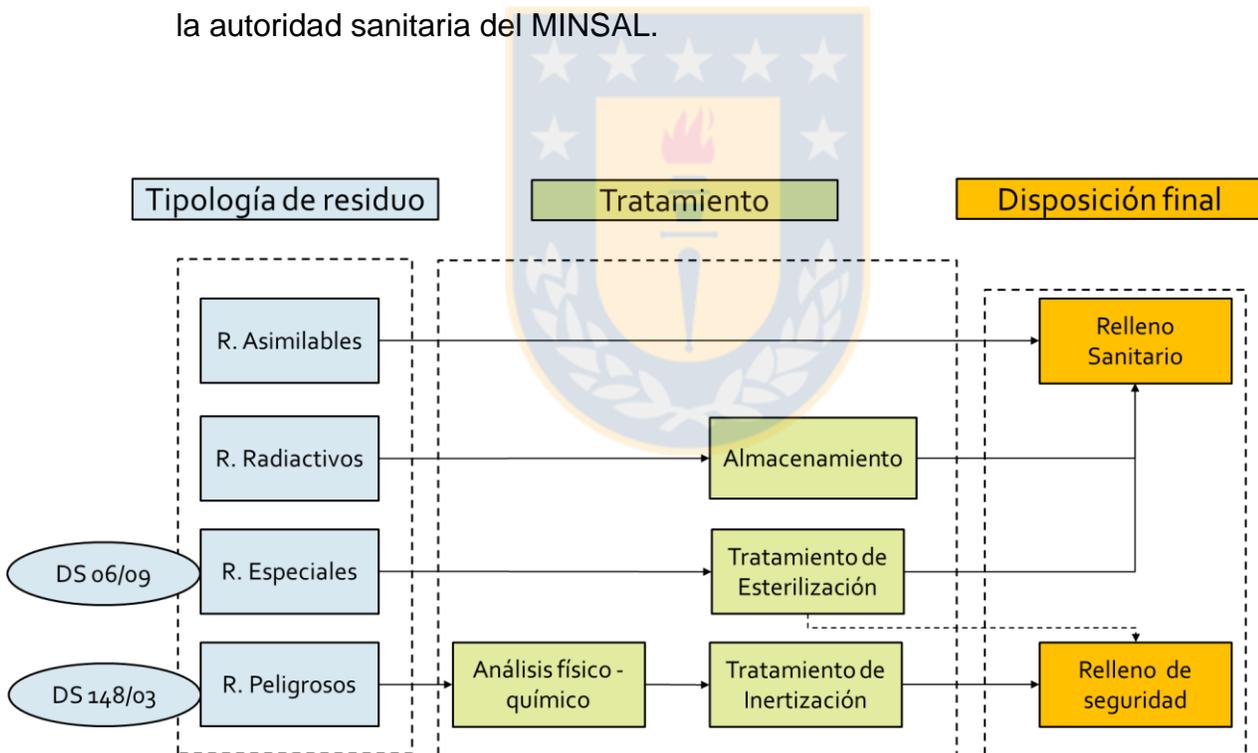
El D.S N°6 del 2009, instaura las condiciones sanitarias y de seguridad básicas a las que deberá someterse el manejo de REAS, con la finalidad de disminuir las repercusiones, sociales y ambientales. Esta normativa, obliga a los establecimientos que generen más de una tonelada mensual de residuos especiales a mantener un control en la gestión de REAS desde su generación hasta su disposición final a través de un plan de manejo, el que deberá contener todos los procedimientos técnicos y administrativos para llevar a cabo el manejo interno y la disposición de los REAS.

El plan de manejo deberá incluir la siguiente información:

- Generación de residuos.
- Planos de los sitios designados para la disposición.
- Los procedimientos de manejo interno de los REAS.
- Sistema de registro de contenedores.
- Definición del perfil y obligaciones del responsable y demás personal a cargo de la implementación del plan.
- Programa de capacitación.

- Programa de vigilancia de salud para el personal encargado del manejo de REAS.
- Plan de contingencias.

La Figura 4 muestra las rutas de gestión para la disposición final de los REAS en Chile, donde cada residuo según la clasificación señalada anteriormente en el punto 2.3 deberá ser tratado a través de distintas tecnologías que tienen como objetivo disminuir los impactos ambientales y evitar el daño a la salud de las personas mediante la neutralización, eliminación o disminución de la peligrosidad de los residuos, luego de esto deberán ser dispuestos en sitios acreditados por la autoridad sanitaria del MINSAL.



**Figura 4: Gestión por tipología de REAS en Chile.**

### 2.3.2. Sistemas de tratamiento y disposición de REAS en Chile.

Como se pudo observar en la Figura 4, cada tipología de REAS deberá someterse a un procedimiento de eliminación distinto, este se detalla a continuación;

- Residuos Asimilables a domiciliarios: Estos residuos no requieren de un tratamiento antes de ser dispuestos, no **s** el sitio de disposición final debe corresponder a un relleno sanitario que cumpla con el reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básica en los rellenos sanitarios establecidos por el MINSAL (D.S. N°189, del 2008).
- Residuos radiactivos de baja intensidad: En primer lugar, los residuos deben ser almacenados en envases plomados, para que una vez disminuida su radiación bajo los 74 becquereles por gramo o a dos milésimas de microcurio, sean directamente dispuestos a través del alcantarillado o en rellenos sanitarios que cumplan con el reglamento anterior (D.S. N°6, 2009).
- Residuos Peligrosos: El generador deberá presentar a la autoridad sanitaria un plan de manejo de residuos peligrosos en caso de que produzca una cantidad mayor a 12 kilogramos de residuos tóxicos agudos o 12 toneladas de residuos con cualquier otra característica de peligrosidad, demostrando a la autoridad sanitaria que existen las precauciones necesarias para poder almacenar, transportar y disponer estos residuos. Además, las empresas que llevan a cabo la disposición final, deberán realizar un análisis físico-químico y la inertización de los residuos peligrosos para disponerlos en celdas de seguridad que cumplan con la normativa y que la autoridad sanitaria permita (D.S. N°148, 2009).
- Residuos especiales: En este caso, el generador deberá asegurar la eliminación de toda capacidad infecciosa contenida en el residuo, para esto los residuos son tratados mediante sistemas de esterilización. Actualmente las tecnologías para realizar el tratamiento son principalmente autoclave e incineración (Sistema de evaluación de impacto ambiental, 2018), no obstante

el reglamento permite otro método de tratamiento alternativo, el cual deberá ser debidamente justificado demostrando su eficiencia en la esterilización (D.S. N°6, 2009).

#### 2.4. Herramientas de gestión de residuos sólidos y de energía.

##### 2.4.1. Escenario actual de la gestión de REAS y de energía en Chile.

En Chile los hospitales forman parte de la atención terciaria de la red asistencial, estos tienen la función de proporcionar cuidados intensivos a pacientes derivados de consultorios, servicio de urgencia y centros de salud. Por otro lado estos son clasificados según la complejidad de sus servicios como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5: organización de Atención terciaria.**

Fuente: Sepúlveda (2012)

En ese sentido, solo considerando hospitales de alta complejidad tipo 1 se pueden contabilizar alrededor de 11780 camas (DEIS, 2017) donde se estima

que a nivel nacional estos tienen una generación de REAS cercana a las 30,6 Ton/día (Erazo, 2007; HCM, 2013) y un consumo energético de 926 MWh/ día (Vera, 2008).

Según lo anterior, el costo total asociado al consumo energético y la disposición de REAS es de aproximadamente 67 MM \$CLP, que corresponden en un 82% consumo de energía (55 MM \$CLP) y en un 18% a la disposición de REAS (12 MM \$CLP) (Garrido, 2016). Por otro lado, la matriz eléctrica en Chile es generada en un 54% por combustibles fósiles (Generadoras de Chile, 2018), lo que sumado a las actividades de transporte, tratamiento y disposición de REAS, implica altos niveles de emisión de gases de efecto invernadero en ambas áreas (MMA, 2018).

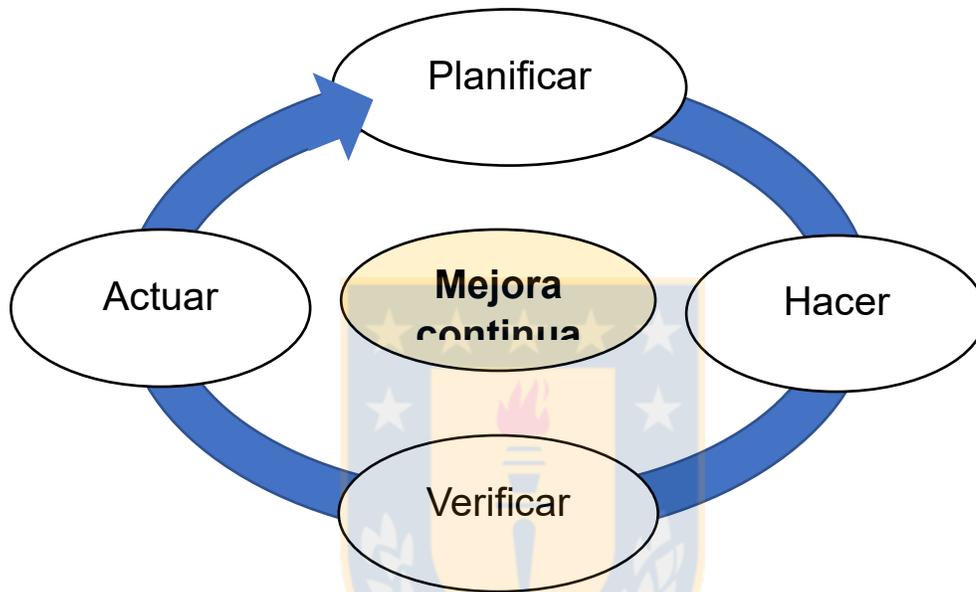
#### 2.4.2. Herramientas de gestión para una mejora continua.

Debido a lo anterior Chile ha integrado 154 hospitales públicos a la Red global de Hospitales verdes y saludables creada el 2011 por Salud Sin Daño (SSD) la que busca mejorar el desempeño ambiental y a su vez disminuir los costos económicos a través de 10 objetivos relacionados a la sustentabilidad y la salud ambiental, donde se incluyen la gestión de residuos y de energía (Salud Sin Daño, 2011).

A raíz de esto se han implementado mejoras en las prácticas en la gestión de residuos y de energía, como la elaboración de programas de eficiencia energética, planes de gestión integrada de residuos sólidos y también mejoras tecnológicas como recambio de iluminaria, implementación de ERNC, entre otras medidas (Salud Sin Daño, 2014).

Por otro lado, es imprescindible que una vez implementadas las medidas correctivas se lleve a cabo un mecanismo de control que verifique el cumplimiento de resultados y permita la retroalimentación de las acciones implementadas con un enfoque de mejora continua (EPHPO, 2001).

Según lo anterior, la aplicación de herramientas de gestión que brinden una metodología basada en el ciclo de Deming (Figura 6) son fundamentales para la planificación y ejecución de medidas correctivas. En ese sentido la Figura 6 resume la metodología del ciclo de Deming.



**Figura 6: Ciclo de Deming.**

Por otro lado, cada etapa considera las siguientes actividades principales:

- Planificación: Resume el comportamiento de la organización para definir las acciones de mejora, donde se identifica; normativas aplicables, alcances, objetivos, acciones e indicadores.
- Hacer: Ejecución de las acciones de medidas correctivas propuestas en la planificación.
- Verificar: Analiza y Monitorea el estado de cumplimiento y los resultados obtenidos de las acciones realizadas a través de indicadores de cumplimiento establecidos en la planificación.

- Actuar: Recopila el aprendizaje obtenido de la verificación y permite la retroalimentación de las organizaciones para proponer nuevas medidas o la corrección de las ya implementadas partiendo desde la planificación.

Algunas herramientas de gestión que consideran la metodología del ciclo de Deming de mejora continua en las áreas de residuos y de energía son:

➤ Normativa ISO 50.001:

La normativa ISO 50.001 establece los requerimientos para la implementación de un sistema de gestión de energía con la finalidad de mejorar los sistemas de administración de energía considerando la seguridad energética, eficiencia energética y consumos energéticos, de esta forma asegurar la seguridad de los funcionarios, disminuir costos económicos y los impactos ambientales asociado al consumo de energía y además, certificarse a nivel internacional como una organización de calidad en materia de eficiencia energética (ISO 50.001, 2015).

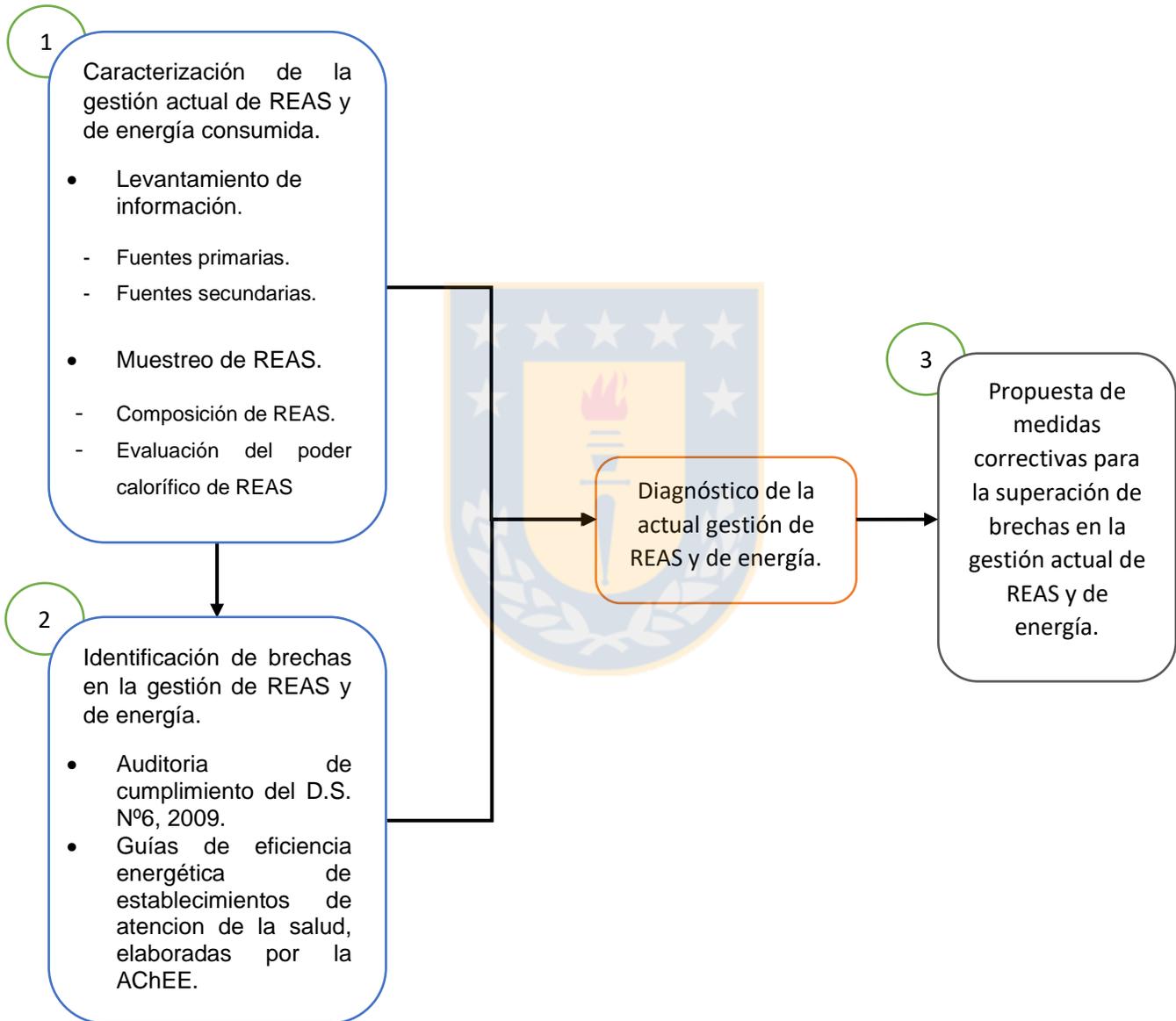
➤ Programa de gestión integrada de residuos sólidos.

Un programa de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) es una herramienta utilizada para mejorar el desempeño ambiental cumpliendo con las normativas asociadas a la gestión de residuos sólidos.

Si bien el PGIRS no es una herramienta certificada como lo es la ISO, esta permite una mejora continua, además, ha sido implementada en varias organizaciones debido a los beneficios económicos y ambientales que proporciona incluyendo hospitales de todos los países como Colombia y España (Mora, 2010).

### 3. METODOLOGÍA.

En la Figura 7 se muestra la metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos de esta investigación.



**Figura 7: Diagrama de bloques de la metodología por objetivo específico.**

### 3.1. Descripción del área de estudio.

El Hospital Regional de Concepción Dr. Guillermo Grant (HGGB) está ubicado en la región del Biobío en la comuna de Concepción. Corresponde a un hospital tipo 1 lo que significa que ofrece servicios de alta complejidad con cobertura a toda la población del Servicio de Salud. Además, representa el 80% de la organización y base técnica del Servicio de Salud Concepción en la VIII Región.

En cuanto a su infraestructura, el hospital cuenta con una superficie construida de:

- 40.000 m<sup>2</sup> en Mono-Block, los cuales están destinados en un 70% para atención cerrada (Hospitalización) y 30% restante para atención abierta (Policlínico).
- 11.000 m<sup>2</sup> en Torre, para la atención cerrada y asistencia pública.
- 18.000 m<sup>2</sup> en Centro de atención ambulatoria.

Además, se planea construir un centro de diagnóstico terapéutico, el que tendrá una superficie de 21000 m<sup>2</sup>.

En la Tabla 3 se muestra la cartera de servicio del hospital, pudiendo contabilizar 17 servicios clínicos, 8 unidades de apoyo clínico terapéutico, 6 unidades de apoyo clínico al diagnóstico y 7 áreas de apoyo administrativo.

**Tabla 3: Cartera de servicios del HGGB.**

Servicios Clínicos	Unidades de apoyo clínico terapéutico	Unidad de apoyo clínico al diagnóstico	Áreas de apoyo administrativo
- Pediatría.	- U.C.I. médica.	- Laboratorio clínico.	- Recursos Humanos.
- Obstetricia y ginecología.	- U.C.I. quirúrgica.	- Imagenología.	- Operaciones.
- Medicina.	- U.C.I. pediátrica.	- Anatomía patológica.	- Finanzas.
- Cirugía.	- Pabellón y anestesia.	- Medicina nuclear.	- Informática.
- Neurocirugía.	- Unidad de emergencia.	- Medicina física.	- Abastecimiento.
- Neurología.	- Unidad de diálisis.	- Medicina transfusional.	- Servicio Social.
- Dermatología.	- SAMU.		- SOME.
- Urología.	- Centro de Atención Ambulatoria.		
- Otorrinolaringología.			
- Oftalmología.			
- Odontología.			
- Oncología.			
- Psiquiatría.			
- Quemados.			
- Cirugía Infantil.			
- Pensionado.			

Finalmente el HGGB cuenta con 897 camas y una ocupación promedio el 2018 de 82%, además, de contar con 5483 trabajadores (Hospital Guillermo Grantt Benavente, 2018).

### 3.2. Caracterización de la gestión actual de REAS y de la energía consumida en el HGGB.

Para realizar la caracterización de la gestión actual de REAS y de la energía consumida en el HGGB se realizará un levantamiento de información a través de fuentes primarias y secundarias asociadas a ambas gestiones:

- Fuentes primarias: Plan de manejo de REAS, planillas de generación de REAS, Programa de eficiencia energética del HGGB elaborado por la AChEE, facturas de disposición de REAS, de consumo eléctrico y de gas natural y entrevistas semiestructuradas a personajes claves en la gestión de REAS y de energía.

- Fuentes secundarias: Sitio web ([www.hospitalregional.cl](http://www.hospitalregional.cl)), investigaciones relacionadas a la gestión de REAS y de energía, como: Tesis de grado, revistas científicas, guías de eficiencia energética, marco legal (D.S. N°6, 2009).

Finalmente se realizará un muestreo para evaluar la composición material de los REAS, con la finalidad de establecer el potencial de valorización de estos residuos.

### 3.2.1. Levantamiento de información

El levantamiento de información, se dividirá en las siguientes secciones; generación de REAS, gestión de REAS, gestión energética y los costos asociados ambas gestiones.

#### ➤ Generación de REAS

Se analizará la generación de REAS del HGGB a través de información estadística disponible en el HGGB con la finalidad de obtener:

- Composición promedio por tipología de residuo.
- Generación promedio de REAS total y por cama ocupada según su tipología a través del porcentaje de ocupación y la disponibilidad de camas, para establecer la situación del HGGB en la generación de REAS con respecto a otros hospitales que disponen de esta información.

A continuación, en la Ecuación 1 se muestra la expresión utilizada para el cálculo de la generación de residuos por cama ocupada:

$$M_{\text{cama}} = \frac{M_{\text{total}}}{N^{\circ} \text{ camas} * \%_{\text{ocupación}}}$$

**Ecuación 1: Expresión para determinar la generación por cama.**

Donde  $M_{\text{cama}}$  es la masa de los residuos generados por cama (kg/cama),  $M_{\text{total}}$  es la masa de los residuos generados en todo el establecimiento (kg) y  $\% \text{ ocupación}$  es el porcentaje de camas ocupadas.

- Generación histórica de REAS para analizar las tendencias por tipología a través del tiempo y establecer si la generación de REAS se encuentra en aumento, disminuye o se mantiene constante y las causas de esto, a través de la interpretación de gráficos realizados con la información mencionada anteriormente.
- Servicios con mayor generación de REAS.

➤ Toma de muestra.

Para obtener la composición de los residuos respecto al material, se realizó un muestreo, a través de una adaptación de la metodología señalada por la NCH 3321 (2013) elaborada por el instituto nacional de normalización (Anexo 4).

A continuación, se detalla la metodología aplicada en el proceso de muestreo en conjunto con las consideraciones que se tuvieron en la actividad:

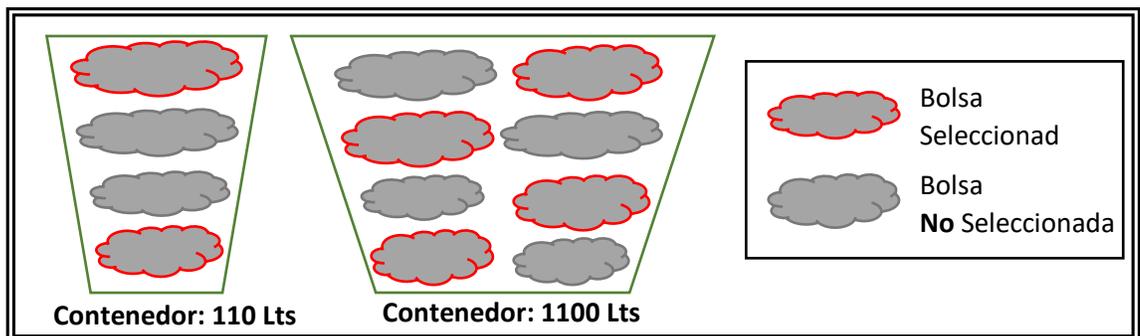
- El muestreo tuvo una duración de dos semanas y fue realizado en un horario de 9 A.m. a 13 P.m., correspondientes a 3 días de la semana y 1 día del finde semana.
- La muestra total diaria fue de 74,6 kg correspondiendo al 2% del promedio generado diariamente. Lo que representa un nivel de confianza de un 92% y un 10% de error respecto a la generación diaria promedio, además, el muestreo fue del tipo aleatorio simple de tamaño  $n= 120$  bolsas.
- Se utilizó el equipo de seguridad personal sugerido en la normativa: mascarilla, guantes de cuero, calzado de seguridad, ropa de protección adecuada y lentes de seguridad.

- El procedimiento para llevar a cabo la toma de muestra fue el siguiente:
  - a) Instalación de equipo de trabajo: Mesa de segregación, bolsas rotuladas, Bascula electrónica TSC-370kg y conexión eléctrica, estos se observan en la



**Figura 8: Equipo de trabajo.**

- b) Selección de bolsas: Se seleccionaron bolsas al azar siguiendo lo señalado en la Figura 9, donde en los contenedores de 110 Lts se escogía la primera y la última bolsa y en los contenedores de 1100 Lts se seleccionaba al azar la primera bolsa y luego se avanzaba hacia abajo seleccionando las bolsas en posición opuesta a la anterior.



**Figura 9: Selección de bolsas según tipo de contenedor.**

- c) Segregación y clasificación: En primer lugar las bolsas seleccionadas eran pesadas, seguido a esto eran abiertas y

segregadas según la siguiente clasificación: papeles, materia orgánica, plásticos, metales, vidrios y otros, una vez segregada los residuos en cada clasificación, estos eran pesados y anotados en la planilla de muestreo.

d) Procesamiento: Los datos recopilados fueron tabulados según las clasificaciones mencionadas respecto a su masa diaria utilizando Excel 2016.

➤ Gestión de REAS.

Se obtendrán datos sobre las operaciones internas y el protocolo utilizado por tipología de REAS, desde la generación hasta la disposición final mediante el plan de manejo e información disponible en el recinto hospitalario.

Esta recopilación deberá contener;

- Número de contenedores disponibles.
- Personal a cargo.
- Frecuencia de extracción.
- Transporte interno.
- Sectores de acopio: interno y transitorio.
- Disposición final.
- Empresas responsables asociadas al transporte, tratamiento y disposición final de REAS.

Además, se realizarán: entrevistas semiestructuradas a personajes claves en la gestión de REAS (encargados de unidad de Aseo y mantenimiento) y visitas de inspección respaldadas con fotografías, con la finalidad de corroborar la ejecución del plan de manejo de REAS en el HGGB.

Una vez obtenida la información será resumida y presentada mediante gráficos, diagramas y tablas.

➤ Gestión energética.

Se solicitará al HGGB el historial de consumo de energía eléctrica y de energía térmica e información asociada a la gestión energética, además, se realizarán entrevistas semiestructuradas a personajes claves en la gestión de energía.

De lo anterior se obtendrá:

- Organización del hospital en el consumo energético.
- Grupos electrógenos de respaldo.
- Consumo de energía eléctrica y térmica total (MWh/año), por superficie (kWh/m<sup>2</sup>) y por cama (kWh/cama).
- Distribución de la energía eléctrica y térmica por servicio y por sistema de consumo establecidos por la AChEE.
- Sistemas de iluminación y climatización.

Una vez obtenida la información será resumida y presentada mediante gráficos, diagramas y tablas.

➤ Costos.

Se estimarán los costos de la gestión de REAS y la gestión energética a través del análisis de datos estadísticos extraídos anteriormente y comprobantes de pago disponibles en el HGGB.

Esto considerará los costos asociados a:

- Gestión de REAS: asociados al transporte, tratamiento y disposición final.
- Gestión energética: asociados al consumo de electricidad y de gas natural.

Finalmente, los resultados serán resumidos mediante indicadores, tablas y gráficos.

### 3.3. Identificación de brechas en la gestión actual de REAS y de energía en el HGGB.

Las brechas serán identificadas según lo observado en terreno en conjunto con información obtenida en el HGGB, los resultados obtenidos serán utilizados para establecer medidas correctivas.

- Gestión de REAS.

Para identificar las brechas en la gestión de REAS desde la generación hasta la disposición final, se realizó una auditoría de cumplimiento del D.S. N°6 del 2009 en base a la realizada por Vivar (2012), que fue corroborada y actualizada a través de visitas de inspección, entrevistas semiestructuradas a personajes claves en la gestión de REAS e información complementaria extraída del plan de manejo de REAS.

- Gestión energética.

Para identificar las brechas en la gestión energética se utilizará la guía de eficiencia energética de establecimiento de atención de la salud de la AChEE la cual se comparará con el programa de eficiencia energética del HGGB señalado anteriormente y corroborando la información del programa a través de visitas de inspección y entrevistas semiestructuradas.

Se debe considerar que las brechas identificadas respecto a los sistemas de consumo fueron exclusivamente en la iluminación y climatización debido a la complejidad de realizar una auditoría detallada.

### 3.4. Propuestas de medidas correctivas para la superación de brechas en la gestión actual de REAS y de energía.

Considerando las brechas identificadas anteriormente, se realizará propuestas para la mejora de los sistemas de gestión de REAS y de energía actuales.

- Gestión de REAS.

Se establecerán medidas correctivas en la gestión de REAS considerando la jerarquía para el manejo de residuos presentada en el punto 2.1.1: prevención, reutilización, reciclaje, valorización energética y disposición final.

Las medidas propuestas se enfocarán en el cumplimiento del D.S 06/2009 y en todas las etapas de manejo de residuos que se efectúan en el interior del HGGB, desde la generación hasta la disposición final de los residuos.

- Gestión energética.

Las medidas correctivas propuestas para la mejora de la gestión energética se basarán en la Guía de eficiencia energética de la AChEE para establecimiento de atención de la salud.

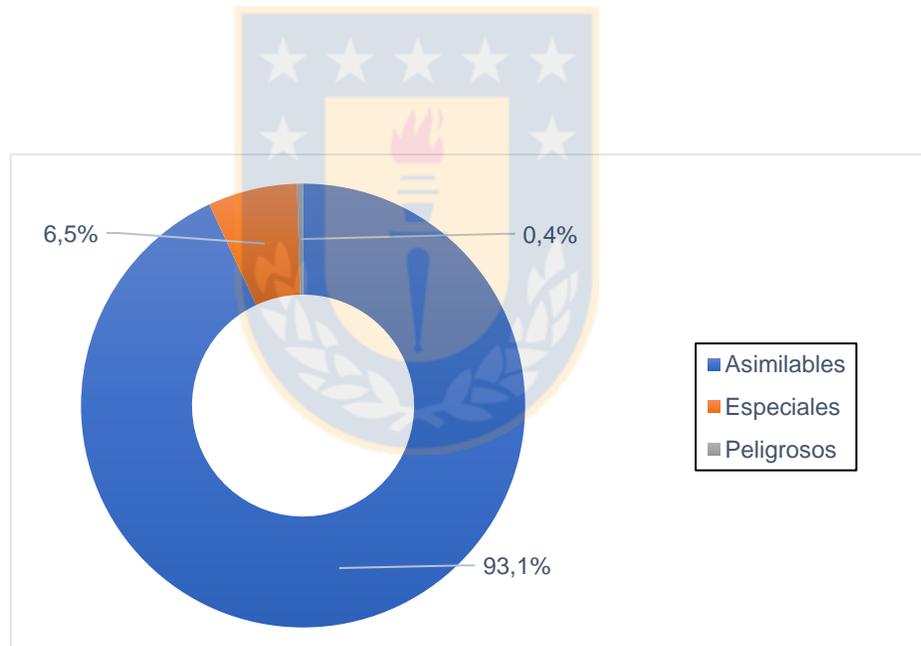
Donde se evaluarán distintas mejoras tecnológicas como automatización de los sistemas de consumo, cambio de iluminaria, sistemas de generación energética alternativos. Cabe destacar que se excluirán medidas que requieran grandes cambios en la infraestructura del complejo asistencial, como cambio de piso y paredes.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización de la Gestión actual de REAS y energía en el HGGB.

#### 4.1.1. Generación de REAS.

La generación de REAS promedio entre el 2015-2018 en el HGGB es de 112 toneladas al mes, que como se observa en la Figura 10 corresponden en un 93% a residuos asimilables a domiciliarios, 6,5% a residuos especiales y solo un 0,4% a residuos peligrosos de baja intensidad, la cual es una composición similar a la señalada en el punto 2.3 propuesta por la OMS.



**Figura 10:** Promedio de composición de REAS, según tipología de peligrosidad, en los años 2015-2018.

Además, a través de la

Tabla 4 es posible comparar la generación de REAS promedio por cama del HGGB con otros hospitales en Chile como el Hospital Clínico Dr. Sotero del Río

(CASR) o el Hospital Clínico de Magallanes (HCM) vistos en el punto 2.3, siendo la generación de REAS del HGGB dos veces más grande con 5,12 kg/día\*cama, pero por debajo de la media propuesta para países de altos ingresos<sup>2</sup> la cual es 5,83 kg/día\*cama (UNEP, 2012). Varios factores influyen en la alta generación de REAS del HGGB, algunos son la gran población atendida por el hospital (457.677 atenciones el 2016) y la diversidad de los servicios ofrecidos mencionados en el punto 3.1.

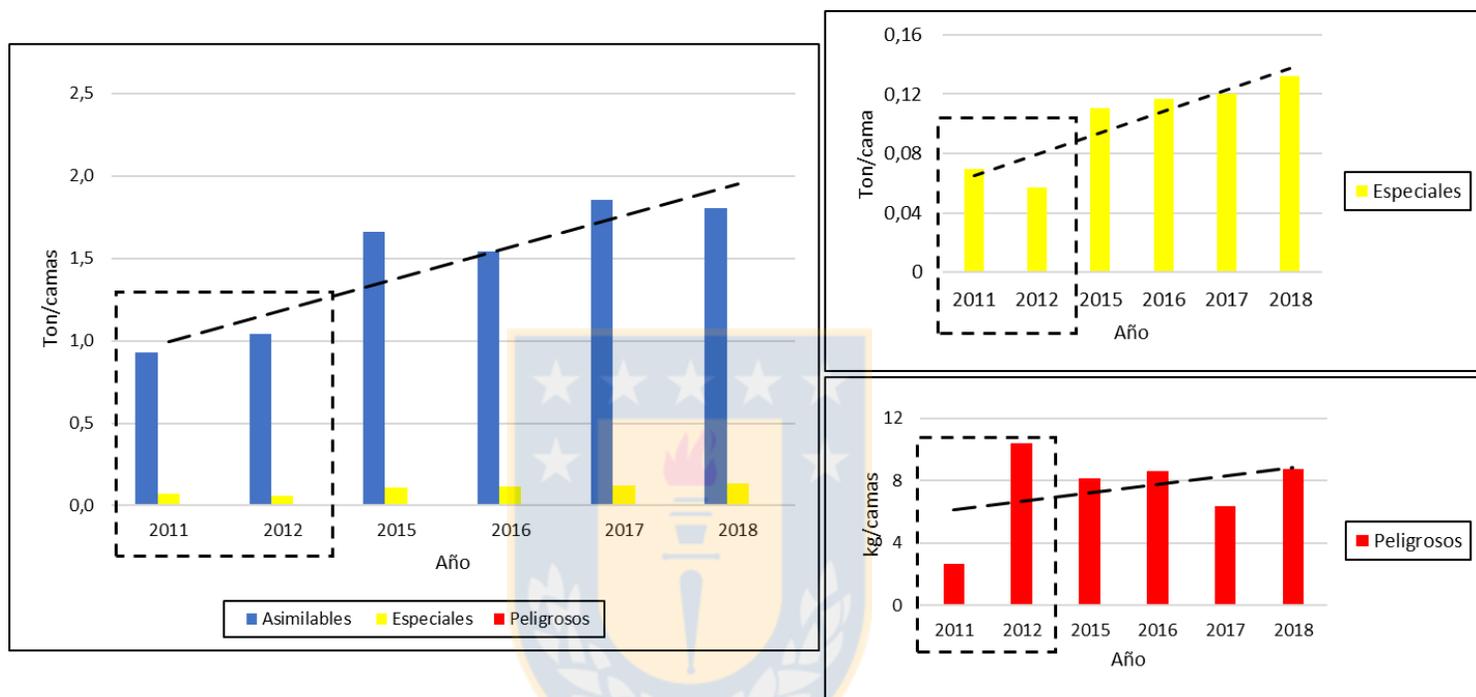
**Tabla 4: Generación promedio anual de REAS Total, por cama y por tipología de residuo, en el HGGB.**

Tipología de residuos	Generación HGGB (2015-2018) (kg/mes). 897 camas.	Generación HGGB (2015-2018) (kg/cama*día) 897 camas.
Asimilables.	104.350	4,77
Especiales.	7.298	0,33
Peligrosos	484	0,02
Total	112.132	5,12

A continuación, en la Figura 11 se muestra la generación de REAS por camas ocupadas comprendida entre los años 2011-2018, donde la información de los años 2011 y 2012 corresponde a una investigación realizada por Vivar (2012) y la información del 2015-2018 proviene de las planillas de generación facilitadas por el HGGB. En ese sentido es posible afirmar que en los años 2011 y 2018 existe un aumento del 80% de los REAS afirmando una tendencia creciente en la generación de residuos entre los años y que va en aumento con un crecimiento

<sup>2</sup> Según el Banco mundial se considera un país de altos ingresos todos aquellos que su ingreso nacional bruto sea mayor a USD \$12235, Chile es un considerado un País con altos ingresos, con un INB de 23000 el 2017.

en los residuos asimilables a domiciliarios, especiales y peligrosos respectivamente de 80%, 90% y 226%.



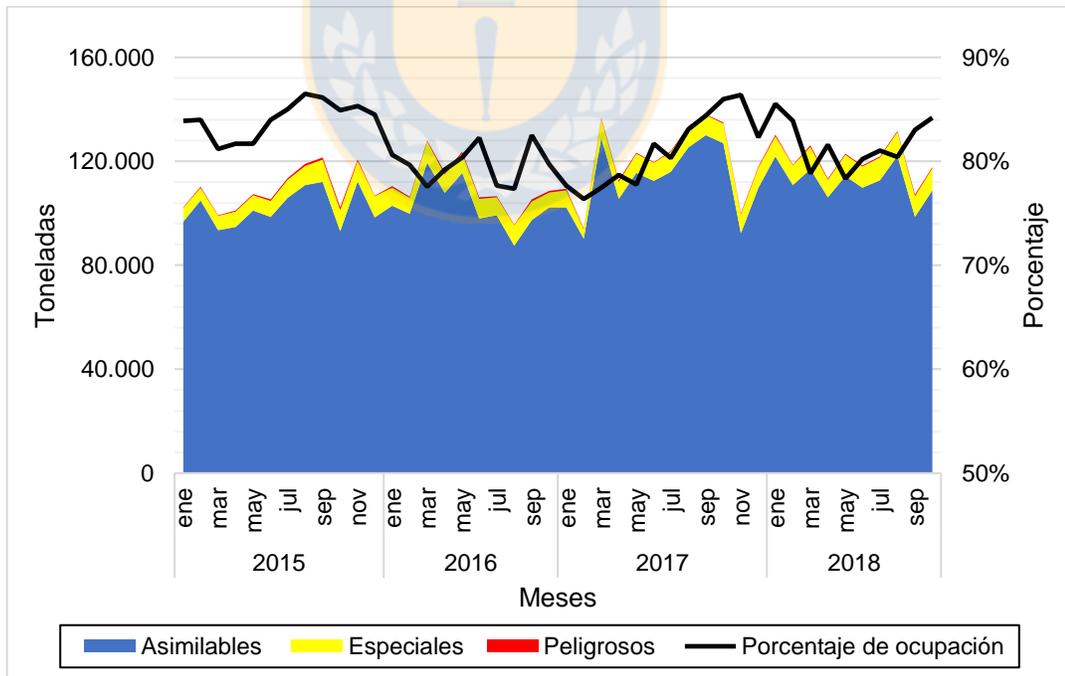
**Figura 11: Generación de REAS promedio por camas ocupadas al año y su tendencia, entre el 2011-2018.**

La generación de residuos peligrosos es la que presenta mayor aumento con respecto al año 2011, sin embargo, esta nunca supera los 10 kg/cama\*año ni tampoco el 1% de los REAS totales generados, de todas formas cabe destacar que el año 2012 refleja un alza importante con respecto a los otros años en la generación de residuos peligrosos por cama debido al comienzo de la reconstrucción de la torre paciente crítico donde se eliminaron principalmente tubos fluorescentes en mal estado

Respecto al aumento de la generación de residuos especiales, se podría deber a una mejor gestión de estos residuos debido a la aplicación desde el 2011 del D.S. N°6, 2009 (Vivar, 2012) y a la creación y aplicación del manual de manejo

de REAS desde el 2015. Esta entrega los procedimientos para segregar residuos especiales y capacita al personal sobre el particular. Por otro lado, es necesario destacar que el aumento en la generación de los REAS se debe también al incremento del 6% de la atención cerrada (Hospitalización) en el HGGB en los últimos años (2016-2018) y la reconstrucción de la torre paciente crítico que permitió la reubicación de los servicios afectados en el terremoto e incorporar 20 camas extras desde mediados del año 2016 son otros factores importantes a considerar en el aumento de generación de residuos.

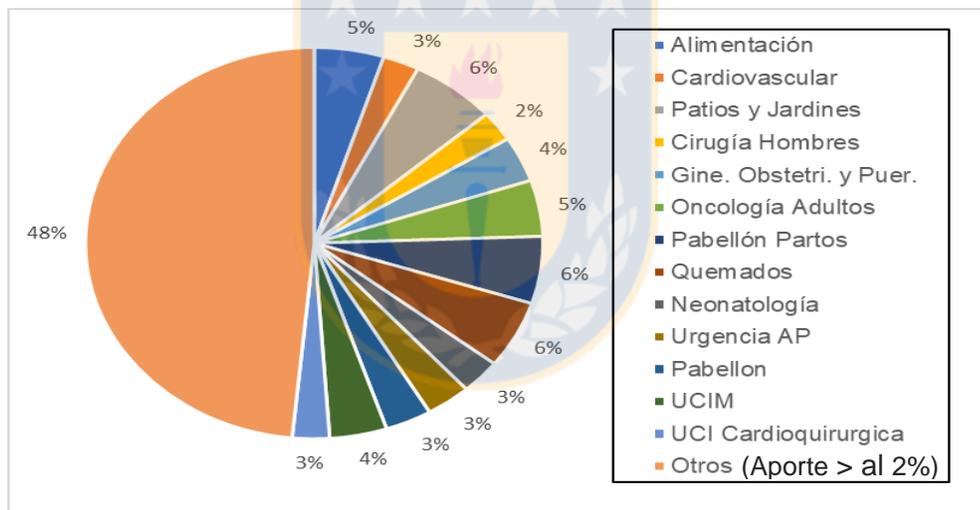
Aparte es posible observar que para el año 2016 existe una disminución en la cantidad de residuos asimilables a domiciliarios generados donde uno de los factores que podría haber influido es la disminución en un 13% de partos atendidos ya que es como se muestra en la Figura 13 es uno de los servicios con mayor generación en este tipo de residuos.



**Figura 12: Generación histórica por tipología y porcentaje de ocupación.**

La Figura 12 muestra la generación total de REAS y el porcentaje de ocupación de camas comprendida entre los años 2015-2018. Según éste es posible deducir que existe una tendencia a disminuir la ocupación de camas en los meses de verano (enero-marzo), además, es posible relacionar la generación de REAS y la ocupación ya que solo existen 3 meses donde la ocupación tiene una relación inversamente proporcional con la generación de REAS.

A continuación, en la Figura 13 se muestran los servicios con mayor generación de residuos asimilables a domiciliarios en el año 2017, donde se debe considerar que la categoría otros agrupa a todos los servicios que son responsables de generar una cantidad menor al 2% de los residuos.



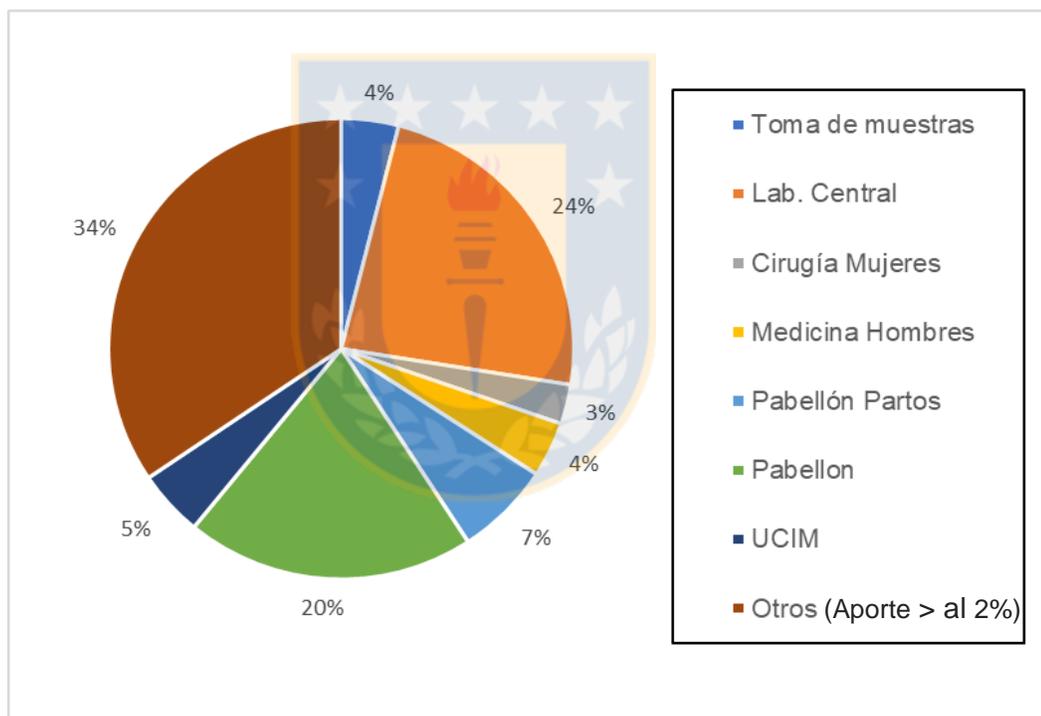
**Figura 13: Generación de residuos asimilables por distintos servicios del HGGB, 2017.**

En general cada servicio aporta entre un 1-4% a la generación de residuos asimilables a domiciliarios lo que significa que cada servicio genera a lo menos una tonelada mensual, exceptuando los servicios que tienen menor recurrencia debido a su especificidad como Citopatología o Nefrología.

Por otro lado, los servicios de mantención de los Patios y jardines, servicio de Parto y servicios de Quemados son los con mayor tasa de generación de

residuos asimilables a domiciliarios con una generación que varía entre 5,2 y 5,7 toneladas mensuales, esto según lo observado en terreno es debido a que los servicios de Quemados y de Parto utilizan grandes cantidades de material desechable como sabanas, gazas y bolsas de suero, las cuales en su mayoría se encontraban contaminadas con sangre y otros fluidos, pero no saturadas por lo que eran consideradas residuos asimilables a domiciliarios.

Ahora con respecto a los residuos especiales, en la Figura 14 se puede observar los distintos servicios con mayor aporte en la generación de estos.



**Figura 14: Generación de residuos especiales por distintos servicios del HGGB, 2017**

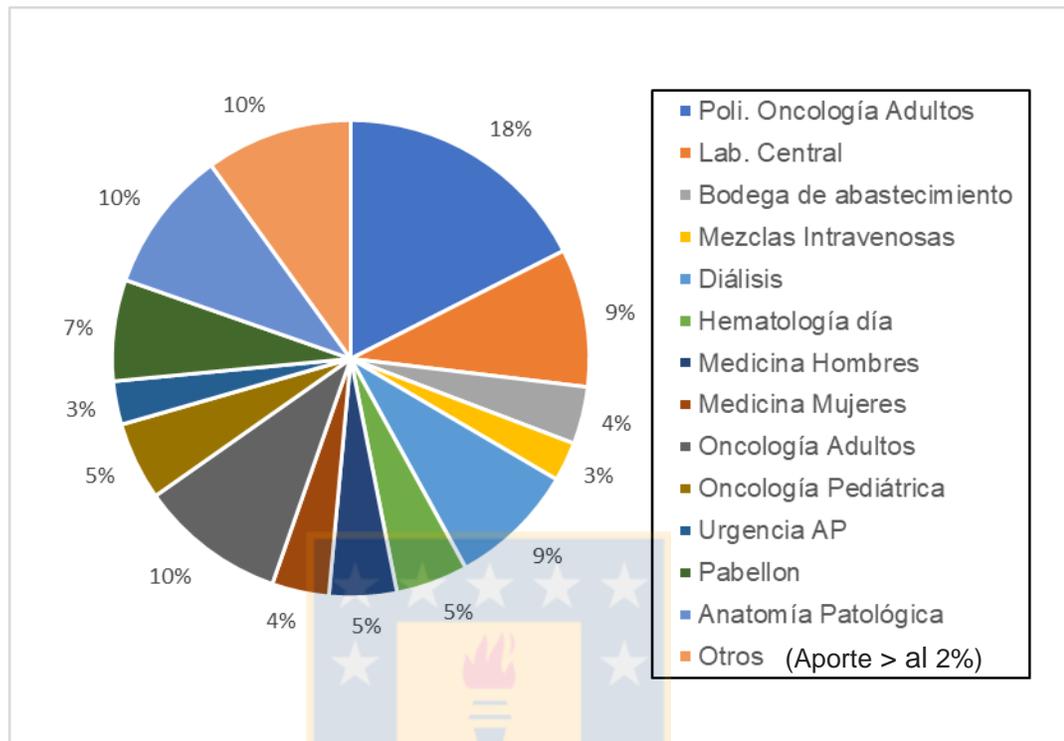
La generación de residuos especiales se concentra en menos servicios a diferencia de la generación de residuos asimilables a domiciliarios, esto es debido a que no todos los servicios del HGGB realizan actividades con riesgos de

contaminación, por ejemplo, el servicio de alimentación no genera este tipo de residuos debido a que la higiene es primordial en este servicio.

En ese sentido, los servicios responsables del más del 50% de la generación de residuos especiales son el Laboratorio central con 24%, Pabellón con 20% y Pabellón de partos con 7%, donde:

- Laboratorio central: Los residuos especiales son generados debido a las actividades de investigación de patologías que puedan causar enfermedad en los pacientes, como el análisis de muestras de sangre y otros fluidos corporales, produciendo residuos especiales como sangre, placas de cultivo, jeringas, contenedores de muestra, etc.
- Pabellón: Su generación de residuos especiales es producto de las intervenciones quirúrgicas, donde se generan residuos como gazas y algodones saturados en sangre, material biológico, jeringas contaminadas y cortopunzantes.
- Pabellón de partos: Generación de residuos especiales debido a la generación de fluidos corporales resultantes propios del trabajo de parto.

Finalmente, en la Figura 15 se muestra los servicios con mayor generación de residuos peligrosos, donde se puede observar que la categoría otros tiene un menor aporte en comparación a las otras tipologías de REAS, debido a que varios servicios no generan residuos peligrosos como Medicina personal, Oftalmología, Alimentación, entre otros. Por otro lado los servicios que tienen mayor generación son Policlínico de oncología, Oncología adultos, Anatomía patológica y Laboratorio central con 18%, 10%, 10% y 9% respectivamente.



**Figura 15: Generación de residuos Peligrosos por distintos servicios del HGGB, 2017.**

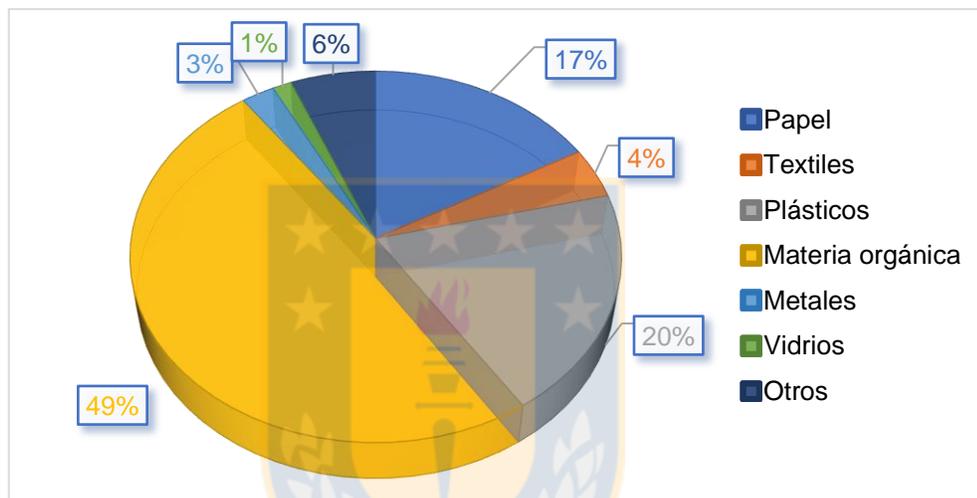
En cuanto a los residuos peligrosos normalmente generados en los diferentes servicios nos encontramos con: residuos citotóxicos, fijadores, reveladores, diluyentes, residuos con Formalina, termómetros de mercurio, tubos fluorescentes, entre otros.

#### ✚ Caracterización de residuos asimilables.

Cabe destacar que el muestreo realizado para la caracterización de REAS, considero solo residuos asimilables, debido al contenido infeccioso de los residuos especiales. Sin embargo, los residuos asimilables representan en promedio para los años estudiados un 93% de la composición de REAS.

En la Figura 16 se observan los resultados del muestreo, donde se puede notar que la composición de los residuos asimilables a domiciliarios consiste

mayoritariamente en materia orgánica, plásticos y papel, con 49%, 20% y 17% respectivamente. Según esto se puede afirmar que el hospital presenta un gran potencial para la valorización de sus residuos asimilables mediante compostaje, **además**, debido a que el 90% de los residuos están conformados por material combustible existe posibilidad de realizar valorización energética.



**Figura 16: Composición de los residuos asimilables a domiciliarios según muestreo realizado.**

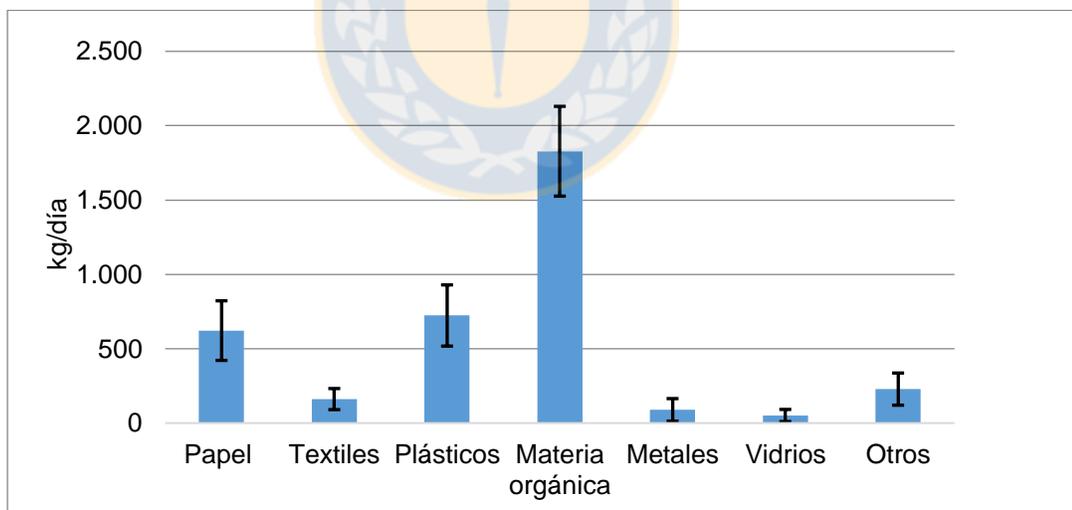
Por otro lado la composición de los residuos de papel observada fue básicamente del tipo papel sanitario. Este tipo de papel no puede ser reciclado, no obstante, si permite su valorización energética.

En ese sentido, la composición de los residuos de plástico fue la más variada, ya que consistía de elementos como: Bolsas de suero, vías, jeringas, envoltorios y ropa desechable (Figura 17). Cabe destacar que gran parte de estos residuos venían contaminados con fluidos corporales por lo que es recomendable no reciclarlos por los riesgos a la salud de las personas, agregando otro factor del por qué se debe realizar una valorización energética.



**Figura 17: Residuos plásticos encontrados en el HGGB.**

En cuanto a los residuos orgánicos, se observó que su generación proviene mayoritariamente del servicio de alimentación y de mantenimiento al jardín del HGGB, permitiendo una fácil segregación que es ventajosa para el compostaje de estos residuos.



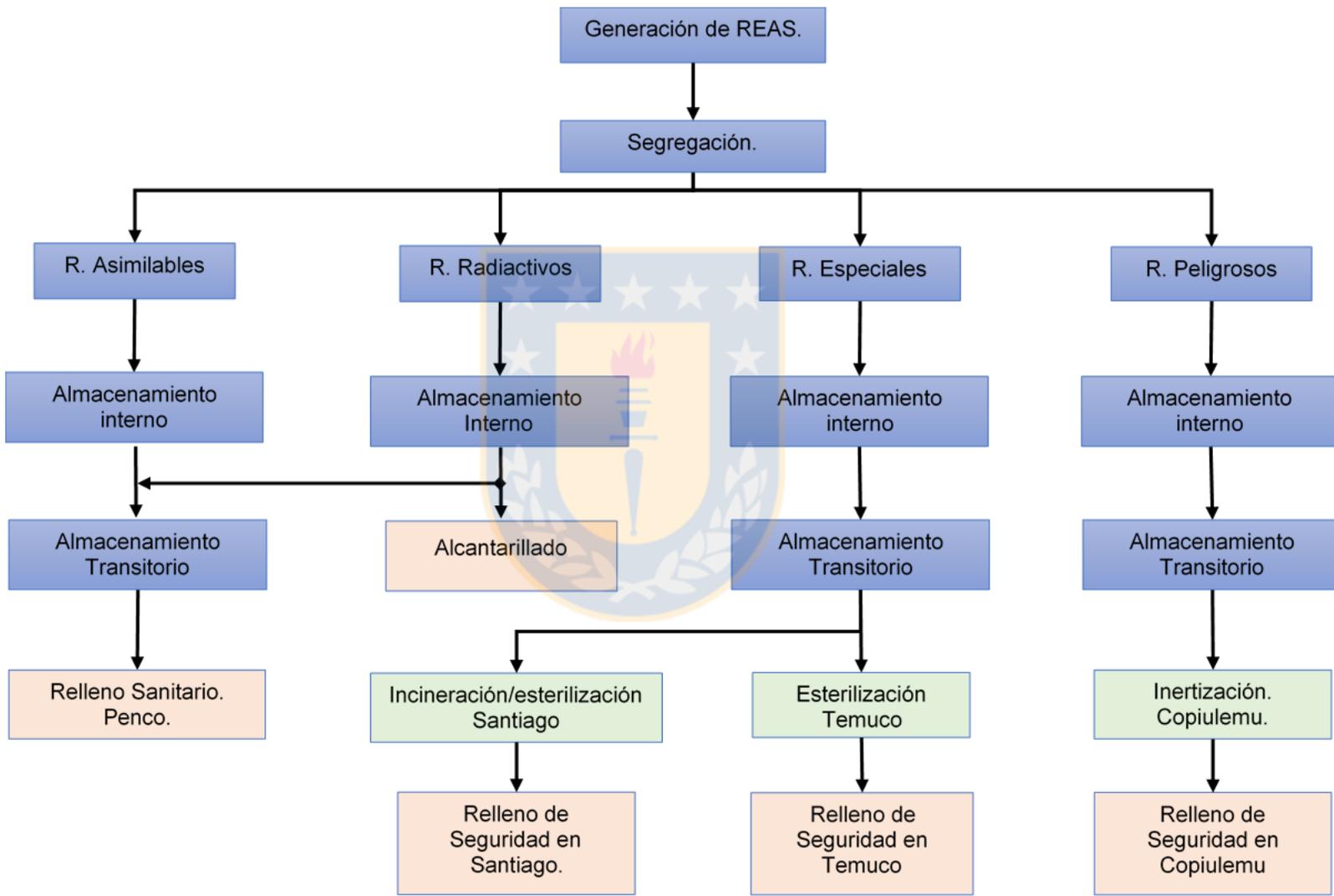
**Figura 18: Composición de residuos asimilables a domiciliarios con su desviación estándar.**

En la

Figura 18 se observa el resultado obtenido del muestreo de acuerdo a la composición considerando la generación promedio diaria. Además, es posible observar una variación en la composición de los REAS que va desde el 8% en caso de los residuos orgánicos y del 1% si son residuos de vidrios, por otro lado, alrededor se generan alrededor de 1800 kg de materia orgánica diariamente, donde cerca de 400 kg provienen exclusivamente de los servicios de alimentación y mantenimiento de patios y jardines que pueden ser fácilmente compostables

#### 4.1.2. Gestión de REAS

La Figura 19 resume el procedimiento en la gestión de REAS mediante un diagrama de bloques, desde su generación hasta su disposición final. En la figura se presentan las distintas etapas de la gestión: segregación, almacenamiento interno, almacenamiento transitorio, tratamiento y disposición final. Según lo declarado en el Plan de manejo de REAS 2018-2023 certificado por el SEREMI de salud y que fue comprobado a través de documentación como: facturas de empresas contratadas para realizar la gestión, fichas de retiro de residuos y lo observado en terreno como sectores de acopio interno y transitorio, recorrido interno, frecuencia de retiro, segregación, entre otras actividades que se darán a conocer a continuación.



**Figura 19: Diagrama de bloques de la gestión de REAS del HGGB.**

A continuación, se detalla lo que fue observado en terreno y un registro fotográfico de la evidencia encontrada.

- Segregación: Los REAS son segregados en origen por el generador, sin embargo, existe un encargado a nivel local de realizar el procedimiento de vaciado en contenedores. Para esto se deben rotular las bolsas especificando el servicio generador, la fecha y verificar la correspondencia de colores de las bolsas por tipología. Es decir, los residuos asimilables en bolsas negras, residuos peligrosos bolsas rojas, residuos radiactivos de baja vida media bolsas naranja y residuos especiales bolsas amarillas semitransparentes de letras negras en caso de corresponder autoclavado y bolsas amarillas con letras rojas en caso de incineración (Figura 20).

Los residuos especiales que son incinerados y autoclavados son respectivamente:

- Residuos: patológicos, sangre derivados saturados en sangre como algodones o gazas.
- Residuos: Cortopunzantes, cultivos y muestras.



**Figura 20: Bolsas utilizadas para la segregación de REAS.**

- Transporte interno: El transporte interno consiste en el movimiento de los residuos desde las salas de generación hacia las bodegas de almacenamiento interno y almacenamiento transitorio mediante recolectores. Se realiza una vez alcanzado 90% de la capacidad total de los contenedores o en los horarios de recolección (8:30 A.m., 11:00 A.m. y 16:00 P.m.). El transporte realizado depende de las tipologías de residuos, donde los residuos especiales y peligrosos serán transportados por personal interno capacitado, el que consiste en 4 personas; 2 titulares a cargo y 2 remplazos. Los residuos asimilables serán transportados por personal de la empresa contratista Enter Clean S.A (6 personas) y los residuos radiactivos de baja vida media son transportados por el generador de medicina nuclear hacia las bodegas de acopio interna.
- Almacenamiento interno: El almacenamiento interno es realizado en bodegas de acopio interno. El HGGB dispone de 28 bodegas de almacenamiento para residuos especiales y 17 de residuos peligrosos (Figura 26) y una de residuos radiactivos de baja intensidad. Por su parte, los residuos asimilables son almacenados en las bodegas de residuos especiales y peligrosos. La Figura 21 muestra una bodega de acopio interna de residuos especiales y asimilables, la Figura 22 una bodega de acopio interno de residuos especiales y peligrosos y en la Figura 23 la bodega de acopio interno de residuos radiactivos de baja intensidad.



**Figura 21: Bodega interna de acopio transitorio de residuos especiales y asimilables a domiciliarios.**



**Figura 22: Bodega interna de acopio transitorio de residuos peligrosos y especiales.**



**Figura 23: Bodega interna de acopio transitorio de residuos radiactivos.**

- Almacenamiento transitorio: El almacenamiento transitorio es realizado en el patio del hospital donde se acopian todos los residuos generados durante el día para el posterior traslado hacia su disposición final. En este

lugar se encuentran 5 contenedores de 15 m<sup>3</sup> de residuos asimilables pertenecientes a la empresa de transporte de residuos Dimensión S.A (Figura 25). Además, existe una bodega de 20 m<sup>2</sup> de almacenamiento de residuos peligrosos y otra bodega idéntica para residuos especiales (Figura 24). La zona en la que se encuentran los contenedores de residuos asimilables es al aire libre, bajo techo y diseñada de tal manera para que exista escurrimiento y eliminación de lixiviados al alcantarillado.

En el caso de las bodegas de residuos especiales y peligrosos, están diseñadas de acuerdo al D.S N°6 (2009) del MINSAL:

- Piso de cerámico antideslizante, color claro, pendiente de 2% hacia resumidero recolector.
- Muros lavables con cerámicos hasta nivel de cielo raso.
- Cielo con pintura lavable de color blanco.
- Iluminación por dos canoas con tubos fluorescente de alta eficiencia, sellados antihumedad, de pantallas incoloras.
- Lavadero de plástico grueso adosado a muro con sifón de descarga a red sanitaria.
- Ventilación por extracción de aire forzado a 600m<sup>3</sup>/ hr., ubicado en la parte posterior de la sala.



**Figura 24: Bodegas de almacenamiento transitorio de residuos peligrosos y especiales respectivamente.**



**Figura 25: Espacio de acopio de residuos asimilables a domiciliarios y contenedores utilizados.**

En la Figura 26 se muestran la cantidad de bodegas internas de acopio por piso y los sitios de almacenamiento transitorios (contenedores y bodegas). e incluyen el horario de recolección con frecuencia de 3 veces al día de acuerdo con el Manual de manejo de REAS 2018-2023.

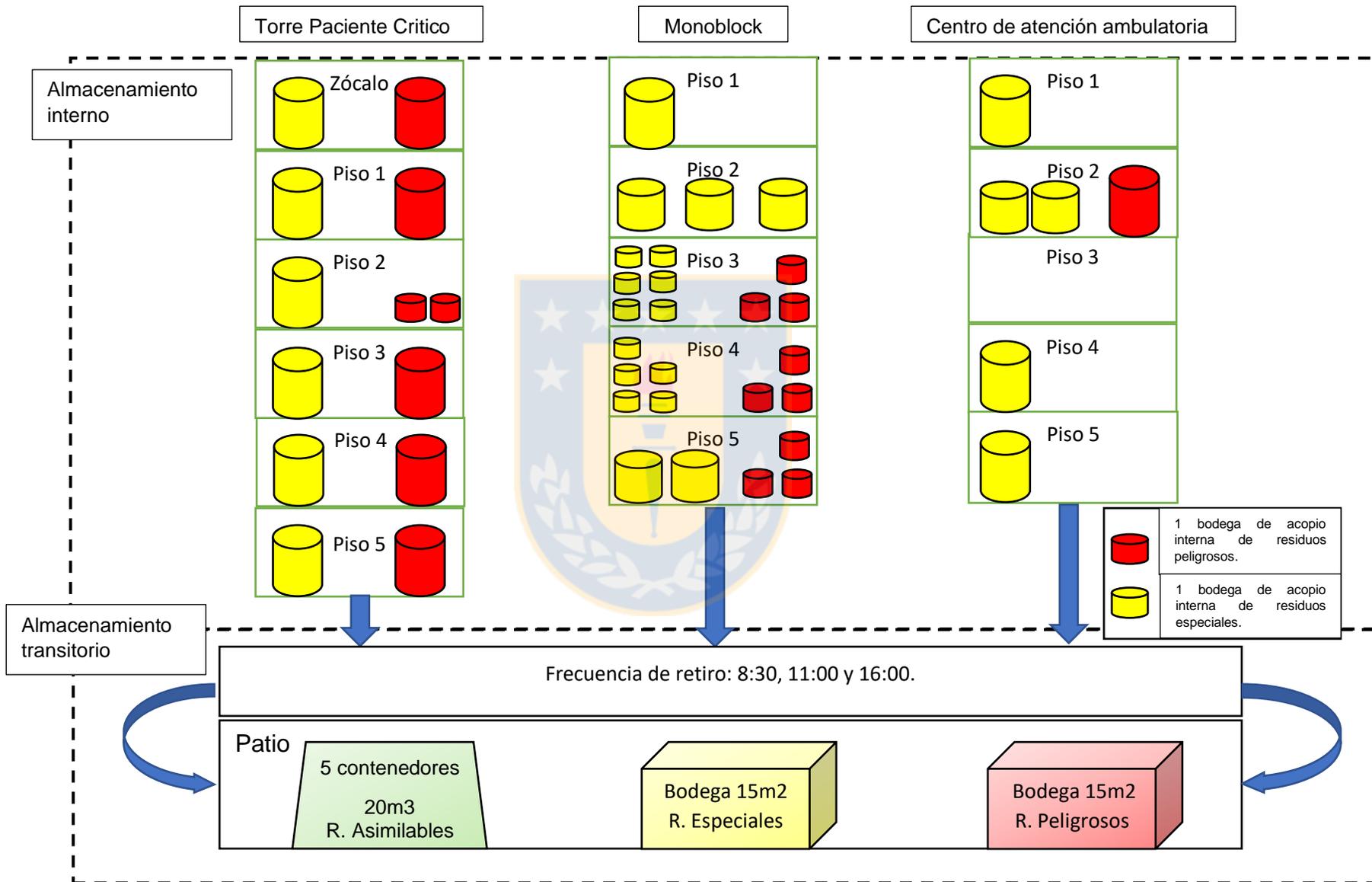


Figura 26: Diagrama de bloques que resume el almacenamiento secundario y transitorio.

#### ✚ Tratamiento:

A continuación, se detalla el procedimiento de tratamiento para la disposición final de REAS, de los residuos radiactivos de baja vida media, peligrosos y especiales:

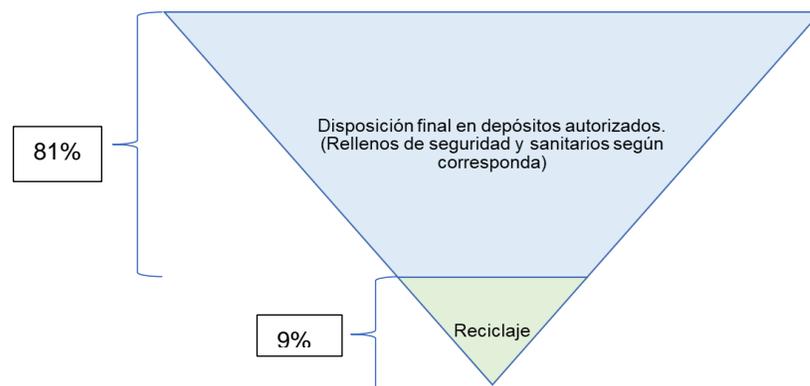
- Residuos radiactivos de baja vida media; Estos residuos son almacenados por el encargado de medicina nuclear durante 10 ciclos de semidesintegración del radioisótopo contenido en envases plomados en la bodega de acopio interno de medicina nuclear diseñada especialmente para residuos radiactivos, una vez realizado esto el encargado de protección radiológica revisa si la radiactividad se encuentra bajo los 74 bequerels para ser eliminado como residuos asimilables, peligrosos o especial según corresponda. En caso que se encontrase en estado líquido, este es diluido en proporción de 0,6 mCi por 500 mL de agua y dispuesto en el alcantarillado.
- Residuos Peligrosos: Estos residuos quedan a disposición de la empresa Hidronor S.A, el cual traslada los residuos desde las bodegas de almacenamiento transitorias al relleno de seguridad en Copiulemu, Concepción, donde se realiza el análisis físico-químico y el tratamiento de inertización correspondiente.
- Residuos especiales: Los residuos especiales son trasladados desde las bodegas de almacenamiento transitorio hacia la estación de transferencia en Talcahuano por Stericycle, donde los cortopunzantes almacenados en contenedores tipo biosystem (Anexo 8) son enviados a la planta de esterilización mediante autoclave en Temuco y los demás a la planta de esterilización por autoclave e incineración en Quilicura, Santiago. Donde los residuos patológicos y derivados de la sangre son incinerados, y los cultivos y cortopunzantes son esterilizados.

## ✚ Disposición final:

En cuanto a la disposición final para cada residuo es la siguiente:

- Residuos asimilables a domiciliarios: La disposición final es realizada por Dimensión S.A, trasladando y disponiendo los residuos en relleno sanitario ubicado en Penco, Concepción, perteneciente a la empresa Cemarc S.A.  
Por otro lado, los residuos de cartón de esta categoría son reciclados por la agrupación de recolectores Recicla Biobío como muestra de compromiso social del hospital y con la finalidad de disminuir la cantidad de residuos que son dispuestos en rellenos sanitarios.
- Residuos Peligrosos: Una vez tratados son dispuestos en el relleno de seguridad antes mencionado, perteneciente a la misma empresa Hidronor S.A, ubicada en Talcahuano.
- Residuos Especiales: Los residuos esterilizados en Temuco y esterilizados e incinerados en Santiago son dispuestos en rellenos de seguridad ubicados en la misma comuna donde se realiza el tratamiento.

Finalmente, la Figura 27 muestra la disposición final que se lleva a cabo con los REAS, donde solo el 9% es reciclado correspondiente a residuos asimilables a domiciliarios de cartón.



**Figura 27: Disposición de REAS en el HGGB.**

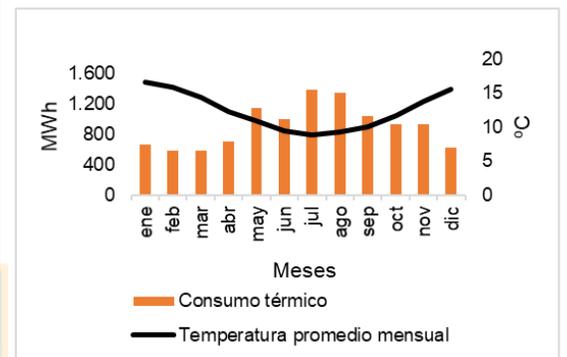
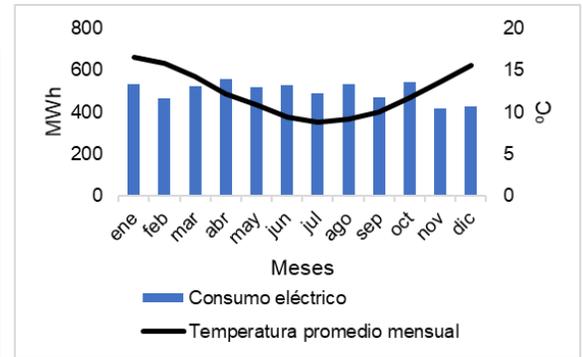
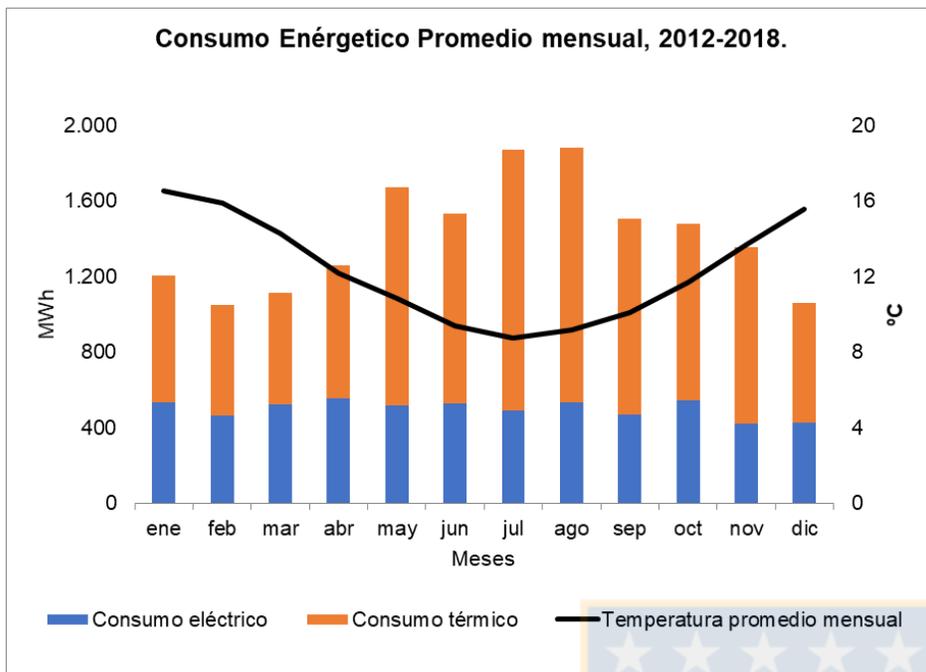
#### 4.1.3. Gestión energética

Se debe tener en consideración que la información sobre la gestión energética del hospital ha sido recuperada del programa de eficiencia energética elaborado el 2015 por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) en conjunto con comprobantes de pago del año 2018 proporcionados por el hospital, por lo que existe ausencia de datos en los años 2016 y 2017.

Para contextualizar, la energía eléctrica es suministrada a través de dos empalmes ubicados en el Centro de atención ambulatoria y Monoblock y, la energía térmica es suministrada por 6 calderas alimentadas por gas natural ubicadas dentro en la sala térmica en Monoblock, además, el hospital cuenta con 2 grupos electrógenos de respaldo:

- 2 generadores de 1000 kVA en el Centro de atención ambulatorio
- 3 generadores de 450 kVA en Monoblock y Torre paciente crítico.
- 

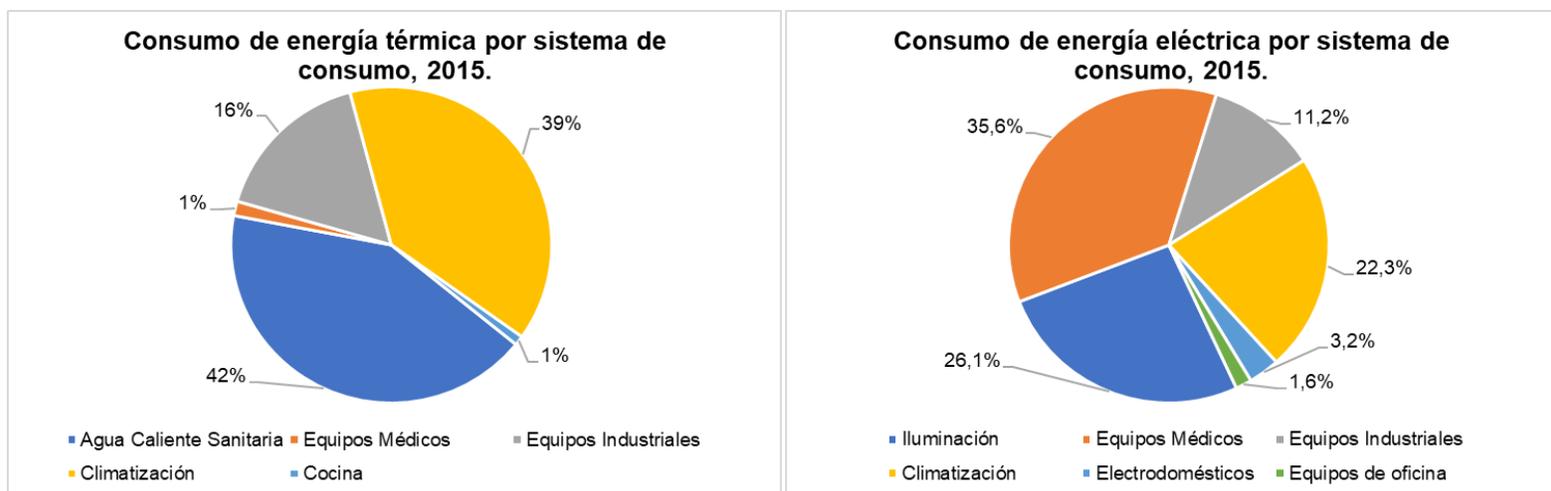
Por otro lado, el hospital tiene un consumo energético anual total de 16.830 MWh, donde un 69% corresponde a energía térmica y 31% energía eléctrica. En la Figura 28 muestra el consumo energético total mensual, se nota un mayor consumo de energía térmica por sobre la eléctrica en los meses de invierno (julio, agosto y septiembre) y un consumo similar en los meses de verano (enero, febrero y marzo). Este comportamiento es debido a que el consumo eléctrico no tiene grandes variaciones en el tiempo y la energía térmica si tiene variaciones que dependen de la temperatura, lo que se puede observar en la Figura 28.



**Figura 28: Consumo mensual promedio eléctrico y térmico, 2012-2018**

Lo anterior se puede explicar a través de la Figura 29 donde se muestra el consumo energético térmico y eléctrico por sistema de consumo según el programa de eficiencia energética del 2015 del HGGB elaborado por la AChEE, ya que la actualización de esta información requiere de una auditoría detallada y por lo tanto, mayor disponibilidad de tiempo.

En ese sentido el consumo de energía térmica en su mayoría se debe al consumo de agua caliente sanitaria y a la climatización particularmente la calefacción con porcentajes del 42% y 39% respectivamente, en cambio el consumo eléctrico depende mayoritariamente de los equipos médicos, iluminación y también a la climatización pero particularmente para el enfriamiento, con porcentajes del 36%, 26% y 22%. Por lo que es de esperarse una variación del consumo de energía térmica con respecto a las condiciones climáticas y, un comportamiento más estable en los consumos de energía eléctrica ya que los equipos médicos y la iluminación llevan un funcionamiento continuo, es decir, requieren estar conectado las 24 horas al día indistintamente de su uso.



**Figura 29: Consumo de energía por sistema de consumo, 2015.**

Fuente: AChEE, 2015.

En la Tabla 5 se resume los sistemas de iluminación y climatización en el año 2015. Respecto a la iluminación es posible notar que los tubos fluorescentes son los más utilizados debido a su costo en el mercado y a que tienen una eficacia luminosa comparable a la de la iluminación Led (38-91 lm/W y 55-95 lm/W respectivamente), sin embargo, la vida útil de los tubos fluorescentes es entre 3 a 8 veces menor que la iluminación Led (5000-10000 horas y 35000-50000 horas respectivamente), además, estos no son recomendables por transformarse en residuos peligrosos una vez terminada su vida útil.

**Tabla 5: Sistemas de iluminación y climatización del hospital del año 2015.**

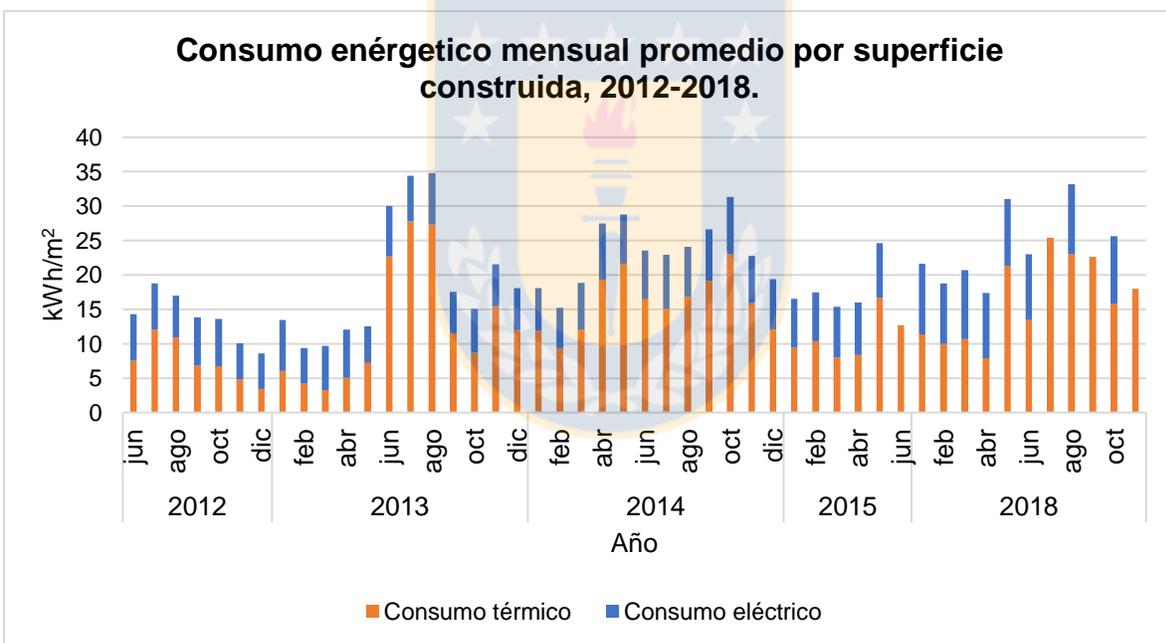
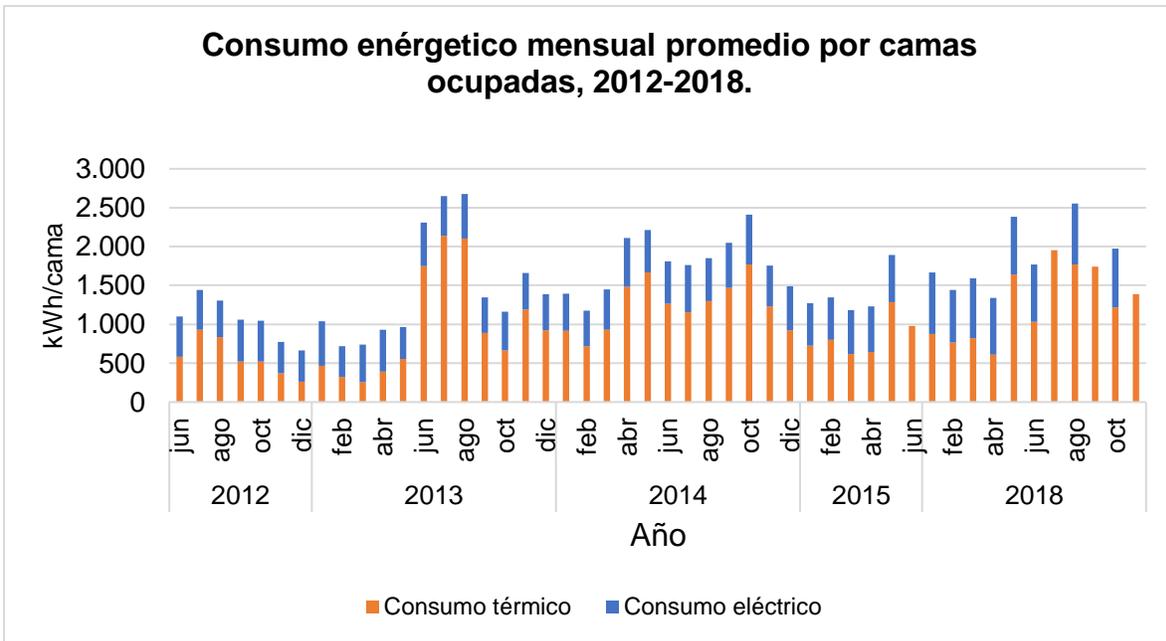
Sistema de iluminación	Cantidad	Sistema de climatización	Cantidad
Fluorescentes	12.767	Chillers	10
Fluorescentes compactas (PL-c)	950	Calderas	6
Dicroica	59	UMAs	42
Incandescentes	190	Fan-coil	181
Led	544	Radiadores	746

Fuente: AChEE, 2015

Por otro lado, la climatización se puede separar en sistemas de generación y de transmisión energética, donde ya se ha mencionado que la generación es a través de un sistema convencional de 6 calderas alimentadas por gas natural y 10 chillers para el enfriamiento alimentados por electricidad y, la transmisión es a través de un sistema aire-agua que utiliza radiadores y fan-coil para la calefacción y el enfriamiento respectivamente los que van conectados a una unidad de tratamiento de aire (UMAs) la cual controla la distribución de calor o frío según las condiciones ambientales (Tabla 5).

Estos sistemas son considerados eficientes por la AChEE y, además, tienen la capacidad de adaptarse a tecnologías de energía renovables.

Por otra parte, en la Figura 30 se observa el consumo promedio mensual de energía térmica y eléctrica por camas ocupadas y por superficie construida respectivamente entre los años 2012-2018, donde es posible afirmar que para el año 2013 existió un alza en el consumo energético en comparación a los demás años que está relacionado con la cantidad de pacientes atendidos debido al compromiso de atención a pacientes con garantía explícita en salud (GES), esto significó 15000 atenciones por sobre las realizadas en el 2012 (HGGB, 2013) y 35000 por sobre las atenciones realizadas el 2015 que son los años con menor consumo energético (Anexo 3).



**Figura 30: Consumo energético mensual promedio por cama y superficie construida respectivamente, 2012-2018.**

Por otro lado mediante la Tabla 6 es posible comparar el consumo energético mediante indicadores de energía.

**Tabla 6:** Indicadores de consumo energéticos

Hospital/indicador	Camas	Superficie (m <sup>2</sup> )	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/camas
Hospital GGB (2018)	897	69.000	20	1.548
Hospital de Punta Arenas (2012)	377	41.000	16	1700
Hospital de Arica (2012)	249	40.000	10	1600

Fuente: AChEE, 2013.

Según lo anterior se puede inferir que el HGGB tiene una gestión eficiente de su energía respecto al consumo por paciente hospitalizado, ya que la cantidad de energía consumida por cama ocupada es menor que la de ambos recintos hospitalarios lo que es debido a que el HGGB tiene aproximadamente 3 veces más camas que los otros recintos hospitalarios por lo que la energía consumida por superficie es aprovechada por una mayor población. No obstante es posible observar que la energía consumida por superficie en el HGGB es el doble que la del hospital de Arica y 20% mayor que la del hospital de Punta arenas, en ese sentido se puede explicar debido a la condición climática de Arica que permite un menor consumo de energía en la calefacción del hospital y por otro lado el hospital de Punta arenas es uno de los hospitales más modernos de la zona sur, donde se consideró en su construcción aspectos de eficiencia energética como la iluminación, climatización e infraestructura (AChEE, 2013) permitiéndole un mejor desempeño energético.

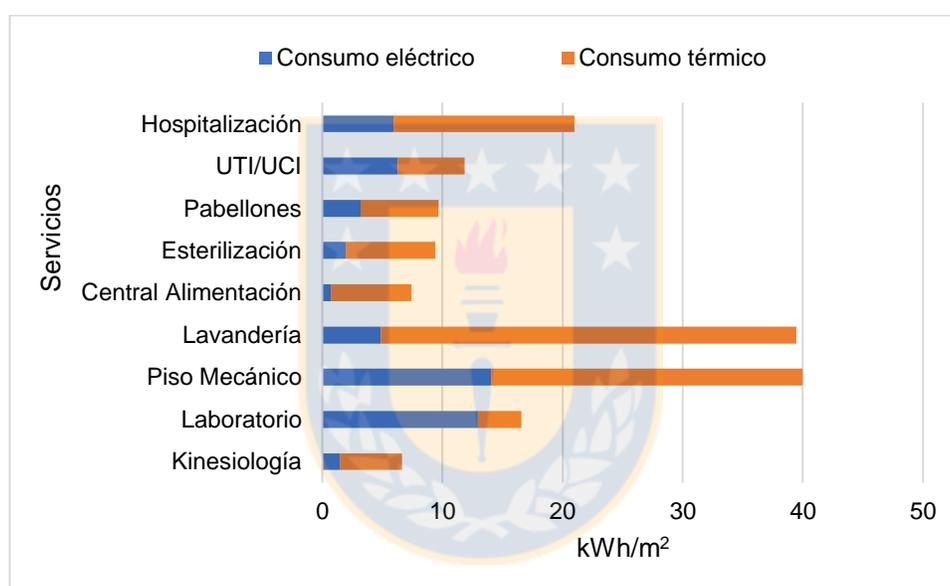
Por otro lado, el HGGB en el 2018 ha implementado medidas como:

- Sistema fotovoltaico de 100 kWh para la generación de electricidad, el cual está constituido por 402 paneles solares de 250 kW de potencia.
- Implementación de tecnología de iluminación LED de bajo consumo.
- Cambio de Caldera de vapor alimentada por carbón a Caldera de vapor alimentada por gas natural el 2017.

Sin embargo, debido a la ausencia de un sistema de gestión energético el HGGB muestra un monitoreo de las mejoras energéticas, pero no verifica resultados y por lo

tanto no propone nuevas medidas de mejora generando un estancamiento del progreso en términos de eficiencia energética.

Por otro lado la complejidad del servicio de salud obliga al hospital a mantenerse en funcionamiento las 24 horas, en ese sentido servicios como el Piso Mecánico encargado de pacientes que requieren de respiración artificial o el de Hospitalización tienen altos consumos energéticos, además, debido a los estándares de calidad como la higiene y sanitización de sábanas o ropa generan altos consumos de energía en el servicio de Lavandería, siendo uno de los servicios con mayor consumo energético luego del Servicio Piso Mecánico (Figura 31).



**Figura 31: Consumo energético promedio anual por servicio y superficie construida, 2015.**

Fuente: AChEE, 2015.

A modo de conclusión, el HGGB presenta grandes consumos energéticos en su mayoría térmico debido a las condiciones climáticas de la zona y a la gran cantidad de pacientes atendidos (470.000 aproximados), además, de mantener servicios las 24 horas en funcionamiento, lo que implica el funcionamiento de iluminación y equipos médicos,

finalmente la implementación de estrategias que optimicen la gestión energética significa oportunidades para la disminución de los costos por consumo energético.

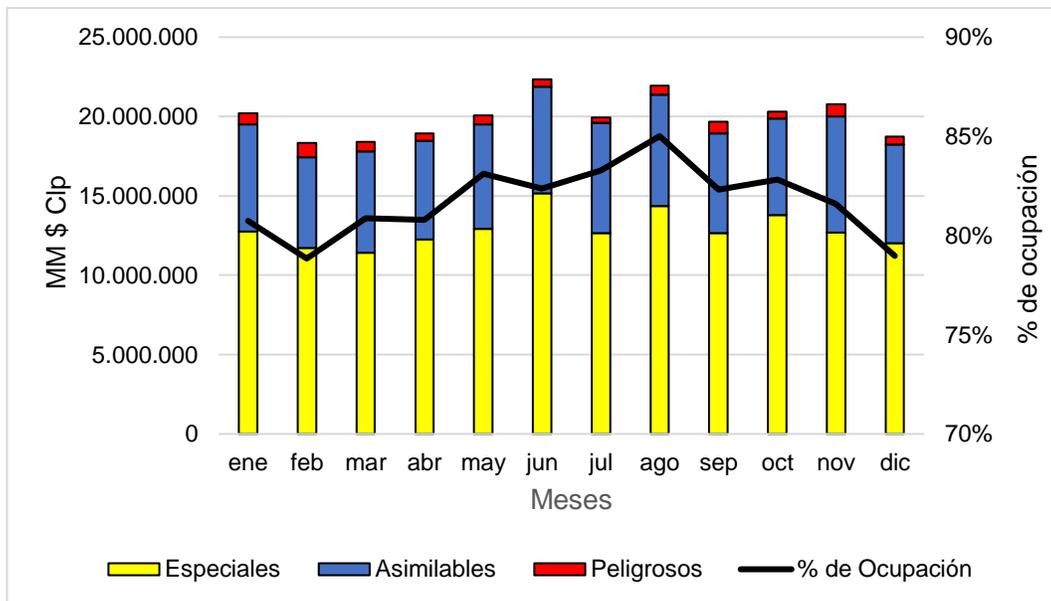
#### 4.1.4. Costos por gestión de REAS y energía.

En esta sección se detallarán los costos en dos secciones: costos por gestión de REAS y costos por gestión energética, los cuales dependen directamente de los resultados de los puntos 4.1.1 ; 4.1.2. y 4.1.3.

- Costos por gestión de REAS.

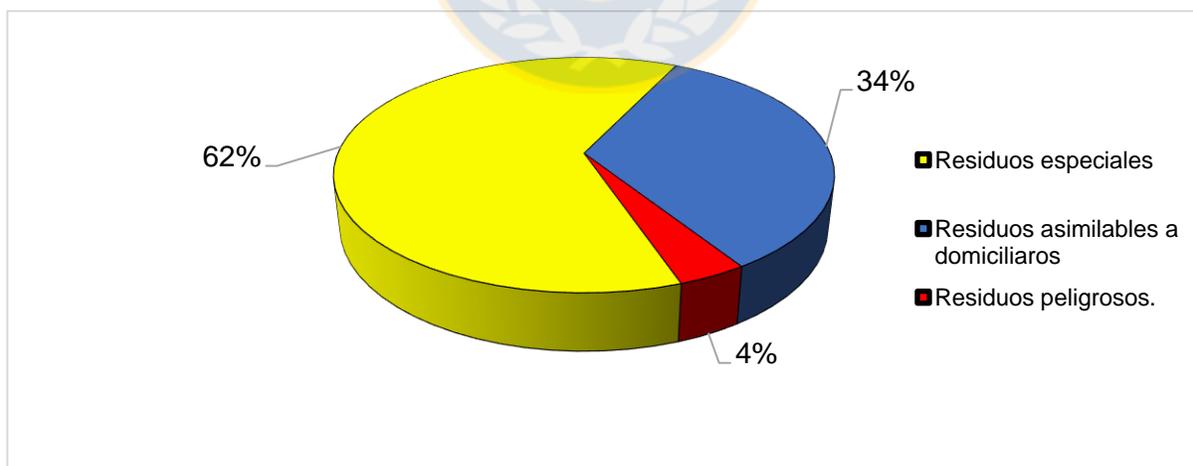
Cabe destacar que la información relacionada a los costos asociados a la gestión de REAS obtenidos solo hace referencia al transporte, tratamiento y disposición de REAS del 2017, debido a que no se encontró información de años anteriores y el año 2018 solo se encontraba hasta Agosto.

En general, la Figura 32 resume el costo por disposición de residuos total y lo relaciona con el porcentaje de ocupación donde notamos que existe una proporcionalidad directa entre estos. Por otro lado se puede observar que la disposición de residuos especiales es el factor con mayor incidencia en los costos por cama, seguido por los residuos asimilables y finalmente los peligrosos.



**Figura 32: Costos total mensual por disposición de REAS por tipología.**

Apoyando lo dicho anteriormente, la Figura 33 muestra el porcentaje que representa la disposición de cada tipología de REAS donde los residuos especiales representan un 62% del total, seguidos por los residuos asimilables con un 34% y finalmente los residuos peligrosos con un 4%.



**Figura 33: Representación de los costos por disposición de REAS, 2017.**

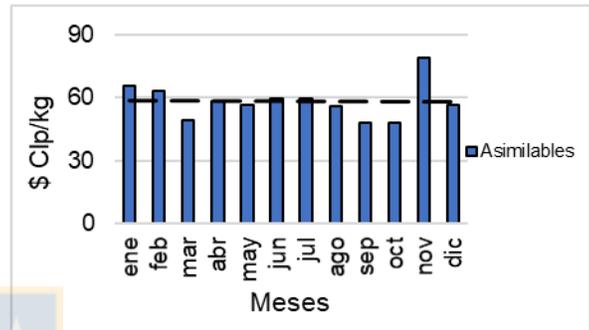
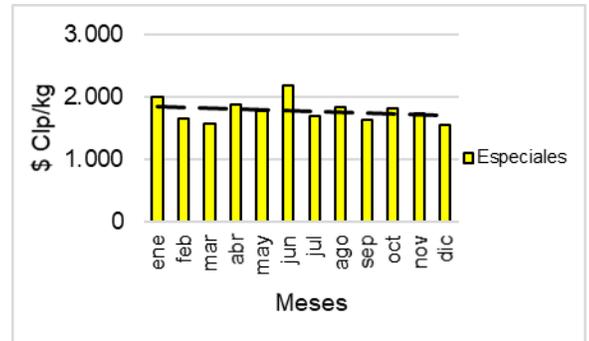
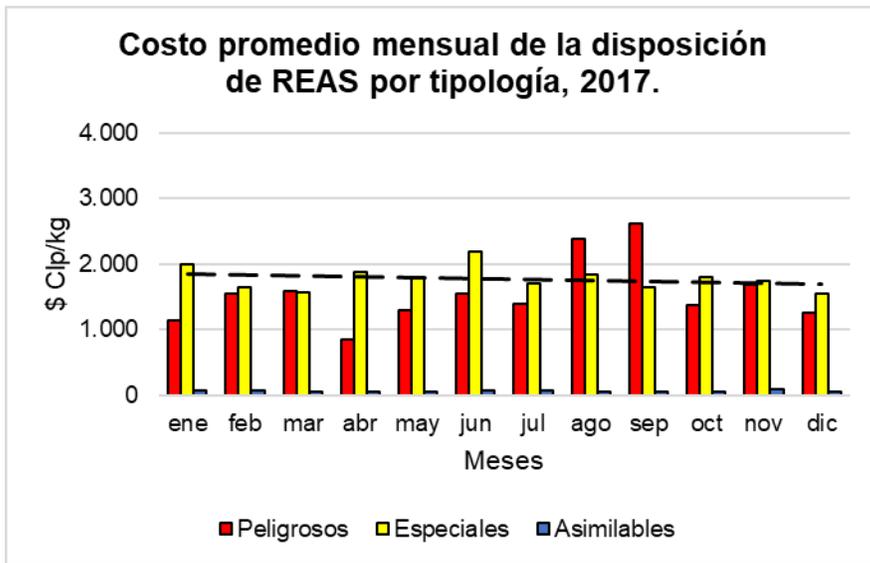
Lo anterior puede ser explicado a través de la Tabla 7 donde se observa que la razón de los altos costos de disposición de residuos especiales, aun considerando su baja generación en relación a los residuos asimilables es debido al precio por kg de residuo, donde los costos por disposición de residuos especiales (1779 \$Clp) son 2900% más elevados que los de la disposición de residuos asimilables (61 \$Clp). Por otro lado, si bien los residuos peligrosos tienen un costo más elevado (1.959 \$Clp) que los residuos especiales, estos son generados en cantidades mínimas (0,6%), por lo tanto, el valor final de su disposición es mucho menor.

**Tabla 7: Resumen de costos por residuo e indicador en el 2017.**

Residuo/indicador	\$ Clp/mes	\$ Clp/kg	\$Clp / Cama ocupada*mes
Residuos especiales	12.741.000	1.779	17.380
Residuos asimilables a domiciliarios	6.883.000	61	9.389
Residuos peligrosos.	776.000	1.959	1.058

Estos precios elevados están asociados a: transporte en el caso de los residuos especiales que deben ser trasladados hasta Santiago o Temuco, al tratamiento de Inertización o esterilización en caso de residuos peligrosos o especiales, y a la disposición en rellenos de seguridad. La disposición de los residuos asimilables no considera tratamiento de residuos ni tampoco la disposición en rellenos de seguridad, es por esto que es considerablemente más barata.

Además, notamos mediante la Figura 34 que la variación de costos por tipología es relativamente baja, donde las variaciones más grandes en los costos de disposición por kilogramos de residuos especiales, asimilables y peligrosos suceden según lo explicado en terreno por una demora en la cobranza de los residuos, como por ejemplo; la alza de precios de residuos peligrosos en Agosto se debe a que no se cobró la cantidad total de residuos a disponer en el mes de Junio, por lo tanto, esta deuda es cobrada al mes siguiente, aumentando los costos por disposición para ese mes.



**Figura 34: Costo promedio mensual por kilogramo y por tipología de REAS a disponer, 2017.**

Finalmente podemos concluir que los costos por disposición de REAS dependen de la generación de residuos especiales, debido a que se requieren de actividades que certifiquen la seguridad de las personas que requieren de una mayor inversión en el transporte, tratamiento y disposición. Por otro lado, en el punto 4.1.1 es posible observar un aumento en la tendencia en la generación de residuos especiales, por lo que es importante proponer medidas para la minimización en la generación de REAS y a la vez implementar sistemas que den solución a la disposición de REAS como la gasificación, con la finalidad de disminuir los costos y los impactos ambientales provocados por el transporte, el tratamiento y la disposición de los REAS.

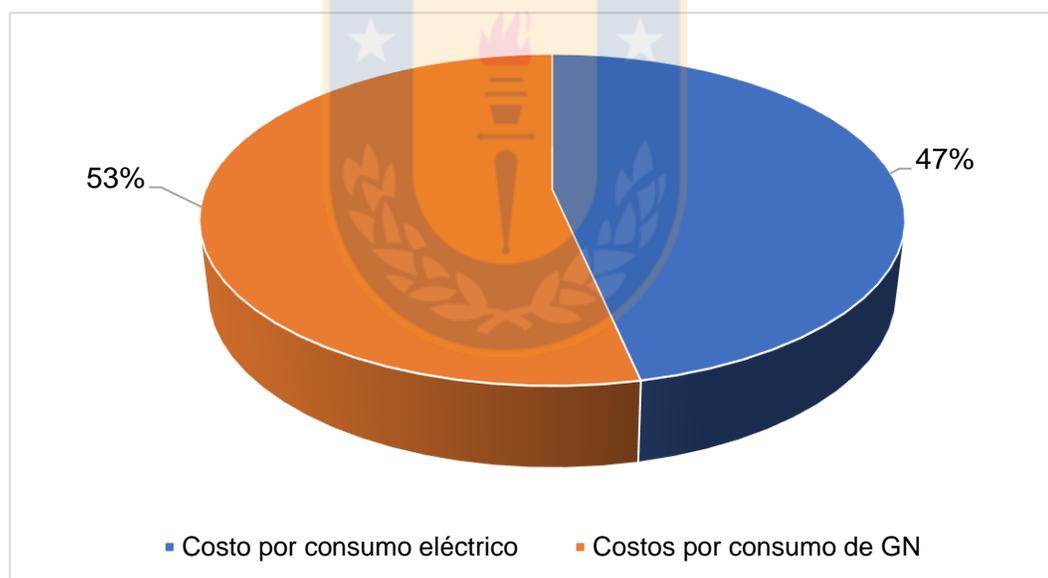
- Costos por consumo energético.

Los costos por consumo energético se basan en el consumo de gas natural y energía eléctrica, en general son resumidos en la Tabla 8, donde es posible notar que el costo total promedio por consumo energético al año es de 1.031 MM \$CLP, donde un 57%

corresponde al consumo de gas natural y un 43% corresponde al consumo de electricidad (Figura 35)

**Tabla 8: Resumen de los costos y unidades de energía consumida promedio entre el 2012-2018 en el HGGB.**

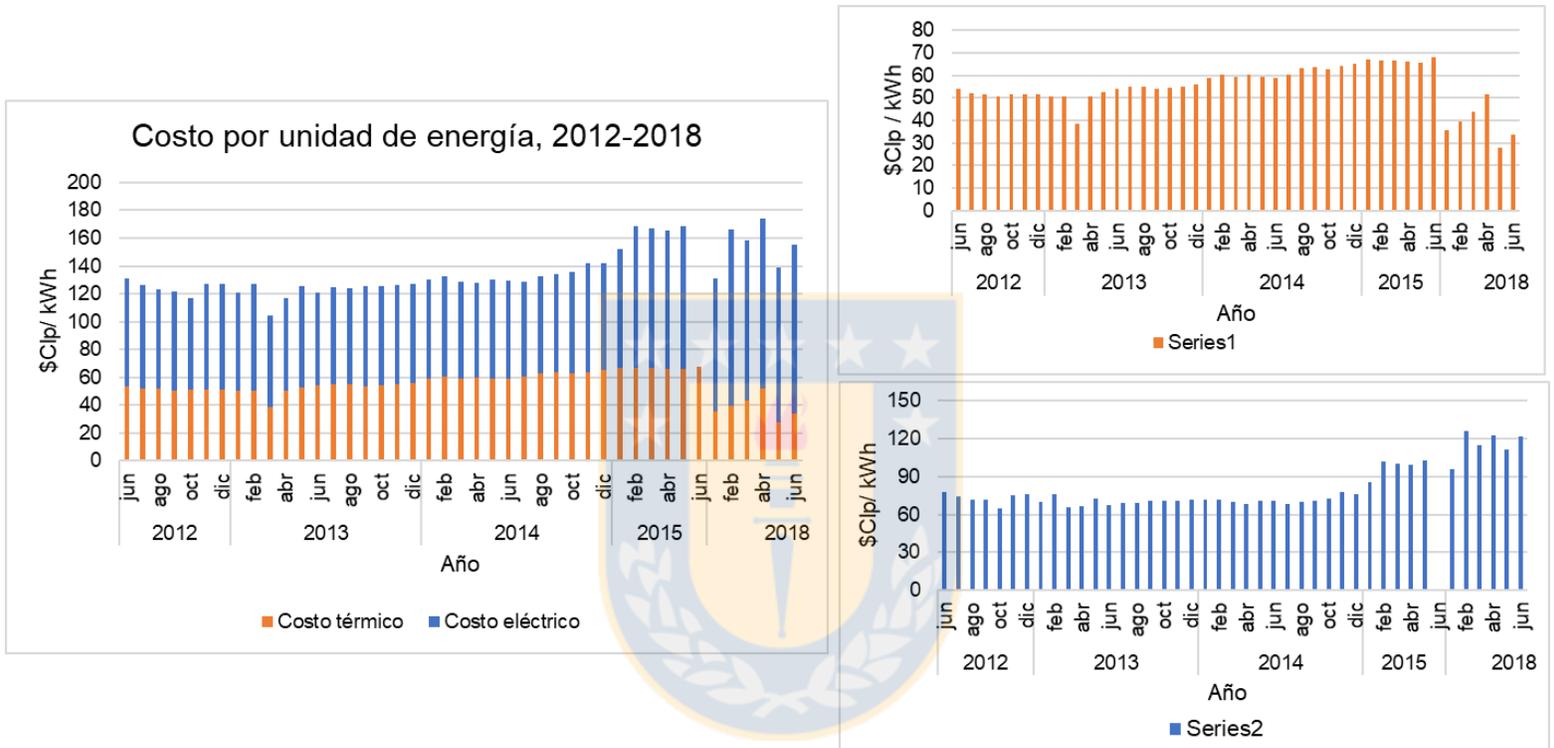
Ítem	Valor	Unidad
Superficie del edificio	69.000	m <sup>2</sup>
Facturación anual	1.031	MM \$Clp/año
Costo por unidad de superficie	14.946	\$Clp/m <sup>2</sup> *año
Costo por cama ocupada.	127.919	\$Clp/año
consumo por unidad de superficie	247	kWh/m <sup>2</sup> *año
Consumo por cama ocupada	20.435	kWh/año
Consumo en iluminación por superficie	19	kWh/m <sup>2</sup> *año
Consumo en climatización por superficie.	88	kWh/m <sup>2</sup> *año



**Figura 35: Representación de los costos por consumo energético promedio entre el 2012-2018.**

No obstante lo anterior, la Figura 36 muestra que el costo por unidad de energía eléctrica tiene un costo un 30% superior que el costo del gas natural, donde ambos muestran tener un precio mensual constante con la excepción del año 2018

el que muestra disminución en los precios del gas y alzas en los precios de electricidad donde este último se contradice con el convenio de cliente libre acordado el 2018 el cual pretendía bajar el costo eléctrico, por otro lado la disminución de los costos por unidad de gas natural puede deberse a un nuevo convenio con la empresa Gas Sur, no obstante, esta información no pudo ser corroborada por el HGGB.

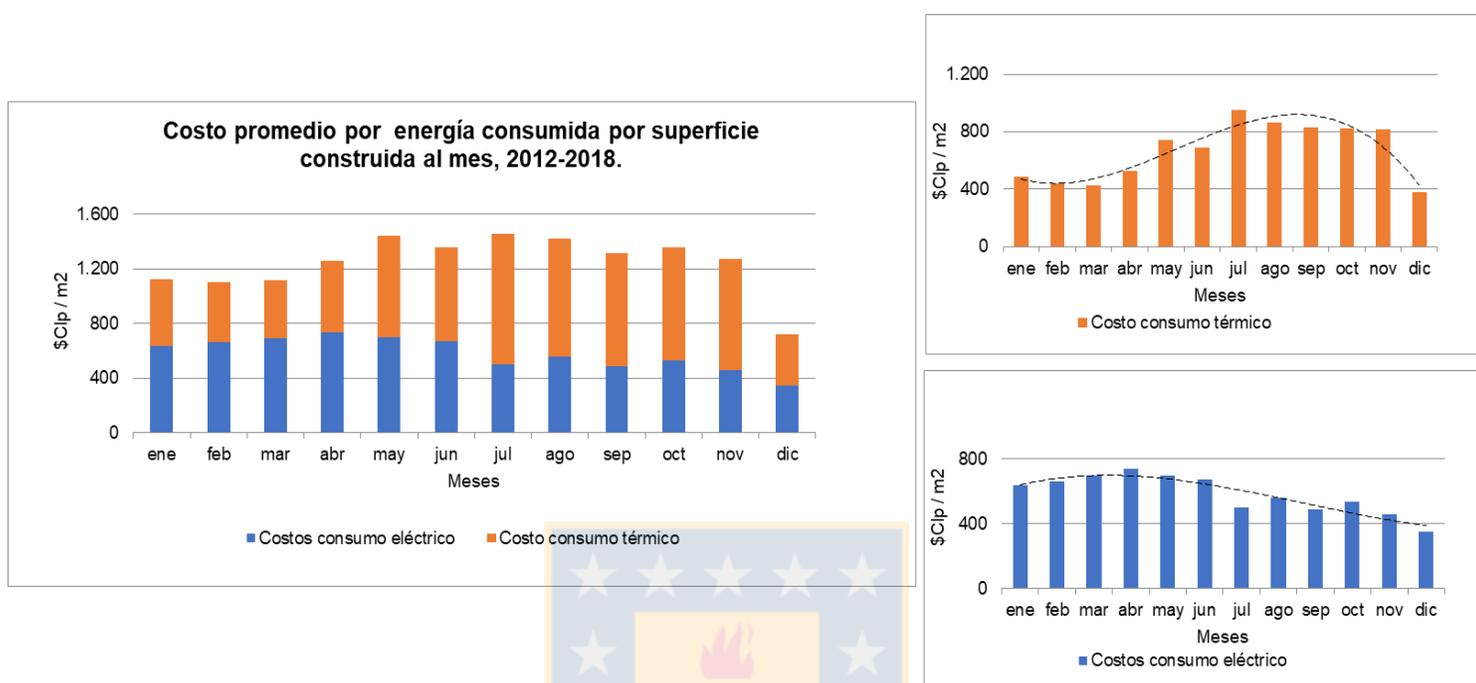


**Figura 36: Costos promedio mensual por unidad de energía, 2012-2018.**

La Figura 37 muestra los costos por consumo energético por superficie construida, donde es posible identificar una tendencia de aumento de los costos en los meses de invierno y disminución en verano por consumo de gas natural, por otro lado, la energía eléctrica tiene una tendencia inversa a la de la energía térmica, aumentando sus costos en los meses de verano y disminuyendo en invierno.

Lo anterior se explica a través de la climatización del recinto, ya que como se señaló en el punto 4.1.3, la calefacción es generada a través de un sistema de calderas

alimentadas por gas natural, en cambio el enfriamiento es a través de chillers que consumen electricidad.



**Figura 37: Costo mensual de energía consumida por superficie construida promedio entre el 2012-2018.**

Finalmente, podemos concluir que la variación en los costos energético se deben al consumo de energía térmica, sin embargo, independiente de la variación mensual que pueda existir se prevé según lo visto en el punto 4.1.3 que la alza en el consumo energético provoque un también un alza de los costos por consumo en el tiempo, por lo que implementar tecnologías que ayuden a suplir el consumo energético aportaría a mejorar la situación financiera del HGGB.

Por otro lado, considerando el costo por consumo energético y el costo por disposición de REAS, el hospital gasta anualmente una suma aproximada de 1.375 MM \$C/lp que representan el 1,3% del presupuesto anual otorgado al HGGB, si bien es un porcentaje bajo con respecto al costo total del hospital este podría ser menor a través de la implementación de un sistema de valorización energética, ya que disminuiría los

costos por tratamiento y transporte de residuos y, además, los costos por consumo de gas natural y electricidad.

#### 4.2. Identificación de brechas en la gestión actual de REAS y de energía en el HGGB.

##### 4.2.1. Gestión de REAS.

Si bien el HGGB presenta un plan de minimización desde el 2015 que considera la reutilización de elementos de vidrio y metales a través de la esterilización por autoclave, el reciclaje de residuos asimilables y la sustitución de materias primas peligrosas, se ha observado en la Figura 11 que la generación de REAS ha ido en aumento y en la Figura 27 que existe un bajo porcentaje de reciclaje siendo esta la principal medida de minimización.

Además, se observó en terreno que el HGGB cuenta con un gran porcentaje de residuos orgánicos y plásticos según lo visto en el punto 4.1.1 que no son reciclados o valorizados antes de ser dispuestos, lo anterior se relaciona a que no existe un monitoreo continuo de las actividades tampoco una verificación de los resultados obtenidos de las actividades propuesta en el plan de manejo de REAS.

Por otro lado la Tabla 13 muestra las brechas identificadas que corresponden exclusivamente a las no conformidades del D.S. N°6 del 2009 obtenidas en la auditoría realizada (Anexo 6), donde se compara las brechas actuales con las identificadas el 2012 en la investigación realizada por Vivar (2012).

**Tabla 9: Inconformidades resultante de la auditoría del D.S. N°6 del 2009, para el de manejo de REAS.**

Etapa de la gestión	Artículo incumplido del D.S. N°6 del 2009.	Manejo de REAS 2012.	Manejo de REAS 2019.
Segregación	Art. 8.  Segregación de REAS por tipología.	Se observó una buena segregación en el origen. 	<b>Se observó una buena segregación en el origen, no obstante durante el muestreo se hallaron 4 bolsas de residuos asimilables a domiciliarios contaminadas con pequeñas cantidades de residuos especiales cortopunzantes y algodones saturados en sangre y otros fluidos corporales.</b>
Almacenamiento.	Art. 9  Dotación y condiciones de Contenedores adecuados.	Varios servicios no cuentan con la cantidad de contenedores necesarios, según categoría y volúmenes que se generan.	<b>Solo Medicina nuclear no posee la cantidad de contenedores necesarios para residuos asimilables a domiciliarios.</b>
	Art. 9	En diversos servicios los contenedores no se encuentran en un lugar	Todos los servicios cuentan con bodegas de acopio interno previamente

	Dotación y condiciones de Contenedores adecuados.	previamente determinado y debidamente identificado.	determinada y debidamente identificada (Figura 24).
Art. 12	Características de contenedores.	En ciertos servicios los contenedores no poseen tapa de cierre ajustado, color y rotulación que se indican en el reglamento.	Todos los servicios cuentan con contenedores en buen estado, con sus tapas de cierre ajustado, color y rotulación indicada en el reglamento.
Art. 16	Capacidad permitida por contenedor ( $\frac{3}{4}$ de su volumen)	La falta de contenedores de residuos domiciliarios generaba excesos en la capacidad de estos en ciertos servicios, retirándose de la zona de generación cuando ha superado $\frac{3}{4}$ de su capacidad.	Se observo una dotación idónea de contenedores de residuos asimilables a domiciliarios y una frecuencia de retiro que permitía el cumplimiento del reglamento.
Art. 17	Condiciones de retiro de REAS.	El retiro de REAS desde zonas de generación se practica en horarios no establecidos.	El horario establecido para el retiro de REAS es cumplido.
Art. 21	El recinto hospitalario debe contar con	La bodega de REAS subterráneo y bodega de residuos peligrosos no cuentan con la autorización sanitaria competente.	Todas las bodegas cuentan autorización sanitaria por el SEREMI de salud

	bodegas autorizadas.		
	Art. 22 Características del almacenamiento.	Las bodegas de almacenamiento transitorio y ciertas bodegas de acopio interno no están diseñadas de tal forma que permita el trabajo seguro, facilitando el acceso del personal y maniobras de carros de recolección interna, debido a su tamaño insuficiente.	<b>Si bien las bodegas de almacenamiento transitorio contaban con el espacio para el manejo adecuado, ciertas bodegas de acopio interno no cumplían con este requisito, debido a su tamaño insuficiente dificultando la recolección interna de REAS.</b>
	Art. 22 Características del almacenamiento.	La bodega de acopio interno subterráneo no posee sectores separados y señalizando las diferentes categorías de REAS generados el establecimiento	Todas las bodegas de acopio interno poseen sectores separados y una correcta señalización de REAS generados.
	Art. 22 Características del almacenamiento.	En diversos servicios las puertas se encuentran en mal estado lo cual impide el acceso y retiro seguro de residuos	Todas las puertas se encuentran en buen estado.
	Art. 22 Características del almacenamiento.	Los acopios transitorios con los que cuenta el establecimiento no cuentan con iluminación artificial y ventilación	Los acopios transitorios cuentan con todas las exigencias por el reglamento.

		adecuada a los residuos almacenados, ni pendiente de al menos 2%	
	Art. 22 Características del almacenamiento.	Las bodegas de acopio interno no poseen lavamanos suficientes para permitir el aseo del personal.	Todas las bodegas poseen lavamanos suficientes.
Prácticas.	Art. 23 Condiciones en el procedimiento de manejo interno de REAS	Al encontrarse los acopios transitorios e internos habitualmente abiertos, permiten el ingreso de personas externas que no están encargadas del manejo de residuos.	<b>Si bien todas las bodegas se encontraban cerradas, estas no son bloqueadas permitiendo el ingreso de personas externas que no están encargadas del manejo de residuos.</b>
	Art. 44 Elementos de protección personal para el manejo de REAS.	Todo el personal cumple con los elementos de protección personal.	<b>Personal a cargo de la recolección de residuos asimilables a domiciliarios no presenta todos los elementos de protección personal.</b>

Se puede observar la gran mayoría de estas inconformidades identificadas por Vivar (2012), actualmente han sido superadas debido a la ejecución de actividades del plan de manejo, como la capacitación del personal a cargo y la reasignación de áreas de acopio para la disposición de REAS.

Sin embargo, en la actualidad existen algunas inconformidades como:

1. Errores en la segregación de residuos especiales.
2. Falta de contenedores de residuos asimilables.
3. Falta de espacio en algunas bodegas de acopio interno.
4. Falta de elementos de protección personal para los encargados de la recolección de residuos asimilables a domiciliarios, como pecheras plásticas y guantes en buen estado.

#### 4.2.2. Gestión energética.

En Primer lugar, las brechas en la gestión energética fueron identificadas a través de visitas de inspección e información disponible en el programa de eficiencia energética del 2015 facilitado por el HGGB comparadas con la Guía de eficiencia energética en establecimientos de atención de la salud de la AChEE elaborada el 2012.

En ese sentido, el HGGB no presenta ningún sistema de gestión energética siendo este un pilar fundamental para la mejora continua, por otro lado, tampoco posee información actualizada relacionada con la gestión energética, considerando que en los últimos años el hospital ha tenido modernizaciones, como el cambio de caldera, cambio de iluminaria, instalación de sistema fotovoltaico, entre otras.

Ahora, en la Tabla 10 se muestran las brechas relacionadas con los sistemas de iluminación, de climatización identificadas en el punto 4.1.3, ya que

realizar medidas correctivas en estos resulta más sencillo de evaluar, pues la modificación de equipos médicos o de infraestructura requieren de un análisis más detallado y de mayores inversiones económicas, por lo que resulta más complicado aplicar medidas correctivas en estos.

**Tabla 10: Brechas identificadas en sistemas de iluminación y de climatización.**

Sistema de Iluminación	Sistema de Climatización
Servicios con exceso de iluminación.	Falta de automatización.
Existencia de sistemas de iluminación de baja eficiencia, por ejemplo; iluminación incandescente, PL y dicroica.	Ausencia de sistemas alternativos de generación de energía térmica, como calderas de biomasa.
Desaprovechamiento de luz natural.	Desaprovechamiento de condiciones naturales.

4.3. Propuesta de medidas correctivas para la superación de brechas en la gestión de REAS y de energía en el HGGB.

#### 4.3.1. Gestión de REAS

Como se señaló anteriormente es posible notar un gran avance en términos de la gestión de REAS en comparación al año 2012, no obstante, es imperativo focalizarse en la mejora continua para disminuir hasta eliminar los riesgos a la salud, impactos ambientales y costos económicos asociados al manejo de REAS.

De acuerdo con esto se propone en primer lugar la implementación de un plan de manejo de gestión integrada de residuos sólidos (PGIRS) considerando la metodología del ciclo de Deming para una mejora continua, en ese sentido el

HGGB ya cuenta con la planificación la cual está establecida en el plan de manejo de REAS donde se incorpora todos los puntos que la legislación indica para cumplir con el control preventivo de los riesgos a la salud pública, sin embargo mediante el PGIRS se incorporaran aspectos ambientales y económicos, además de implementar un sistema de monitoreo y verificación a través de indicadores.

A continuación, en la Tabla 11 se resumen las medidas para el cumplimiento de las normativas incumplidas identificadas.

**Tabla 11: Resumen de medidas correctivas para el cumplimiento del D.S. N°6 del 2009.**

Etapa en la gestión de REAS.	Incumplimiento de D.S. N°6 del 2009.	Medidas correctivas.
Segregación.	Art. 8 Error en la segregación de REAS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Charlas informativas.</li> <li>- Revisión de inspección de residuos asimilables.</li> <li>- Sanciones en caso de incumplimiento reiterado.</li> </ul>
Almacenamiento.	Art. 9 Cantidad de contenedores insuficiente en medicina nuclear.	Compra de 2 contenedores 110 Lts. para almacenar residuos asimilables a domiciliarios.
	Art. 22 Bodegas de almacenamiento con espacio insuficiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar reorganización de contenedores.</li> <li>- Realizar ampliación en caso de ser posible.</li> </ul>

Prácticas.	Art. 23 Puertas sin sistema de bloqueo.	Instalación de un sistema de autobloqueo. Dotar de llaves
	Art. 44 Falta de elementos de protección personal.	- Abastecer de elementos de protección personal a todos los funcionarios relacionados con la gestión de REAS, en particular a recolectores. - Realizar Checklist de elementos de protección personal, al comenzar el turno y finalizarlo.

Por otro lado a continuación se detallan algunas medidas propuestas para la implementación del PGIR considerando todo el proceso de gestión desde la generación hasta la disposición final:

- Generación.

La generación de REAS es una de las etapas más relevantes para tomar medidas preventivas, ya que es el punto de origen de los residuos, por lo tanto, es el punto donde es posible disminuir la cantidad de residuos antes de tener que optar por medidas de compensación o mitigación, las cuales presentan costos económicos e impactos ambientales asociados a sus actividades.

Como se mencionó anteriormente el HGGB ya presenta un plan de minimización, sin embargo, a continuación se proponen más medidas para disminuir la generación de residuos, con la finalidad de guiar hacia la mejora continua la gestión de REAS:

- Compras verdes: análisis de insumos médicos utilizados para identificar insumos desechables que es posible dejar de consumir o pueden ser sustituidos por elementos reutilizables.

De esta forma se pretende disminuir el consumo de productos que, si bien, son necesarios podrían ser reutilizables o de materiales reciclables para disminuir la generación de residuos.

- Reutilización: Gestionar un sistema de compostaje a través de empresas externas dedicadas al rubro, esto permitiría la reducción de aproximadamente 1800 kg de residuos asimilables a domiciliarios, significando disminución de los GEI emitidos y lixiviados.

- Reciclaje: gestionar un sistema de reciclaje de residuos asimilables a domiciliarios preferentemente para plásticos, a través de la instalación de contenedores ubicados estratégicamente con su respectiva señalética y empresas externas dedicadas al rubro.

Esta medida tiene beneficios económicos y ambientales, ya que es posible comercializar como materia prima los residuos generados, disminuyendo la cantidad de residuos que deben ser dispuestos en rellenos sanitarios.

Cabe destacar que para el cumplimiento de esta medida, es importante considerar realizar charlas informativas respecto al como reciclar y compostar y su importancia ambiental, social y económica, asegurando el compromiso de la comunidad hospitalaria.

- Segregación.

La segregación es la etapa con mayor riesgo para la salud de las personas debido a la situación de contacto directa entre el generador y los residuos (Vivar, 2012), además, esta actividad determina como se gestionarán los residuos durante el manejo interno y externo hasta su disposición final.

En general se observó en terreno una buena segregación en el origen, sin embargo, en el muestreo se halló en 3% de las bolsas de residuos asimilables pequeñas cantidades de residuos especiales como jeringas con agujas, gazas y algodones saturados en sangre y otros fluidos corporales.

Para evitar lo anterior se propone:

- Capacitación: Realizar charlas informativas dirigidas a los generadores con frecuencia semanal, con la finalidad de crear hábito de segregación y recordar la importancia de esta.
- Inspección: Revisiones inspectiva de las bolsas con sanción en caso de infracciones reiteradas, de esta manera se obliga al generador a cumplir.

- Almacenamiento

Uno de los aspectos que más ha tenido progresos en cuanto a la gestión de REAS en el HGGB es el almacenamiento, ya que se incorporaron y adaptaron bodegas de almacenamiento interna y transitorias para dar cumplimiento al D.S. N°6 del 2009, sin embargo, se identificó en terreno que algunas bodegas internas no poseen el espacio necesario para realizar maniobras de recolección, además, de no estar bloqueadas, permitiendo el ingreso de personas externas.

Para lo anterior se propone:

- Realizar la ampliación de bodegas o la redistribución de los contenedores siempre cuando sea posible.
  - Dotar de un sistema de autobloqueo para bodegas de almacenamiento interno, lo cual elimina la responsabilidad de bloquear las puertas a los funcionarios a cargo, quienes debido a que resulta poco práctico no realizan esta función.
- Tratamiento, transporte y disposición final.

Debido a que el tratamiento, transporte y disposición final es ejecutado por empresas externas, se desconoce el procedimiento específico realizado por cada una de estas, es más solo se conoce el recorrido y el tipo de tratamiento que recibe cada residuo, el cual se especifica en el punto 4.1.2.

En general, se ha descubierto que los residuos en el HGGB poseen un potencial energético debido a su composición (20% plásticos y 17% papel), además, de que su reciclaje resulta complicado debido a que son residuos contaminados (puntos 4.1.1 y 4.1.2). Por otro lado, la disposición final de REAS especiales resulta particularmente costosa económicamente y con altos impactos ambientales debido a su transporte y tratamiento.

Debido a lo anterior se propone:

Valorización energética: implementar un sistema in situ de valorización energética de residuos, utilizando la tecnología de gasificación o incineración con un sistema de generación de energía combinada térmica y eléctrica, tecnologías que se ha demostrado tienen características técnicas, económicas y ambientales favorables en comparación a la disposición en rellenos sanitarios o la incineración sin recuperación energética realizada comúnmente en el tratamiento de residuos especiales.

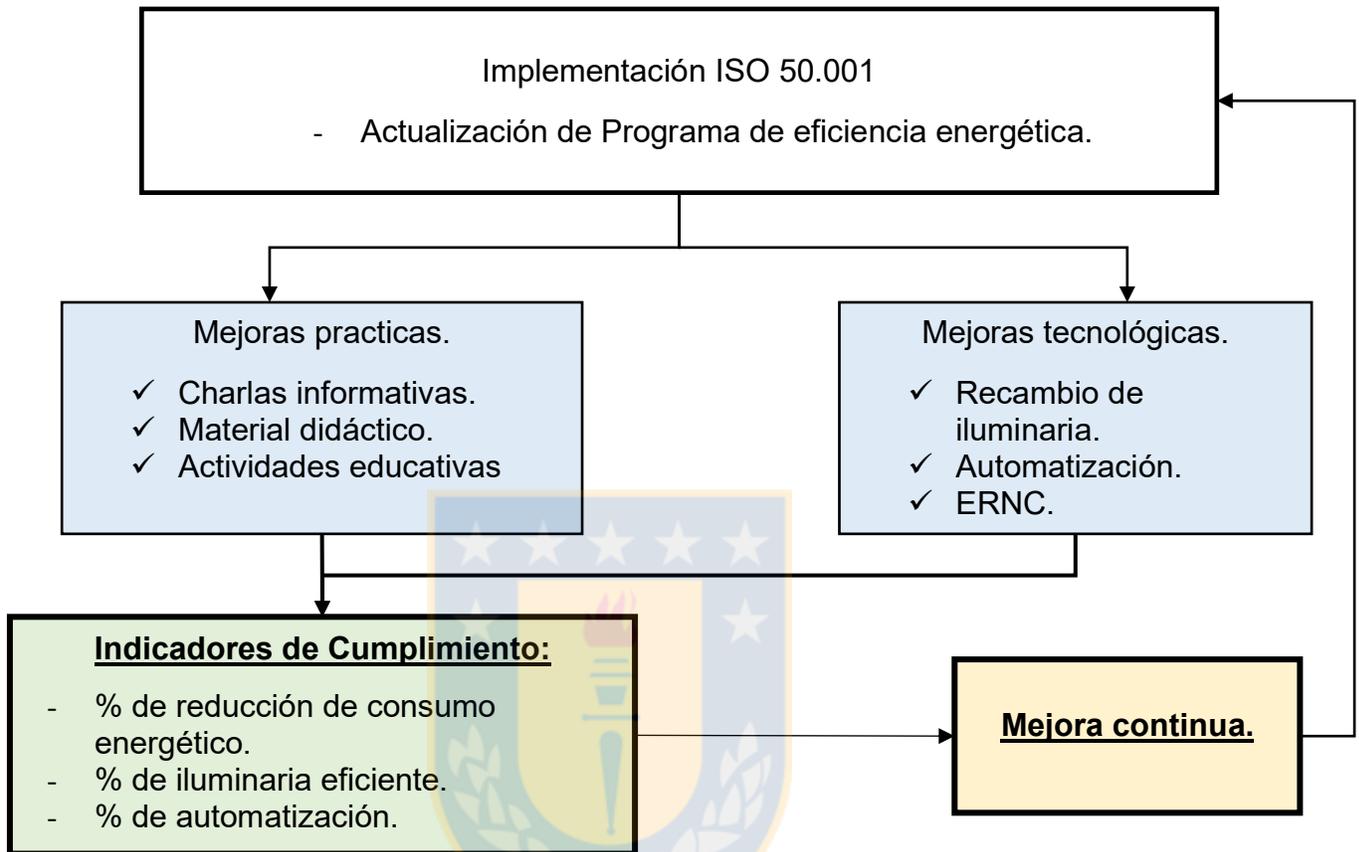
En ese sentido en el Anexo 8 se ha determinado que se podrían generar aproximadamente 850 kWh de energía eléctrica y 2753 kWh de energía térmica por cada tonelada de REAS, suficiente para abastecer una superficie aproximada de 3510 m<sup>2</sup> de energía eléctrica y 6070 m<sup>2</sup> de energía térmica, por otro lado, existe una disminución en cuanto al volumen final de residuos a disponer de hasta un 95%.

#### 4.3.2. Gestión energética.

Según lo señalado en el punto 4.2.2 el HGGB presenta un programa de eficiencia energética realizado por la AChEE, no obstante, se observó que los resultados de las medidas implementadas no han sido evaluadas ni verificadas en cuanto al estado de cumplimiento y sus beneficios, debido a esto se propone:

- Implementación de sistema de gestión energética mediante la norma ISO 50.001: la implementación de esta normativa considera actualizar el PEE permitiendo realizar una retroalimentación mediante la verificación de los resultados de las medidas de eficiencia energética ya ejecutadas a través de indicadores de cumplimiento, además, instaura políticas de eficiencia energética y nuevas medidas de mejora prácticas como tecnológicas, considerando las que ya fueron realizadas, de esta forma se espera un progreso continuo en los aspectos económicos, ambientales y sociales considerando un enfoque de desarrollo sustentable del hospital.

A continuación la Figura 38 resume la implementación de la ISO 50.001.



**Figura 38: Diagrama resumen de implementación de ISO 50.001**

Ahora con respecto a las brechas identificadas en la iluminación y climatización, a continuación, en la

Tabla 12 se muestra un resumen de las medidas propuestas para la superación de estas.

**Tabla 12: Resumen de medidas correctivas para la superación de brechas en los sistemas de iluminación y climatización.**

Sistema	Brechas identificadas	Medidas correctivas.
<b>Iluminación</b>	Servicios con exceso de iluminación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de sistema de potencia programable.</li> <li>- Cambio de iluminaria por una de menor potencia.</li> </ul>
	Existencia de sistemas de iluminación de baja eficiencia, por ejemplo; iluminación incandescente, PL y dicroica.	Cambiar sistemas de iluminación por tecnología Leds.
	Desaprovechamiento de luz natural.	Instalación de iluminaria fotosensible.
<b>Climatización</b>	Falta de automatización	Implementación de encendido programable o sistema termosensible en todo el recinto.
	Ausencia de sistemas alternativos de generación de energía térmica.	Implementación de sistema de valorización de residuos.
	Desaprovechamiento de condiciones naturales.	La implementación de sistema free-cooling para

		disminuir el consumo energético en el verano.
--	--	---

Respecto a las principales medidas propuestas;

- La Instalación de un sistema de potencia programable más conocido como dimmer programable, permitiría bajar la intensidad lumínica dependiendo de las condiciones ambientales disminuyendo la potencia distribuida a la iluminación.
- Cambiar por tecnología Leds la iluminación, podría significar un ahorro energético de 752.347 kWh según lo señalado por el programa de eficiencia energética de la AChEE del HGGB.
- Instalación de iluminaria fotosensible en lugares estratégicos que permitirían aprovechar la luz natural, disminuyendo el consumo eléctrico.
- Instalación de sistema de calefacción termosensible o programable para disminuir el consumo de energía térmica innecesaria.
- Instalación de sistema de gasificación como sistema de valorización energética de residuos lo que podría generar 2700 kg de vapor por cada tonelada REAS generados en el HGGB y 850 kWh/Ton (Anexo 8).
- Implementación de sistema Free-cooling o de enfriamiento libre, que extrae el aire del exterior, lo filtra, y lo utiliza para aclimatar de esta manera se aprovecha las condiciones naturales permitiendo disminuir el consumo energético en los meses cálidos.

## 5. CONCLUSIÓN.

El HGGB es un centro de atención de salud de alta complejidad, este ofrece una amplia cartera de servicios clínicos que benefician cerca de 500.000 personas al año (Anexo 3).

Es debido a lo anterior que este genera 2 veces la cantidad de residuos en comparación a otros hospitales chilenos y también supera la media latinoamericana establecida por la OMS (3 kg/cama\*día) y, además, consume una gran cantidad de energía debido al funcionamiento continuado de los servicios clínicos.

Respecto a la caracterización de la gestión de residuos sólidos, un 93% de estos son residuos asimilables a domiciliarios donde aproximadamente la mitad es materia orgánica proveniente de los servicios de alimentación y mantención de patios y jardines significando un gran potencial para la valorización mediante compostaje, por otro lado, solo un 6% de los REAS corresponden a residuos especiales que se generan sobre un 50% en los servicios de Laboratorio central (24%), Pabellón (20%) y Pabellón de partos (7%), sin embargo, los costos asociados a la disposición final de estos residuos son los más altos (64%), debido al transporte y al tratamiento de esterilización.

En cuanto a la caracterización de la gestión energética, el HGGB consume alrededor de 16.800 MWh/año, donde el mayor consumo energético es del tipo térmico generado por gas natural utilizado principalmente para la calefacción y proporcionar agua caliente sanitaria al recinto, por otro lado, el HGGB ha implementado distintas medidas propuestas en el programa de eficiencia energética como cambio de iluminaria, instalación de paneles

fotovoltaicos y cambio de calderas para disminuir el costo asociado al consumo energético.

Si bien se observaron mejoras prácticas y tecnológicas en ambas gestiones, notamos ciertas deficiencias causadas principalmente en ambas gestiones por la ausencia de verificación de los resultados obtenidos de las medidas ejecutadas imposibilitando la retroalimentación y dificultando la planificación de nuevas medidas correctivas implementar.

En ese sentido las brechas puntuales identificadas en la gestión de REAS son el incumplimiento del Plan de manejo de REAS generando no llevar a cabo en cabalidad las acciones de minimización propuestas y a su vez en infracciones con respecto al D.S N°6/2009 del MINSAL, particularmente en la segregación, almacenamiento y seguridad del personal recolector.

En cuanto a las brechas puntuales identificadas en la gestión de energía en primer lugar debido a la complejidad de la realización de un auditoria energética detallada solo se consideró la iluminación y climatización para la identificación de brechas, respecto a estas se observó en terreno la presencia de iluminación fluorescente la cual tiene baja vida útil y genera residuos peligrosos, además, de iluminación ineficiente como dicroica e incandescente, además, se observó bajo nivel de aprovechamiento de condiciones naturales en cuanto a iluminación y enfriamiento y finalmente un bajo nivel de automatización en la iluminación generando el uso excesivo de luz artificial.

Según lo anterior es posible afirmar que existen medidas correctivas que mejoran la actual gestión de REAS y de energía en el HGGB, en ese contexto la principal medida a ejecutar es la implementación de sistemas que permitan la mejora continua, como la ejecución de un plan de gestión integral de residuos (PGIR) y la implementación de la normativa ISO 50.001 para la implementación de un sistema de gestión energética.

En relación a la implementación del PGIR, este realizará mejoras al plan de manejo actual a través de la implementación de medidas de; minimización y valorización principalmente compostaje y reciclaje de residuos asimilables a domiciliarios, de monitoreo como la realización de inspecciones sorpresa, la realización de auditorías interna y la creación de indicadores de cumplimiento para la verificación de los resultados obtenidos para lograr una retroalimentación de las medidas realizadas y el cumplimiento de la normativa con un mejor desempeño ambiental y una disminución de los costos por disposición.

En relación a la implementación de la ISO 50.001, este actualizará el programa de eficiencia energética realizando una auditoria detallada de la gestión energética, además, propondrá nuevas medidas de eficiencia energética como recambio de iluminaria o la implementación de sistemas free-cooling y establecerá indicadores de los resultados obtenidos de las medidas de mejoras.

Finalmente esta investigación fue limitada debido a la falta de información y de tiempo, sin embargo puede ser utilizada como base para proponer nuevas medidas correctivas que permitan al HGGB ser pionero en el servicio de salud nacional considerando un desarrollo sustentable mejorando su desempeño ambiental, social y económico.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AChEE. (2013). Manual de gestor energético, sector Hospitalario.

AChEE. (2018). Iso 50001 eficiencia energética.

Ali, M., Wang, W., Chaudhry, N., & Geng, Y. (2017). Hospital waste management in developing countries : A mini review. <https://doi.org/10.1177/0734242X17691344>

Allesch, A., & Brunner, P. H. (2014). Assessment methods for solid waste management: A literature review. *Waste Management and Research*, 32(6), 461–473. <https://doi.org/10.1177/0734242X14535653>

DEIS. (2016). No Title.

Dias, A. (2016). GERENCIAMIENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INFECTANTES EM GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SOLIDOS INFECTANTES EM.

Erazo, M.(2007). PLAN OF HANDLING OF HOSPITAL WASTES CASE OF STUDY: WELFARE COMPLEX DR. SÓTERO DEL RÍO Santiago -Chile 2007. Recuperado con fecha 2007 de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/101873/erazo\\_m.pdf?sequence=4](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/101873/erazo_m.pdf?sequence=4)

EPHPO. (2001). Control y Mejora continua de los procesos.

Gallagher, R. (s. f.). Freedom of Information Follow up Report on Management of Waste in the NHS.

Garrido, M. (2016). FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS.

HCM. (2013). Plan manejo de residuos hospital clínico de magallanes “Dr. Lautaro Navarro Avaria” 2013.

HGGB. (2015). Plan de manejo de residuos de atencion de salud (reas).

HGGB. (2016). Cuenta pública hggb.pdf.

Saludsindaño (2011). Guía para Hospitales verdes y saludables.

Saludsindaño. (2014). Red global.

Irianti, S. (2016). Hospital Waste Management in Queensland, Australia , 2010 : A Case Study for Sustainable Hospital Waste Management in Indonesia, 109–118.

Kaisar, S., Sarkar, A., Haque, M. A., & Khan, T. A. (2006). Hospital Waste Management in Sylhet City. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1(2), 32–40.

Khandelwal, H., Dhar, H., Thalla, A. K., & Kumar, S. (2019). Application of life cycle assessment in municipal solid waste management: A worldwide critical review. *Journal of Cleaner Production*, 209, 630–654. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.233>

Lee, B. K., Ellenbecker, M. J., & Moure-Ersaso, R. (2004). Alternatives for treatment and disposal cost reduction of regulated medical wastes. *Waste Management*, 24(2), 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2003.10.008>

Malinauskaite, J., Ponsá, S., Krzyżyńska, R., Stanchev, P., Al-Mansour, F., Thorne, R. J., ... López, I. C. (2017). Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. *Energy*, 141, 2013–2044. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.128>

Maniero, A., & Wanda Risso. (2016). Solid waste management in primary healthcare centers: application of a facilitation tool. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 24(0). <https://doi.org/10.1590/1518-8345.0646.2768>

MINSAL. (1968). DLF No725, CODIGO SANITARIO, 1–111.

MINSAL. (2009). D.S. No6, Reglamento sobre manejo de residuos de establecimientos de atención de la salud, 1–61. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.33.1471>

MMA. (2018). [www.theGEF.org](http://www.theGEF.org).

Mora, A. (2010). Manual de Gestión Integral de Residuos.

Sepúlveda, V. (2008). “APLICACIÓN METODOLÓGICA PARA LA HOSPITALES DE LA REGIÓN METROPOLITANA”.

SUBDERE. (2018). Tablas Gráficos.

Taghipour, H., & Mosaferi, M. (2009). Characterization of medical waste from hospitals in Tabriz, Iran. *Science of the Total Environment*, 407(5), 1527–1535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.032>

Themelis, N. J., Elena, M., Barriga, D., Estevez, P., Velasco, M. G., Cabanas, F. P. A. Z., & Ejecutivo, R. (2016). *Materiales De Residuos*.

UNEP. (2012). *Compendium of Technologies for Treatment / Destruction of Healthcare Waste*.

Vaccari, M., Tudor, T., & Perteghella, A. (2018). Costs associated with the management of waste from healthcare facilities : An analysis at national and site level. <https://doi.org/10.1177/0734242X17739968>

Vivar, M. (2012). *Propuesta de medidas correctivas para la superación de brechas encontradas de residuos en el hospital clínico regional Guillermo Grant Benavente (Habilitación profesional)*. Universidad de concepción. Concepción.

Windfeld, E. S., & Brooks, M. S. L. (2015). Medical waste management - A review. *Journal of Environmental Management*, 163, 98–108. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.013>

## 7. ANEXOS

### Anexo 1: Crecimiento de la población por servicio de salud 2005-2020.

Servicio de salud	Crecimiento de la Población por SS.
Servicio de Salud Arica	10%
Servicio de Salud Iquique	4,70%
Servicio de Salud Antofagasta	3,20%
Servicio de Salud Atacama	6,30%
Servicio de Salud Coquimbo	2,10%
Servicio de Salud Valparaíso - San Antonio	5,50%
Servicio de Salud Viña del Mar - Quillota	4,80%
Servicio de Salud Aconcagua	4,80%
Servicio de Salud Metropolitano Norte	20,00%
Servicio de Salud Metropolitano Occidente	15,20%
Servicio de Salud Metropolitano Oriente	-1,30%
Servicio de Salud Metropolitano Sur	-3,10%
Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente	4,40%
Servicio de Salud O'Higgins	4,20%
Servicio de Salud Maule	3,40%
Servicio de Salud Ñuble	0,80%
Servicio de Salud Concepción	5,30%
Servicio de Salud Talcahuano	-0,80%
Servicio de Salud Bío-Bío	3,60%
Servicio de Salud Arauco	1,70%
Servicio de Salud Araucanía Norte	-3,10%
Servicio de Salud Araucanía Sur	5,20%
Servicio de Salud Osorno	0,10%
Servicio de Salud Valdivia	0,40%
Servicio de Salud Reloncaví	7,50%
Servicio de Salud Chiloé	7,50%
Servicio de Salud Aysén	3,90%
Servicio de Salud Magallanes	1,20%
Promedio.	4%

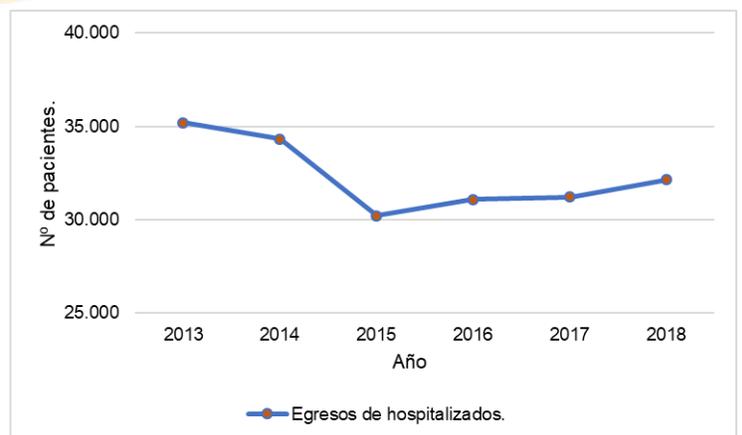
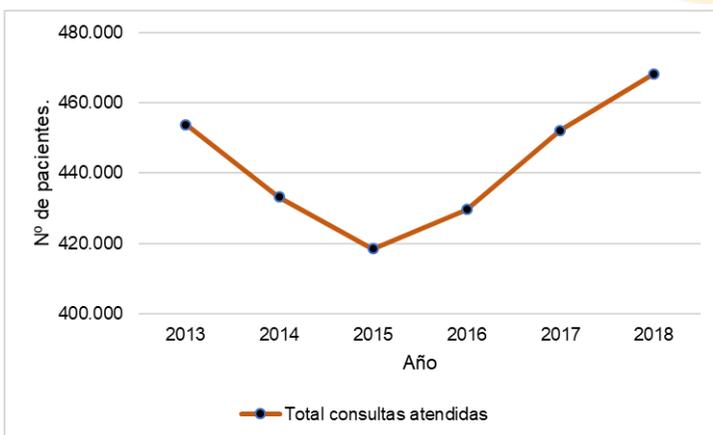
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas de Chile, [www.ine.cl](http://www.ine.cl)

## Anexo 2: Hospital Clínico regional Guillermo Grant Benavente



Fuente: extraído en Google earth (2019).

## Anexo 3: Número de pacientes atendidos y egresados por año en el HGGB, 2013-2018.



Fuente: HGGB, (2012); HGGB, (2013); HGGB,( 2016); HGGB, (2018).

Anexo 4: Norma Chilena 3321/2013

**NORMA  
CHILENA**

**NCh3321**

Primera edición  
2013.09.27

---

**Caracterización de residuos sólidos  
municipales (RSM)**

*Characterization of municipal solid waste*

**Anexo 5: Contenedor tipo Biosystem para residuos cortopunzantes.**



### Anexo 6: Auditoria de cumplimiento de D.S 06/09.

Exigencias del D.S. N°6 del 2009.	Cumple	No cumple	Observaciones
Los residuos generados deben ser segregados y almacenados de acuerdo a las categorías señaladas en el artículo 3 del reglamento		✓	Se hallo durante el muestreo casos puntuales (4 bolsas) donde los residuos asimilables a domiciliarios contenían residuos especiales.
En el caso de producirse mezcla de residuos asimilables a domiciliarios con residuos de otras categorías, estos deben ser manejados de acuerdo al residuo de mayor riesgo.	✓		
Cada servicio o zona de generación de residuos debe contar con una adecuada cantidad de contenedores, según categorías y volúmenes que se generan.		✓	Falta de contenedores para los residuos Radiactivos en medicina nuclear.
En cada servicio o zona de generación los contenedores deben ubicarse en un lugar debidamente identificado.	✓		
Se debe contar con un Plan de manejo de REAS, si se genera más de una tonelada mensual de residuos especiales.	✓		

Los contenedores deben ser/tener:	Tapa cierre ajustado.	✓		
	Bordes romos y superficies lisas	✓		
	Asas que faciliten su manejo.	✓		
	Material resistente a la manipulación y residuos contenidos	✓		
	Ser de una capacidad no mayor a 110 lts.	✓		Existen contenedores de 1100 lts, no obstante estos poseen más ruedas para cumplir con el Código del trabajo Titulo 5, Libro II.
	Cumplir con color y rotulación indicados en reglamento. Etiqueta perfectamente legible, visible y resistente al lavado que lo identifique con la dependencia que lo utilicé.	✓		
	Contenedores reutilizables deben ser de material lavable y resistentes a la corrosión. Deben tener una bolsa de plástico de medidas y espesor adecuados, de material impermeable, opaco y resistente, cuyo extremo superior debe mantenerse plegado	✓		

	hacia el exterior del contenedor durante su uso para facilitar su retiro.			
Los contenedores de residuos asimilables a domiciliarios y los residuos especiales deben retirarse de la zona de generación a lo menos una vez al día o cuando se haya completado $\frac{3}{4}$ de su ocupación.	✓			
Los residuos radiactivos y peligrosos deben ser removidos de las zonas de generación de acuerdo al reglamento que los rige.	✓			
El retiro de REAS desde zonas de generación debe practicarse en horarios y condiciones que minimicen molestias y riesgos, considerando especialmente el horario de alimentación de pacientes.	✓			
Al momento del retiro de los residuos se deberán sustituir los contenedores usados por contenedores nuevos o aseados, provistos de sus respectivas bolsas nuevas si ello corresponde.	✓			
La recolección de REAS debe realizarse en un carro que asegure la estabilidad de los contenedores, que minimice el ruido, de material que permitan un fácil lavado y cuyo diseño no obstaculice las operaciones de carga y descarga de contenedores.	✓			
El traslado podrá realizarse directamente en los contenedores de residuos si estos están provistos de ruedas y cumpliendo con los señalados anteriormente.	✓			

El empleo de ductos de gravedad para la descarga de residuos sólo procederá para la descarga de residuos asimilables a domiciliarios.				No rige.
El establecimiento debe contar con al menos un área o sala de almacenamiento de residuos, la que debe estar ubicada y ser operada de forma tal que se minimicen las molestias y riesgos.		✓		
La sala de almacenamiento debe contar con la autorización emitida por la autoridad sanitaria competente.		✓		
El área de almacenamiento o sala de almacenamiento debe tener/ser:	Capacidad suficiente para almacenar las diferentes categorías de residuos.	✓		
	Diseñada de tal forma que permia un trabajo seguro, facilitando accesos del personal y maniobra de carros de recolección interna.		✓	Se constato en terreno que algunas bodegas de acopio interno no tienen un acceso que facilite la maniobra de carros.
	Sectores separados y señalizando las diferentes categorías de REAS generados en el establecimiento.	✓		
	Puertas de cierre ajustado y provistas de cerrojo que permitan el acceso y retiro de residuos.	✓		

	Iluminación artificial y ventilación adecuada a los residuos almacenados.	✓		
	Ductos de ventilación, ventanas, pasadas de tuberías y otras aberturas similares, protegidos del ingreso de vectores de interés sanitario.	✓		
	Pisos y paredes revestidos internamente con material liso, resistente, lavable, impermeable y de color claro. Con pendiente de 2% orientada hacia un sumidero conectado al sistema de alcantarillado.	✓		
	Área de lavado y desinfección de contenedores dotada de elementos necesarios para realizar esta actividad.	✓		
	Lavamanos suficientes para permitir el aseo del personal que allí desempeña.	✓		

La operación del área o salas de almacenamiento de residuos debe:	Permitir el ingreso sólo a personas encargadas del manejo de los residuos.		✓	En general las salas de almacenamiento de residuos se encontraban sin seguro.
	Tener disponibilidad permanente de artículos para mantener el aseo de la sala	✓		
	Ser lavada diariamente y desinfectada semanalmente con una solución de cloro al 0.5% o una solución desinfectante equivalente.	✓		
	Tener a lo menos una persona encargada de la operación y mantenimiento de la misma.	✓		
	Disponer de la cantidad de contenedores necesarias para el remplazo de aquellos que sean retirados durante la recolección interna.	✓		
	La maniobra de vaciamiento de los contenedores cuando corresponda	✓		

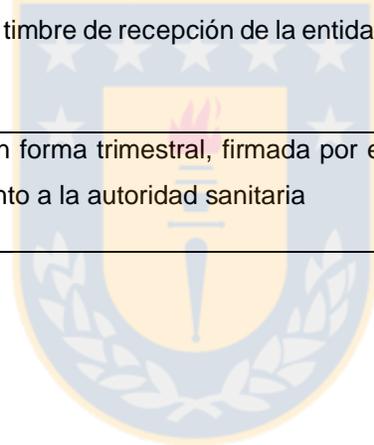
	deberá cumplir con lo dispuesto en el título V, libro II código del trabajo.			
	Los contenedores reutilizables usados deberán ser sometidos a un proceso de limpieza y desinfección en el área de lavado.	✓		
	Los residuos especiales deben almacenarse en bolsas cerradas y por un periodo no mayor a 72 hr, a menos que se almacenen en un ambiente refrigerado con temperatura menor a 4°C	✓		
	Debe llevarse un registro de ingreso y salida de los residuos en el cual conste la fecha de envío o disposición final, en peso o volumen por tipo de residuo	✓		
	Las instalaciones donde se eliminan los REAS deben contar con autorización sanitaria vigente.	✓		
	Los residuos radiactivos podrán ser dispuestos en el sistema de alcantarillado o recolección municipal según su naturaleza, siempre y cuando estos hayan sido	✓		

almacenados por un período de tiempo suficiente para reducir la radioactividad por debajo de los 74 bequerels por gramo o dos milésimas de mercurio por gramo.				
Los residuos especiales constituidos de sangre o derivados provenientes de bancos de sangre que luego de ser analizados se haya demostrado que no presentan riesgos para la salud, podrán ser dispuestos en el sistema de alcantarillado.		✓		
Los residuos sólidos asimilables a domiciliarios, incluidos los especiales previos a tratamiento señalado podrán ser dispuestos a recolección municipal		✓		
Las empresas responsables del transporte de REAS deberán contar con autorización sanitaria vigente.		✓		
Se debe contar con un plan de contingencia que describa todas las medidas a evaluar frente a una emergencia.	Medidas de control o mitigación.	✓		
	Capacitación del personal que maneja REAS.	✓		
	Identificación de las responsabilidades del personal.	✓		
	Sistema de comunicación fijo o portátil para alertar a las autoridades competentes.	✓		

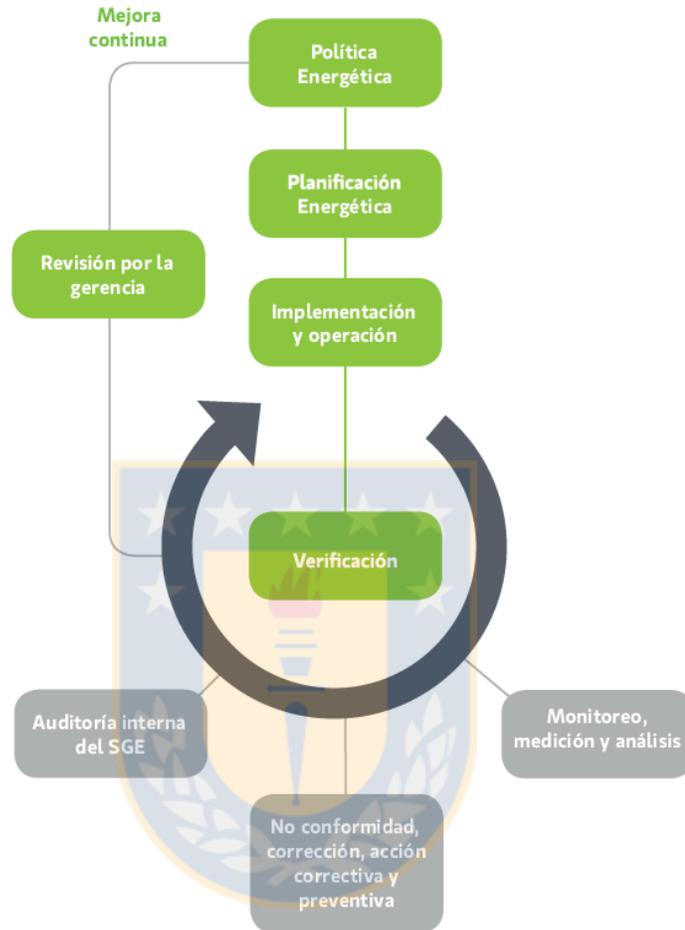
	Identificación, ubicación y disponibilidad del personal y equipo necesarios para atender emergencias	✓		
	Listado actualizado de los organismos públicos y personas a las que se deberá dar aviso inmediato en caso de ocurrir una emergencia.	✓		
Todo trabajador que realice actividades de recolección, selección, transporte o eliminación de los residuos generados debe tener capacitación en relación a los riesgos a los que está expuesto y a las medidas de protección que deben adoptarse.		✓		
El responsable de aplicar el Plan de manejo de REAS deberá ser capacitado tanto en el manejo de residuos como en la resolución de contingencias.		✓		
Todo el personal que maneje REAS debe contar con elementos de protección personal de acuerdo al riesgo asociado al tipo de residuos que maneje.			✓	Se constato en terreno que auxiliares encargados de la recolección de residuos asimilables a domiciliarios no poseen pecheras plásticas
El personal que realiza las funciones de retiro de residuos especiales deberá contar, al	Ropa y zapatos de trabajo.	✓		
	Guantes resistentes al desgaste y punción.	✓		

menos, con los siguientes elementos de protección personal:	Pechera o delantal impermeable y botas de goma de media caña, usadas bajo la manga del pantalón para personal que realiza lavado de recipientes o contenedores.	✓		
Todo trabajador que realice actividades de manejo de residuos debe ser objeto de una evaluación médica al inicio del empleo y estar incluido en los programas de prevención de riesgos biológicos y ergonómicos.		✓		
Todo trabajador que realice actividades de manejo de residuos debe estar vacunado contra la hepatitis B.		✓		
Es obligación del responsable del sistema de manejo de REAS mantener copia de los documentos que acrediten el cumplimiento de la vacunación contra la hepatitis B.		✓		
A todo trabajador que haya tenido un accidente con explosión a fluidos corporales de alto riesgo biológico se le deberá realizar una evaluación médica y una profilaxis post-exposición, si corresponde. (Según norma técnica N°48. "Norma de manejo Post-exposición laboral sangre en el contexto de la prevención de la infección por VIH del Ministerio de Salud, aprobada por resolución exenta N°561 del 2000 del MINSAL")		✓		
Es obligación del personal informar de todo accidente asociado al manejo de residuos sólidos del sistema.		✓		

<p>Debe llevarse un registro del envío de residuos especiales para su eliminación fuera del establecimiento en el que conste la fecha en que se llevó a cabo, cantidad enviada en peso o volumen, tipo de residuos, lugar al que se envía, transportista y vehículo utilizado.</p>	<p>✓</p>		
<p>Se entregará al transportista un documento con la información mencionada anteriormente con dos copias, una de estas se dejará en el lugar de eliminación, el original se devolverá al establecimiento generador con timbre de recepción de la entidad eliminadora.</p>	<p>✓</p>		
<p>La consolidación de estos registros, debe enviarse en forma trimestral, firmada por el responsable del sistema de residuos del establecimiento a la autoridad sanitaria</p>	<p>✓</p>		



## Anexo 7: Sistema de gestión energética según ISO 50.001



**Anexo 8: Inventario de entradas y salidas de la valorización energética mediante gasificación.**

UF:16800 MJ, 1 Ton REAS		Caso HHGB
Parametro	Unidad	
<b>Entradas</b>		
Electricidad	Mj	242,8
Agua	kg	301,0
CaO	kg	10,5
diesel	kg	2,1
HClO	Kg	2,5E-03
carbon activado	kg	0,3
<b>Salidas</b>		
Salida de electricidad	MJ	2955,7
Cenizas	kg	65,0
Emisiones directas al aire		
CO2	kg	233,3
CO	kg	1,6E-01
SO2	kg	9,0E-02
NOx	kg	4,3E-01
NO2	kg	1,4E+00
CH4	kg	1,6E-02
VOC	kg	2,4E-03
PCDD/DFs	kg	4,6E-09
MP	kg	7,5E-02
Emisiones directas solidas		
Cd	kg	2,0E-07
Ch	kg	1,6E-06
Cu	kg	3,1E-04
Pb	kg	6,6E-05
Ni	kg	1,0E-06
Zi	kg	1,3E-04
Emisiones Liquidas		
Lixiviados	kg	187,5