



MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y
SOSTENIBILIDAD EN INSTALACIONES INDUSTRIALES Y
EDIFICACIÓN

Diseño de un Plan de Gestión eficiente de los residuos generados en la UJI



Autora: Mireia Renau Marco
Tutor: Antonio Gallardo Izquierdo

Noviembre 2013

Índice de contenidos

INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	13
ALCANCE	15
LEGISLACIÓN APLICABLE	17
4.1- Legislación Europea	19
4.2- Legislación Nacional	19
4.3- Legislación Autonómica	20
ESTADO DEL ARTE	21
METODOLOGÍA	35
6.1- Identificación de las fuentes de generación de residuos	39
6.1.1- Descripción general de la UJI	39
6.1.2- Gestión actual de los residuos en la UJI	42
6.1.3- Conclusiones	52
6.2- Cuantificación y localización de los puntos de recogida de residuos	54
6.2.1- Determinación de la duración del muestreo	57
6.3- Definición de la estrategia de la toma de muestras	61
6.4- Análisis de las muestras	65

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
7.1- Estimación de la generación de residuos en la UJI	69
7.2- Estimación de la composición de los residuos mezcla generados en la UJI	78
PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA UJI	89
CONCLUSIONES	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Indicadores medidos en el proyecto piloto de reciclaje de papel en la Universidad Simón Bolívar.</i>	23
<i>Tabla 2: Composición (% en peso) del residuo sólido generado en el campus de la Universidad de Tabiz.</i>	27
<i>Tabla 3: Cantidad total de residuos generados en cada lugar.</i>	28
<i>Tabla 4: Recogida selectiva de los residuos en universidades españolas.</i>	32
<i>Tabla 5: Universidades y usuarios de cada una de ellas, participantes en el estudio.</i>	33
<i>Tabla 6: Residuos gestionados en la UJI y la cantidad generada en 2012.</i>	47
<i>Tabla 7: Tasas de gestión anual de residuos en el año 2012.</i>	51
<i>Tabla 8: Bolsas pesadas de cafetería y limpieza para la obtención del peso medio.</i>	70
<i>Tabla 9: n° de bolsas de residuo mezcla (procedente de limpieza o cafetería) depositadas en cada una de los 10 puntos monitoreados a la largo de la UJI.</i>	71
<i>Tabla 10: kg de residuo mezcla depositados en cada punto monitoreado a lo largo de la UJI.</i>	73
<i>Tabla 11: Tasas de generación (semanal y diaria) de residuos mezcla en la UJI.</i>	75
<i>Tabla 12: Tasas de generación de residuos en la UJI.</i>	76
<i>Tabla 13: Tasas de generación de residuos en varias universidades.</i>	77
<i>Tabla 14: Categorías diferenciadas y ejemplos de residuos encontrados pertenecientes a cada una.</i>	79
<i>Tabla 15: Composición de los residuos húmedos de las 3 cafeterías de la UJI.</i>	81
<i>Tabla 16: Contenido en humedad de las fracciones de residuo diferenciadas.</i>	82
<i>Tabla 17: Composición del residuo húmedo procedente de la limpieza de los 4 puntos muestreados en la UJI.</i>	85
<i>Tabla 18: Coste de operación de cada uno de los secamanos considerados en el estudio.</i>	92

Tabla 19: Comparaciones económicas y ambientales de los distintos métodos secamanos existentes. _____ 94

Tabla 20: Estimación del beneficio que supone a la UJI, la recogida selectiva de plásticos en las cafeterías. _____ 97

Tabla 21: Beneficio obtenido por la recogida selectiva de papel y cartón y plásticos de los residuos de limpieza. _____ 99

Tabla 22: Comparación de los beneficios aportados por la implantación de las 4 primeras medidas sugeridas en el Plan de gestión de los residuos sólidos. _____ 102

Índice de figuras

<i>Figura 1: Composición del residuo generado en la cocina/cafetería antes (izquierda) y después (derecha) de informar al personal y estudiantes de la facultad.</i> -----	24
<i>Figura 2: Composición del residuo generado en la e entrada de la facultad antes (izquierda) y después (derecha) de informar al personal y estudiantes.</i> -----	25
<i>Figura 3: Composición del residuo generado en la UNBC, en las diferentes fracciones consideradas.</i> -----	26
<i>Figura 4: Composición (en porcentaje) del residuo sólido generado.</i> -----	29
<i>Figura 5: Metodología planteada para el diseño de un Plan de gestión eficiente de los residuos en universidades.</i> -----	36
<i>Figura 6: Duración temporal prevista para cada una de las tareas a realizar.</i> -----	38
<i>Figura 7: Plano de la UJI, campus Riu Sec.</i> -----	41
<i>Figura 8: Contenedores interiores y exteriores de recogida selectiva de residuos ubicados en la UJI.</i> -----	43
<i>Figura 9: Ubicación actual de los contenedores de recogida selectiva de los residuos.</i> -----	45
<i>Figura 10: Evolución de la cantidad de pilas y latas (arriba); y unidades de tóneres y tubos fluorescentes gestionados en la UJI anualmente (abajo)</i> -----	48
<i>Figura 11: Evolución anual de la cantidad de residuos peligrosos, papel y cartón y envases gestionados en la UJI.</i> -----	49
<i>Figura 12: Evolución de la cantidad de vidrio gestionado en la UJI cada año.</i> -----	50
<i>Figura 13: Plano de ubicación de los puntos de muestreo en la UJI.</i> -----	55
<i>Figura 14: Ruta de muestreo diseñada.</i> -----	62
<i>Figura 15: Remolque utilizado en el muestreo de los puntos para la caracterización de los residuos mezcla.</i> -----	64
<i>Figura 16: Material utilizado en la caracterización de los residuos.</i> -----	65
<i>Figura 17: Disposición de los contenedores de separación (a la izquierda) y material de protección apropiado para realizar la caracterización (derecha).</i> -----	66

<i>Figura 18: Evolución semanal de la generación de residuos de limpieza. -----</i>	<i>70</i>
<i>Figura 19: Evolución semanal de la generación de residuos de cafetería.-----</i>	<i>72</i>
<i>Figura 20: Evolución semanal de la generación de residuos asimilables a urbanos. -----</i>	<i>74</i>
<i>Figura 21: Composición media del residuo en húmedo y seco procedente de las cafeterías de la UJI. -----</i>	<i>83</i>
<i>Figura 22: Composición media del residuo húmedo y seco procedente de la limpieza de las instalaciones de la UJI.-----</i>	<i>86</i>
<i>Figura 23: Ejemplo de máquina secamanos eléctrica convencional y de aire frío. -----</i>	<i>93</i>
<i>Figura 24: Bofeto de carro de recogida de bandejas con bolsas de separación selectiva de residuos. -----</i>	<i>96</i>

1

INTRODUCCIÓN

La enorme producción de residuos, y las consiguientes dificultades para su eliminación, es un problema central de las sociedades modernas económicamente desarrolladas. Es central ya que esta incrustado en la propia naturaleza del sistema económico de producción y consumo de la sociedad actual. Se genera una ingente cantidad de residuos que sigue en continuo aumento, con el consiguiente riesgo para la salud de las personas, los animales y vegetales, y el medioambiente en general. (Tejedor Papell, 2011)

Como institución dedicada a la transmisión del conocimiento, tanto desde la investigación como desde la docencia, la universidad no puede ser ajena al desafío ambiental al que se enfrenta la sociedad del siglo XXI. Muy al contrario, debe desempeñar un papel protagonista en la búsqueda de respuestas a los retos de la sostenibilidad.

La universidad debe aceptar su responsabilidad institucional: una típica universidad posee varios campus, equipos y edificios, consume gran cantidad de energía, agua, papel y otros materiales; utiliza varios servicios de bar, limpieza, reprografía y es visitada diariamente por muchas personas que se desplazan hasta ella en varios medios de transporte. Todas estas cuestiones repercuten en la actividad diaria de muchas personas y empresas (Capdevila, 1999).

A nivel internacional, el Centro de Investigación e Innovación Educativa de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) realizó un estudio en profundidad del desarrollo de la política de educación ambiental en cinco países de la OCDE: Australia, Austria, Finlandia, Alemania y Noruega. El estudio encontró que la formación del profesorado en educación ambiental es el punto más débil de los programas en los cinco países. Además, también indicó que: " Pocos maestros o personas en general, piensan que los maestros están bien preparados para la enseñanza de temas ambientales; la estructura tradicional y la práctica pedagógica de la educación superior constituyen impedimentos a la educación ambiental, y las instituciones de educación superior se encuentran en un lugar fundamental tanto para producir como transmitir el conocimiento" (McKeown-Ice, 2000).

El diseño de programas de gestión de residuos en las instituciones de educación superior en los países industrializados comenzó hace más de 20 años, y varían de esfuerzos voluntarios y locales a los programas institucionalizados (Armijo *et al.*, 2003). Algunas de las iniciativas en centros universitarios centradas en el reciclaje y reducción de residuos, han sido muy exitosas. Los programas de reciclaje son una de las medidas medioambientales más populares en los EE.UU; donde el 80% de los colegios y universidades tienen programas de desechos institucionalizados (Allen, 1999). Estos programas se basan en los estudios de caracterización de residuos; ya que los programas de gestión de residuos basados en el conocimiento de su composición y del mercado de los materiales reciclables, es mucho más exitoso que si el Plan de gestión de residuos es copiado de otro lugar donde su composición puede ser muy diferente.

En España hace una década se habló de la ambientalización de la comunidad universitaria como un tema pionero. Se definió como la principal estrategia para introducir la dimensión ambiental, no solo en la docencia y la investigación, sino también en las propias actividades de gestión de las universidades. Para difundir las buenas prácticas de gestión ambiental de las distintas universidades y para fomentar la cooperación en este ámbito, desde el año 2002 la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE) cuenta con una comisión sectorial para la Calidad ambiental, el Desarrollo sostenible y la Prevención de riesgos (CADEP).

La Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas, que agrupa a 50 universidades públicas y 25 universidades privadas, actúa como cauce para el fomento de la cooperación y el intercambio de información. Asimismo, incluye entre sus objetivos reforzar el compromiso de las universidades españolas con la sociedad (ASPAPPEL y MMARM, 2011).

Para poder establecer medidas que permitan establecer un Plan de gestión eficiente de los residuos generados; el primer paso es tener un buen conocimiento de la composición, cantidad y distribución de los residuos generados por la universidad. La falta de estudios de caracterización de la corriente de residuos mezcla en la Universitat Jaume I (UJI) plasma la necesidad de la investigación y estudio de la composición de estos residuos; para disponer de los datos necesarios y proponer medidas eficientes aplicadas a la generación real de residuos por parte del campus.

2

OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto consiste en diseñar un Plan de gestión eficiente de los residuos que se generan en el campus de la Universitat Jaume I (UJI), con el propósito de conseguir su máximo aprovechamiento. Para alcanzar este objetivo general, se deberán lograr otros objetivos específicos como los siguientes:

- Estudio de la gestión y de la generación de residuos actual en la universidad; es decir conocer qué tipo de corrientes de residuos se generan en la universidad y cuál es su gestión.
- Identificar las corrientes de residuos que no están controladas y por ello no se gestionan de forma eficiente en la actualidad.
- Definición de un Plan de muestreo que sea representativo de la cantidad y composición de los residuos que se generan a lo largo del campus de estudio.
- Determinación de la cantidad y composición de los residuos que se generan actualmente en la universidad, así como su tasa de producción (kg de residuos por persona y por día lectivo).
- Proposición de un Plan de gestión eficiente de los residuos compuesto por un conjunto de medidas sugeridas para minimizar las corrientes de residuos generadas y mejorar la eficiencia en su gestión.

3

ALCANCE

El Plan de gestión de los residuos que se va a diseñar en este trabajo de investigación estará basado en el conocimiento de la composición y cantidad de los residuos generados en el campus universitario y por lo tanto cubrirá las necesidades de esta universidad en concreto. Teniendo un buen conocimiento de las corrientes de residuos que se generan, la metodología que se seguirá para estudiar las corrientes de residuos podrá ser aplicable a cualquier otro campus universitario. Por el contrario, las medidas propuestas al final del trabajo, no serán extensivas al resto de universidades debido a que están basadas en el tipo y características de los residuos generados en la UJI.

El ámbito de estudio del presente trabajo se centrará en los edificios principales del campus universitario de la UJI, como son las facultades y escuelas del campus, los edificios de rectorado y la biblioteca; y los laboratorios e instalaciones deportivas. De forma que en el estudio no se contabilizarán los residuos generados por las tiendas y diferentes servicios ubicados en el Ágora del campus, la residencia universitaria, los diferentes Institutos y la escuela infantil.

Por otra parte se debe tener en cuenta que existe una variabilidad estacional en la composición y cantidad de los residuos sólidos que se generan en las universidades. Esto se debe a que aunque las actividades académicas y administrativas que se desarrollan en el campus son las mismas a lo largo del año (excepto durante las vacaciones), las variaciones de temperaturas entre invierno y verano provocan

variaciones en el tipo y cantidad de residuo generado. Durante la temporada de verano se consumen más bebidas y por ello aumenta la generación de envases y latas de aluminio; mientras que en otras estaciones del año, debido a la poda de árboles y siega de la hierba se genera mayor cantidad de residuos procedentes de las zonas ajardinadas. Por todo ello debido a que el muestreo de los residuos se va a realizar durante el primer semestre académico del curso, los resultados obtenidos serán representativos de este periodo.

4

LEGISLACIÓN APLICABLE

Actualmente no existe una definición clara de lo que es un residuo. Es un concepto que dependiendo del enfoque, puede variar con el paso tiempo. Un residuo de un proceso productivo puede ser la materia prima de otro sistema de producción, por lo que un cambio en los precios de una materia prima o una normativa podría cambiar el concepto de residuo que se tenía hasta el momento. Así según la legislación vigente (Ley 22/2011), los residuos son todos aquellos materiales que se generan como consecuencia no deseada de cualquier actividad humana, de los cuales el generador o poseedor se ha desprendido o tiene la intención u obligación de desprenderse.

La legislación establece cuatro categorías básicas de residuos en función de su peligrosidad: los residuos inertes, municipales (también denominados no peligrosos o asimilables a urbanos), residuos peligrosos y los residuos radioactivos. Se diferencian por su peligrosidad y consecuentemente por la legislación a la que están sujetos. La generación de residuos peligrosos en las universidades está muy controlada, ya que de su gestión y tratamiento debe encargarse una empresa subcontratada y la legislación especifica cómo se deben separar y tratar. Su tratamiento por parte de una empresa subcontratada supone un coste para la entidad que genera los residuos peligrosos, y por ello su separación y gestión se realiza de forma eficiente para que suponga el menor coste posible.

Respecto a los no peligrosos, son los que se generan en mayor cantidad, son los residuos que se producen de forma más común en cualquier actividad que se realice; y por lo tanto también en universidades. Su separación y gestión está basada en la conciencia ambiental de toda la comunidad universitaria; ya que la legislación europea fija como límite el año 2015 para que se realice la recogida de residuos selectiva. Actualmente existen contenedores para recoger varios tipos de residuos de forma separada ya que de esta forma se facilita su reciclaje y reutilización; pero esta separación muchas veces no se realiza de forma eficiente y por ello se va a proponer un Plan de gestión eficiente de los residuos en la Universitat Jaume I (UJI). Este Plan de gestión que se va a proponer, se centrará en los residuos no peligrosos; los que se generan en mayor cantidad y cuya separación no es lo suficientemente eficiente en la actualidad.

La gestión de los residuos en el estado Español está sujeta a varios niveles legislativos; desde la legislación europea, pasando por la nacional y finalizando en el ámbito más concreto, el autonómico. Pero debido a la complejidad del sistema legal español, a nivel nacional únicamente se adoptan las directivas europeas fijadas y se define un marco general del Estado; ya que la competencia en medio ambiente está transferida a las Comunidades Autónomas. Las autonomías son las que deben establecer la legislación para exigir la recogida selectiva de los residuos de forma más concreta, la Comunidad Valenciana sí que ha redactado su legislación referente a los residuos; pero a día de hoy varias autonomías españolas todavía no han aprobado ningún tipo de legislación sobre residuos.

A continuación se van a mostrar la legislación existente a cada uno de estos niveles, que puede afectar al ámbito de actuación del Plan de gestión de residuos que se va a proponer en la Universitat Jaume I.

4.1- Legislación Europea

- Directiva 94/62/CE del Parlamento y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y los residuos de envases.
- Directiva 2008/98/CE, de 5 de abril de 2006, relativa a los residuos.

La Unión Europea con esta directiva fija un marco jurídico para controlar todo el ciclo de los residuos, desde su producción a su eliminación, centrándose en la valorización y el reciclaje. Esta directiva tuvo que incorporarse al derecho español antes de diciembre de 2010. En ella se destaca la obligación de efectuar una recogida selectiva y establece unos objetivos de recuperación de residuos: antes de 2015 recogida separada de al menos papel, metal, plástico y vidrio; y aumentar como mínimo el 50% el peso de la recogida de estos residuos separados antes de 2020.

- Estrategia Europea de Prevención y Reciclaje de Residuos.

Mediante la cual se describen medidas destinadas a disminuir las presiones sobre el medio ambiente derivadas de la producción y gestión de los residuos. Los ejes principales de la estrategia se refieren a una modificación de la legislación para mejorar su aplicación, a la prevención de la generación de los residuos y al fomento de un reciclado eficaz.

4.2- Legislación Nacional

- Ley 11/1997, de 24 de Abril, de envases y residuos de envases.

Incorpora los Principios de reducción, reciclado y valorización de los residuos. Incluye todos los envases puestos en el mercado, jerarquizando las opciones de gestión de cada uno de ellos. Además fija los objetivos de valorización: valorizar el 60% en peso, de los residuos de envases; y reciclar el 55 - 80% en peso, de los residuos de envases.

- Real Decreto RD 782/98 de la Ley de Envases.

Dicta las normas necesarias para el desarrollo y ejecución de la Ley de envases.

- II Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2007-2015.

El PNIR es el que intenta definir las líneas generales de actuación para que los modelos de gestión de todas las Comunidades Autónomas españolas estén orientados hacia los mismos objetivos. De esta forma, se intenta que permitan cumplir con las obligaciones y los objetivos legales derivados de la diversa legislación comunitaria.

- Ley 22/2011, de 28 de Julio, de residuos y suelos contaminados.

En ella se persigue regular la gestión de los residuos impulsando medidas que prevengan su generación y mejorando la eficiencia en el uso de los recursos. Por otra parte, fija una jerarquía de residuos: prevención, reutilización, reciclaje, valorización y eliminación. Por lo tanto esta ley establece que la eliminación representa la última opción a la que se debe someter el residuo generado.

4.3- Legislación Autonómica

- Ley 10/2000, de 12 de diciembre, de residuos de la Comunidad Valenciana.

En ella se fijan los principios de la política de residuos: autosuficiencia y proximidad en la gestión de residuos. Se realiza una previsión de una red de instalaciones de gestión de residuos que permita la autosuficiencia en el tratamiento de los residuos generados en la Comunidad Valenciana.

- DECRETO 81/2013, de 21 de junio, del Consell, de aprobación definitiva del Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana (PIRCV).

Establece las disposiciones generales para la ordenación de las actividades de gestión de los residuos; ya que en España es la Comunidad Autónoma la administración competente en esta materia. Mediante este decreto se pretende cumplir con los objetivos generales de la Ley 10/2000 y de la normativa tanto nacional como comunitaria.

5

ESTADO DEL ARTE

Debido a la creciente generación de residuos que acompaña al desarrollo de la sociedad, las universidades deben hacer frente al reto de reducir el impacto que generan estas instituciones sobre su entorno y el medio ambiente en general. Por esta razón muchas de universidades a lo largo del mundo han desarrollado una serie de estudios que permitan implantar en sus instalaciones medidas para reducir el impacto generado.

Una de las primeras universidades del mundo en empezar a enfrentarse a este gran reto fue la Universidad Autónoma de Baja California (UABC); donde en 2003 se publicó un informe haciendo un análisis de la situación de la UABC en materia de la generación y gestión de residuos; y en el que se plantearon y describieron las medidas necesarias para poder implantar con éxito un Plan de gestión de residuos. En éste estudio se resaltó que es necesaria la cooperación de todos los sectores de la universidad, para conseguir una gestión eficaz de los residuos: todos los usuarios tienen que saber por qué es importante un programa de gestión de residuos, cómo reciclar, a quién llamar, etc. (Armijo de Vega *et al.*, 2003). En 2008, dando continuidad a esta política, se puso en funcionamiento un plan estratégico para la gestión de los residuos en el campus Mexicali de la UABC. En el curso de la realización del estudio, este campus contaba con un total de 19.300 estudiantes, 710 personas como personal administrativo y 1.900 profesores; y en él se muestrearon los principales puntos de generación de residuos en el campus muestreado. Tras el estudio se obtuvo que diariamente se generaba 1 tonelada de residuos en el Campus Mexicali de la UABC,

que corresponde a una tasa de generación de 45,60 g/persona cada día. La mayor proporción de los residuos pertenecían a las categorías reciclable y potencialmente reciclables; de hecho representaron el 55% en el caso de edificios, 88% en el caso de los jardines y el 85% en el caso de las zonas comunes (Armijo de Vega *et al.*, 2008). En este caso, se consideró que el mercado de los materiales reciclables local podría absorber la parte de los residuos considerado como reciclable; mientras que los potencialmente reciclables podrían tener otro destino que no fuese la disposición en rellenos sanitarios. En este estudio, también se discutió la posibilidad de la entrega de los residuos de alimentos a los ganaderos y la utilización para producir compost con los residuos orgánicos.

Por otra parte, en la Universidad Simón Bolívar (USB), en 2007 dentro del Proyecto “La Dimensión Ambiental en la USB”, se propuso un programa de reciclaje que permitiese la reducción de residuos en la universidad. En las primeras fases del proyecto se pretendía incorporar la variable ambiental en el quehacer de todos los sectores de la universidad, y para ello se llevó a cabo una fase piloto en la que los estudiantes de algunas asignaturas realizaban el reciclaje del papel y cartón generado y a continuación se vendió (Pellegrini y Reyes, 2009). En la Tabla 1 se muestran las cantidades de papel y cartón recolectadas por los alumnos implicados y la cantidad económica obtenida de su venta en la moneda local: bolívares (Bs.) (en la actualidad un bolívar equivale a 11,94 céntimos de euro).

Los resultados indican que se recolectaron 3.110 Kg de papel y 617 Kg de cartón, obteniéndose 605.550 bolívares al venderlos (equivalente a 72.300 €) (Pellegrini y Reyes, 2009). Las cantidades de papel y cartón recolectadas, pueden considerarse bajos para todo el periodo de tiempo muestreado, pero se debe a que el proyecto se realizó con la participación de estudiantes de algunas asignaturas trimestrales. Esto provocó discontinuidades en las labores de recolección pero incrementó el número de estudiantes involucrados y por tanto sensibilizados, con el tema del reciclaje, que era la pretensión principal del proyecto.

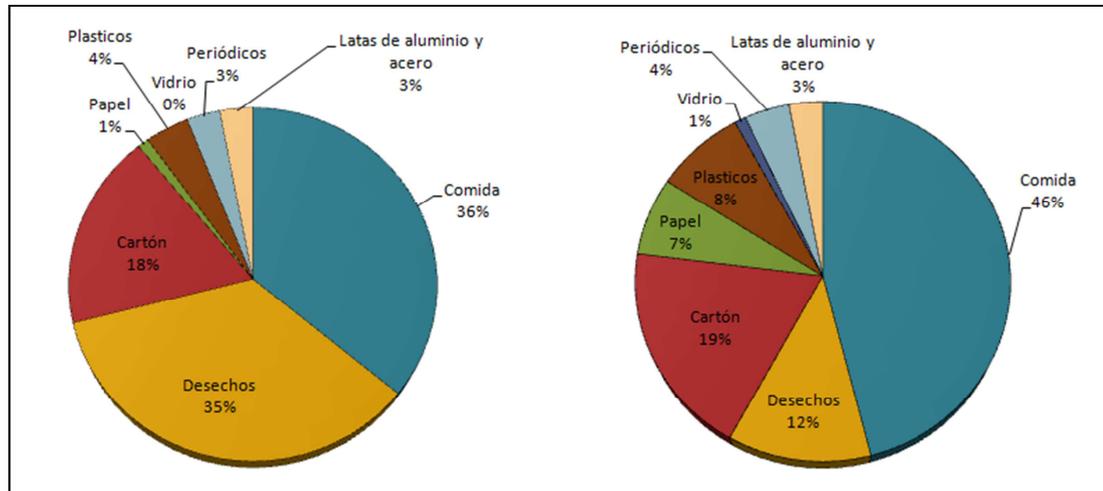
Tabla 1: Indicadores medidos en el proyecto piloto de reciclaje de papel en la Universidad Simón Bolívar. Fuente: Pellegrini y Reyes, 2009.

Fecha pesada	Material (kg)		Total (Bs.)	Número de estudiantes participantes
	Papel	Cartón		
04/02/2004	160	60	31200	25
17/03/2004	210	40	39400	25
14/04/2004	270	180	48600	23
01/06/2004	230	17	42250	23
01/07/2004	150	-	27000	23
20/10/2004	210	-	37800	21
06/01/2005	190	-	34000	18
17/03/2005	160	-	28800	18
07/04/2005	200	50	39500	25
02/05/2005	210	-	37800	25
10/10/2005	220	-	39600	24
08/02/2006	170	-	30600	25
03/05/2006	260	60	51000	24
15/09/2006	250	40	47800	22
12/07/2007	320	180	70200	24
TOTAL	3.110	617	605.550	345

En el año 2000, Massey University (Nueva Zelanda) llevó a cabo un estudio en el que se describió la política medioambiental del campus, además de analizar las estructuras y responsabilidades para realizar un proceso de implementación eficaz. Se realizó una descripción detallada de cómo implementar un programa de “Basura cero” en el campus. (Manson *et al.*, 2003). Posteriormente a esta publicación, se realizó un estudio de la separación en origen llevada a cabo en el campus; centrada en la zona de la cafetería/comedor y en la zona de entrada de la facultad; donde se estimó que hacían uso de ellas diariamente 9.000 personas (estudiantes, personal administrativo y docente). El estudio tuvo una duración de 10 semanas, en las que a lo largo de ellas se fue informando al alumnado y personal sobre cómo realizar una separación eficaz. El objetivo del estudio era reducir la cantidad de desechos que se generaban; ya que en el campus se disponía de contenedores para realizar una reparación selectiva, pero no se utilizaban de forma correcta y ello provocaba que se generaran grandes corrientes de desechos (residuos sin ningún tipo de aprovechamiento). Las Figuras 1 y

2, muestran la comparación entre la composición de los residuos antes de informar a los estudiantes y al personal de la universidad y después.

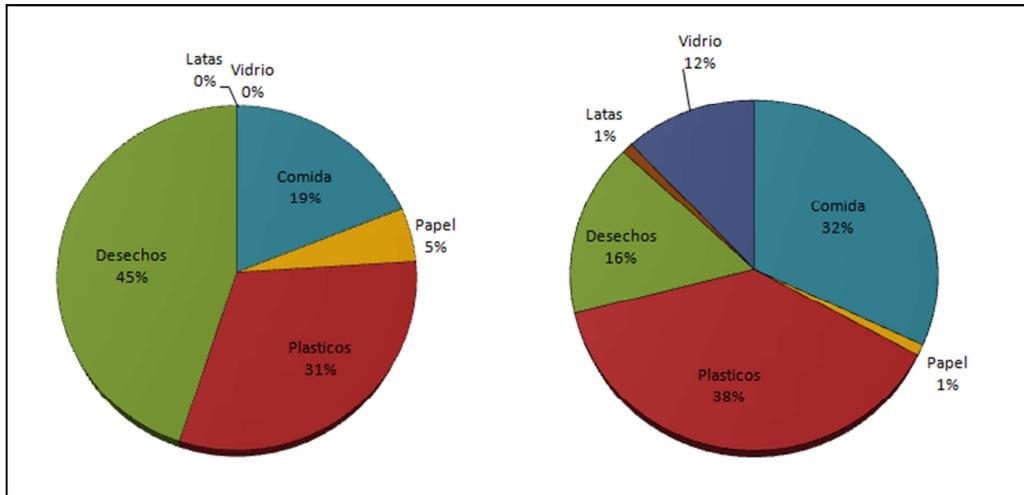
Figura 1: Composición del residuo generado en la cocina/cafetería antes (izquierda) y después (derecha) de informar al personal y estudiantes de la facultad. Fuente: Manson *et al.*, 2004.



Como se observa, tras informar al personal y estudiantes usuarios de la cafetería y cocina; la fracción de los desechos que se generaba se redujo en un 23%; ello explica que un 23% de los desechos generados anteriormente eran reciclables y se gestionaban de forma poco eficiente. La reducción de la fracción de los desechos en la cafetería y cocina de la universidad, ha repercutido en el aumento del resto de las fracciones; sobre todo los residuos de comida, plásticos y papel (Manson, 2004). Se cuantificó que en la zona de la cafetería/cocina de la facultad, se generaba un total de 338 kg de residuos cada día.

En la Figura 2, siguiendo con la tendencia observada en el caso de la cafetería/cocina, se observa que cuando los usuarios tuvieron conocimiento de cómo realizar correctamente la separación en origen lo hicieron, y por ello la corriente de desechos se reduce casi un 30%. Esta gran reducción de los desechos, provoca un aumento en el porcentaje de vidrio, comida, plásticos y latas (Manson, 2004).

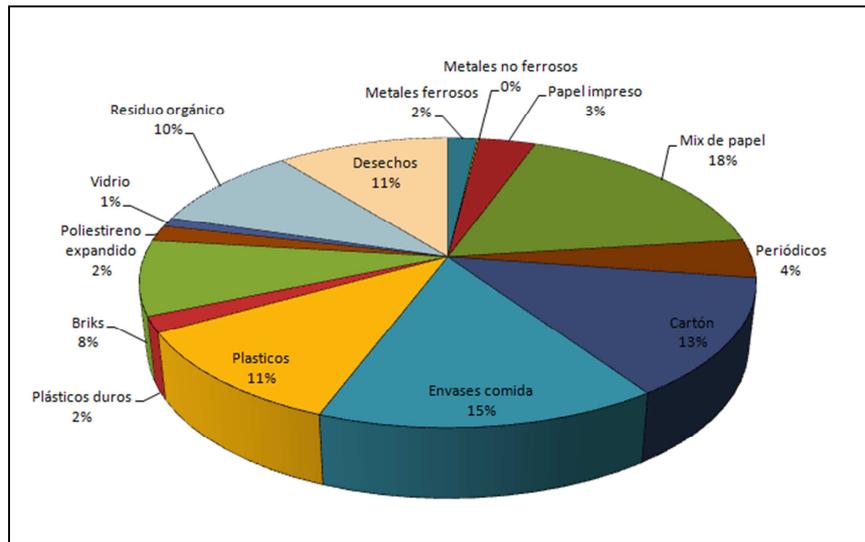
Figura 2: Composición del residuo generado en la entrada de la facultad antes (izquierda) y después (derecha) de informar al personal y estudiantes. Fuente: Manson *et al.*, 2004.



En el caso de la zona de entrada al edificio, se cuantificó que se generaban un total de 40 kg diarios de residuos. Por lo tanto, en la facultad estudiada de Massey University se generan diariamente unos 378 kg de residuos; que teniendo en cuenta que se estimó que era frecuentada por unas 9.000 personas, corresponde a una tasa de generación diaria de 8,40 g/ persona. Con la aplicación del estudio se observó que la separación de los residuos en origen fue mucho mayor, y por lo tanto su gestión fue mucho más eficiente.

Por otro lado, en el campus Prince George de la Universidad de Northern British Columbia (UNBC), durante el año académico 2007-2008, se realizó un estudio sobre la generación y composición de los residuos. Este campus de la universidad UNBC alberga un total de 5.040 estudiantes y 700 personas entre personal docente y administrativo. Se dividió el campus en 14 zonas de actividad y se estudió la composición de los residuos (Smyth *et al.*, 2010). Para estudiar la composición de los residuos se diferenciaron 14 categorías; el peso de cada una de ellas en los residuos que se muestrearon se pueden observar en la Figura 3.

Figura 3: Composición del residuo generado en la UNBC, en las diferentes fracciones consideradas. Fuente: Smyth *et al.*, 2010.



Del total de los residuos muestreados, la mayor proporción fue la de papel y cartón (29,10%); seguido del conjunto de materiales plásticos y de residuos orgánicos también llamados material compostable. La corriente de desechos abarca todo tipo de residuo que no puede ser aprovechable o incluido en alguna de las categorías consideradas. Además, a partir del muestreo se concluyó que más del 70% de los desechos podría ser tratado en medidas de gestión más eficientes como la reducción de residuos, el reciclaje y el compostaje; ya que se trataba de residuos reciclables o compostables (Smyth *et al.*, 2010). A partir de los datos obtenidos en el estudio, se obtuvo que en ella se generaban 340 kg de residuos diariamente; cifra que corresponde a una tasa de generación de 59,20 g/persona cada día.

Siguiendo con la tendencia de otras universidades y habiendo observado que este tipo de estudio es el primer paso para la implantación de estrategias de gestión de residuos sólidos; en la universidad de Irán se realizó un estudio para determinar la cantidad y la composición de residuos sólidos generados dentro de la Universidad de Tabriz. Este estudio se llevó a cabo durante el curso 2009-2010 en el campus principal de esta universidad, que cuenta con 17.000 estudiantes y 2.000 personas que trabajan durante el año académico. Se tomaron muestras de diversas zonas del campus universitario y se caracterizaron como muestra la Tabla 2.

Tabla 2: Composición (% en peso) del residuo sólido generado en el campus de la Universidad de Tabiz. Fuente: Taghizadeh *et al.* 2012.

	Dep. académico	Edif. Administrac	Centro Salud	Centro deportivo	Dormitorio	Zona residenc.	Salón actos	Cafet.	Jardín
Papel y cartón	18,2	19,71	17,54	7,22	6,45	5,86	26,73	9,85	0
Plásticos	22,15	21,75	38,83	22,53	9,45	12,44	32,48	10,56	0,11
Material orgánico	25,76	33,13	23,39	29,28	74,04	54,67	23,18	70,06	89,69
Vidrio	10,54	12,4	6,68	19,15	2,57	11,24	3,33	6,85	0
Metales	8,89	4,52	3,28	8,01	2,55	2,41	2,67	0,76	0
Textiles	1,28	0,85	0,22	1,33	0,78	0,13	0,7	0,1	0
Residuos inertes	1,52	0,07	0,01	0	0	0	0	0	6,15
Madera	0,49	0,11	0	1,65	0,01	0	3,16	0	0,01
Residuos peligrosos	0,39	1,92	2,98	3,59	0,25	2,99	1,11	0	0
Residuos electrónicos	1,31	0,1	0,05	2,04	1,26	1,21	0,29	0	0,02
Otros	9,47	5,44	7,02	5,2	2,64	9,05	6,35	1,82	4,02
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

A partir del estudio se obtuvo que la tasa de generación diaria era de 2,50 toneladas/día, que correspondería a una generación diaria de 131,50 g/persona. Los residuos orgánicos compostables representaron la mayor proporción (45,30%), seguidos de los plásticos (19,23%) y la generación de papel y cartón (14,45%). El porcentaje de fracciones como el vidrio, otros materiales, metales, textiles, residuos peligrosos, residuos de construcción y demolición, residuos electrónicos y madera se encontraron en porciones mucho menores (8,87, 5,04, 3,03, 1,32, 0,95, 0,69, 0,55 y 0,57 % respectivamente) (Taghizadeh *et al.* 2012).

En Covenant University, Ota (Nigeria) recientemente se realizó otro estudio con el fin de diseñar un Plan de gestión de residuos basado en la caracterización de los residuos generados. En este estudio se obtuvo la cantidad diaria de residuos en diferentes estancias del campus y la composición de la totalidad de los residuos generados en la universidad, tanto en tasas de generación diaria como en porcentaje. Como se observa en la Tabla 3, las zonas del campus en las que más residuos se generaban diariamente con diferencia son las cafeterías y las diferentes estancias comunes (halls) de la universidad.

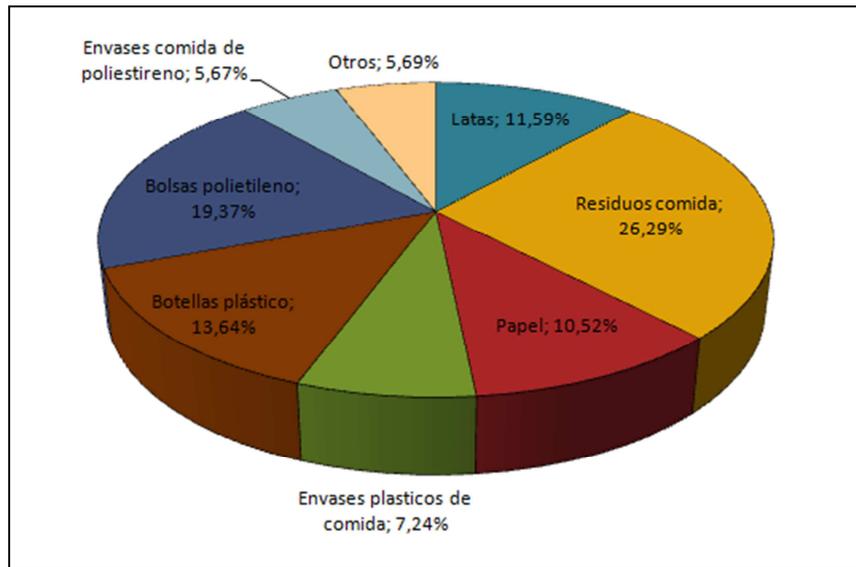
Tabla 3: Cantidad total de residuos generados en cada lugar. Fuente: Okeniyi et Anwan, 2012.

	Cantidad total (kg/día)
C.B.S	15,90
C.S.T	7,81
Cafetería 1	69,26
Cafetería 2	57,32
Capilla	10,10
Hall Esther	85,87
Dormitorios	11,90
Hall Joseph	70,08
Dep. Ingeniería	15,30
Hall Paul	85,79
Zona residencial	51,51
Biblioteca	18,60

A partir de las cantidades mostradas en la Tabla 3, se determinó que la generación diaria de Covenant University era de 492,40 kg de residuo; que corresponde a una tasa de generación diaria de 60,50 g/persona (Okeniyi et Anwan, 2012). Una vez determinada la cantidad de residuos generada, el estudio se centró en el análisis de su composición; donde se observó que los desechos de alimentos constituyeron el componente más alto de los residuos generados (ascendiendo a 134,77 kg/día), seguido de las bolsas de polietileno y en tercer lugar las botellas de plástico. En la Figura 4 se muestra cuál es la composición de los residuos generados; expresados en porcentajes.

Estos resultados fueron indicativos de la necesidad de un cambio en la práctica del sistema de eliminación de residuos que se realizaba en el momento. Se concluyó que se debería diseñar un sistema de gestión sostenible de los residuos para lograr reducir estas corrientes de residuos, y a su vez evitar el depósito como método final de eliminación de los residuos (en la medida de lo posible) (Okeniyi et Anwan, 2012).

Figura 4: Composición (en porcentaje) del residuo sólido generado. Fuente: Okeniyi et Anwan, 2012.



Referente a la implantación de Planes de gestión de residuos en universidades en España; Iván Capdevila ha sido uno de los pioneros en este tema tratado en su libro “L’ambientalització de la universitat”, con una gran difusión. Capdevila fue el coordinador del “I Pla de Medi Ambient” de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), este es uno de los factores que ha hecho que esta universidad sea pionera en muchos de los aspectos relacionados con la implantación de medidas para intentar minimizar el impacto de los campus universitarios sobre el entorno. Ha pasado más de una década desde la publicación de este pionero libro en nuestro país; y en este ámbito las cosas han sufrido grandes cambios. Las universidades han mostrado gran interés e implicación, y la sostenibilidad es ya, en muchas de nuestras instituciones, un reto y un objetivo (UJI, 2008).

Ha habido cambios importantes en las universidades españolas respecto a su ambientalización; es decir que se ha prestado mayor atención e interés respecto al impacto que causan sobre el medio ambiente, fruto de su actividad, y en el diseño e implantación de Planes de gestión de residuos; entre otro tipo de acciones. En 2002, la Asamblea de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE) aprobó por unanimidad la creación del “Grupo de Trabajo de la CRUE sobre la Calidad Ambiental y el Desarrollo Sostenible en las universidades españolas”; al que desde su creación se han adscrito 24 universidades. En diciembre de 2003 en la primera reunión plenaria de este Grupo de Trabajo se contempló la puesta en marcha del Seminario Permanente de Ambientalización, con el objetivo de intercambiar las

experiencias que cada universidad ha desarrollado en sus campus en lo que se refiere a gestión, participación y sensibilización ambiental, de tal forma que sirva como aprendizaje para el resto de universidades y plataforma de actuaciones conjuntas (CRUE, 2004).

Las primeras universidades españolas en hablar de Agenda 21 aplicada a la universidad en España, fueron las universidades autónomas de Barcelona y Madrid (UAB y UAM); realizaron un análisis de la situación del momento y se propusieron medidas para reducir los impactos cuantificados. Ambas universidades están alejadas de los núcleos urbanos y son similares a entidades locales; poseen un extenso campus y pueden gestionar prácticamente todos los aspectos en los que afectan a su entorno (Pujol y Espinet, 2002).

A partir del año 2002, se realizaron estudios en las universidades españolas para identificar y cuantificar sus impactos; pero en materia específica del diseño de Planes de gestión de los residuos; la universidad pionera en España es la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) con sus Planes de Medio Ambiente (1996-2001 y 2002-2005) y la transformación de su Oficina del Plan en Centro Interdisciplinar en Tecnología, Innovación y Educación para la Sostenibilidad (CITIES), que aprobó en 2005 y ahora con UPC Sostenible 2015.

La UPC, realizó varios trabajos de investigación relacionados con la gestión de los residuos en la universidad. Uno de ellos, se centró en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallés (ETSAV) y en la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (ESAB); se realizó una revisión documental temática sobre residuos, así como entrevistas en profundidad a expertos y a los estudiantes de los centros. El número de encuestados fue de 178; el 55,10% cursaban Ingeniería Agrícola y el 44,9% eran estudiantes de Arquitectura. En las facultades estudiadas se percibió una disposición en general a la realizar acciones de reducción, reciclaje y reutilización, y se reconoció que cuanto más se participa en la gestión responsable, más conciencia se adquiere.

La mayor parte de las personas sondeadas practicaba entre 4 y 6 medidas para intentar generar menos residuos y un 99,4% de los estudiantes realiza al menos una. En cambio las conductas relacionadas con el reciclaje, la reutilización y la separación en origen, aparecieron como asumidas por la población, excepto en el caso de la materia orgánica, gran reto por abordar (Tejedor Papell, 2011).

También la Universitat de Girona aplicó planes de medio ambiente; mientras que otras han optado por la elaboración de Sistemas de Gestión Ambiental siguiendo las normas ISO-14000 o EMAS, como la Universidad de Barcelona, la Universidad Politécnica de Valencia o la Universidad Jaume I de Castellón (Monrós, 2002). En general, en todas ha aparecido algún ente de gestión (Oficinas Verdes, Delegados del Rector para Medio Ambiente o las mismas Delegaciones, Oficinas o Servicios de Prevención de Riesgos Laborales).

Como parte de la llamada ambientalización de las universidades; se han ido implantando en cada una de ellas sistemas de recogida selectiva de residuos para mejorar la eficiencia en su gestión y lograr reducir impactos sobre el entorno. En la siguiente tabla se representan los resultados obtenidos en 2010 a partir de una encuesta realizada a 31 universidades españolas. La tabla 4, recoge el porcentaje de universidades que tenían sistemas de recogida selectiva para cada tipo de residuo; así como la cantidad anual generada y la tasa de generación por persona de cada uno de los residuos gestionados.

En dicho estudio, se obtuvo que la mayoría de las universidades estudiadas disponían de sistemas de recogida selectiva para los residuos más comunes, es decir generados en mayor cantidad; aunque muy pocas universidades tenían recogida selectiva para residuos como vidrio plano, CD/DVD y residuos de imprenta. Por otro lado, los resultados mostraron que todas las universidades contaban con contenedores de recogida selectiva exteriores; pero en las zonas comunes de los edificios o en el interior de estancias, no se encontraban muchos de estos contenedores. Un ejemplo de ello es que el 31% de las universidades estudiadas únicamente disponían de sistemas de recogida de papel y cartón en las zonas comunes, y no en las estancias como clases, despachos, etc. Este residuo fue el segundo más generado (por detrás de los sólidos urbanos) en las universidades y por lo tanto los datos muestran que su actual gestión (en 2010) podría ser más eficiente (Reyes-Labarta *et al.*, 2010)

Tabla 4: Recogida selectiva de los residuos en universidades españolas. Fuente: Reyes-Labarta *et al.*, 2010.

Tipos de residuos gestionados	% Universidad	Total Kg/año	Total Kg/año/per
Papel /Cartón	93,55 (29)	2500384	4,33
Residuos de Envases	77,42 (24)	274735	1,04
Vidrio	74,19 (23)	132042	0,46
Vidrio Plano	16,13 (5)	1700	0,06
Documentación Confidencial	77,42 (24)	55560	0,26
Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos	93,55 (29)	206494	0,38
Residuos de Construcción y demolición	70,97 (22)	705546	4,24
Residuos Sólidos Urbanos	90,32 (28)	3922862	19,33
Aceite Doméstico	61,29 (19)	19308	0,13
Aceite Industrial	64,53 (20)	9216	0,02
Enseres	70,97 (22)	413126	2,66
Chatarra	51,61 (16)	30600	0,42
Restos de Poda	74,19 (23)	794560	3,08
CD, DVD	38,71 (12)	1425	0,01
Cartuchos de tinta tóner	96,77 (30)	10962	0,03
Residuos de las empresas reprografía	51,61 (16)	850	0,02
Pilas y Acumuladores	93,55 (29)	9078	0,02
Tubos Fluorescentes	93,55 (29)	11581	0,03
Sanitarios y Veterinarios	64,52 (20)	568676	1,58
Residuos Peligrosos Químicos	96,77 (30)	352530	0,56
Residuos de Imprenta	22,58 (7)	3392	0,04
Vidrio de laboratorio no contaminado	45,16 (14)	5280	0,04

Recientemente, en el ámbito de la gestión y reciclaje de los residuos de las universidades; se ha estudiado el caso concreto de la recuperación y reciclado del papel. En este estudio participaron un total de catorce universidades públicas españolas ubicadas en nueve Comunidades Autónomas distintas; y todas ellas disponían de sistemas de recogida selectiva de papel y cartón. La Tabla 5 recoge las universidades participantes y el número de usuarios de cada una de ellas.

Tabla 5: Universidades y usuarios de cada una de ellas, participantes en el estudio. Fuente: ASPAPEL y MMARM, 2011.

Universidad	Número de usuarios			Total
	Alumnos	PAS	PDI	
Carlos III	17654	699	1967	20320
Autónoma Madrid	28878	1050	2454	32382
Alcalá de Henares	26965	785	1747	29497
Granada	56036	2128	3723	61887
Murcia	27000	1088	2101	30189
Jaume I Castelló	13952	583	1237	15772
Politécnica de Valencia	38196	8660		46856
Illes Balears	13189	sin dato		13189
Santiago de Compostela	29541	1218	2209	32968
Salamanca	25294	1374	2483	29151
León	12409	548	1099	14056
Politécnica de Catalunya	26000	1629	2752	30381
Barcelona	92924	2294	4853	100071
Zaragoza	33000	1300	3000	37300
Total Usuarios				494019

En el estudio realizado por ASPAPEL, a partir de la información proporcionada por catorce universidades españolas, las encuestas realizadas y algunas visitas; finalmente se redactó un informe que incluía recomendaciones para optimizar los sistemas de recogida de papel y cartón en las universidades. Entre ellas se definieron dos como imprescindibles: más y mejor recogida separada de papel y cartón para un reciclado de alta calidad, y más y mejor participación de los usuarios del sistema (alumnado, personal administrativo, docente e investigador) (ASAPEL y MMARM, 2011).

Los estudios realizados en universidades españolas hasta el momento están basados en encuestas, entrevistas y/o estadísticas; no se ha encontrado ninguna publicación que muestre los resultados de un estudio de la caracterización de los residuos generados en alguna universidad española. Estos resultados, posteriormente permitirían proponer medidas mucho más ajustadas a la realidad en el Plan integral de gestión eficiente de los residuos. Por el contrario, este tipo de estudios consistentes en la proposición de medidas para la reducción del impacto a partir del estudio de la composición de los residuos se ha desarrollado como ya se ha comentado en diversas universidades del mundo.

6

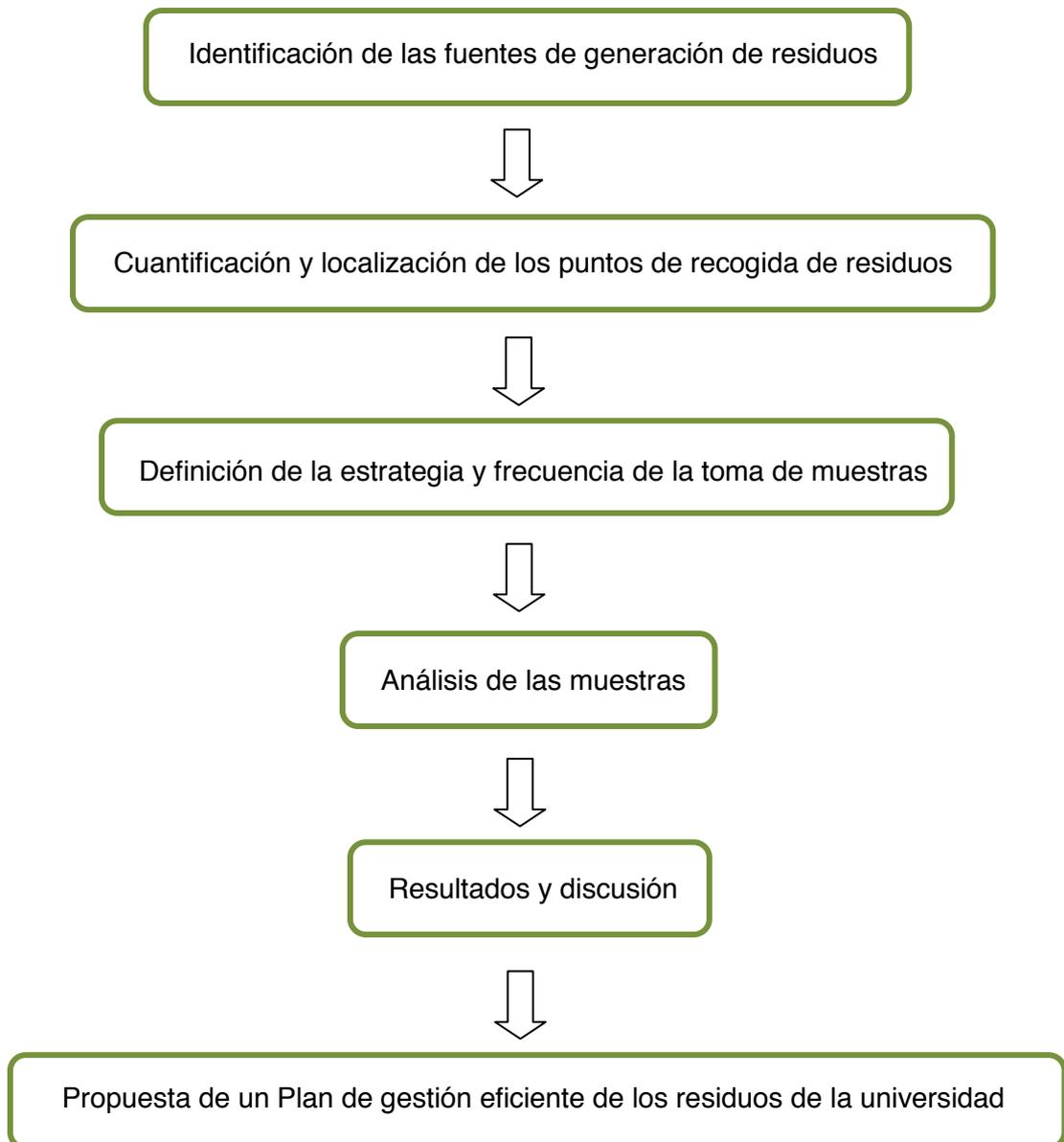
METODOLOGÍA

En este apartado se van a describir y enumerar cada uno de los pasos a seguir con el fin de conseguir el objetivo del estudio, la propuesta de un Plan de gestión eficiente de los residuos de la universidad. Como se ha comentado anteriormente es muy importante definir la metodología, establecer prioridades y planificar las tareas a realizar para hacerlo de la forma más eficiente.

Como paso previo, se realizó una búsqueda y revisión de la bibliografía existente relacionada con el tema de estudio. A partir de la búsqueda bibliográfica se conocieron ejemplos de estudios realizados en otras universidades a lo largo del mundo y las metodologías que aplicaron. Estos datos procedentes de la bibliografía permitieron comparar los resultados obtenidos con los resultados de otras universidades, así como conocer el tipo de medidas que adoptaron ellas y estudiar si podrían adaptarse o no a la situación del campus estudiado.

A partir de la bibliografía consultada se propuso la siguiente metodología enfocada a determinar la cantidad y la composición de los residuos generados en la universidad; para posteriormente sugerir una serie de medidas para minimizar la generación de residuos, mejorar su gestión y definir un Plan de gestión eficiente adaptado a la universidad estudiada. La secuencia de tareas que se planteó fue la que se muestra en la Figura 5.

Figura 5: Metodología planteada para el diseño de un Plan de gestión eficiente de los residuos en universidades.



Como se observa, la búsqueda bibliográfica es el paso previo necesario para adquirir conocimientos sobre el tema y conocer ejemplos de trabajos aplicados en otro tipo de universidades a lo largo del mundo; esta etapa conlleva la lectura de la bibliografía relacionada con el tema de estudio y la selección de datos que resulten o puedan resultar útiles en el desarrollo del trabajo. Una vez realizada la revisión bibliográfica se propone la metodología a aplicar para llegar a definir el Plan de gestión eficiente de los residuos.

En primer lugar es necesario tener un buen conocimiento de la situación inicial en la universidad; es decir conocer e identificar las corrientes de residuos generadas y la gestión que se hace de ellas. Para ello a partir del estudio realizado de la universidad, se identifican qué puntos son los más importantes en cuanto a la generación de residuos y se decide qué puntos son los que se van a incluir en el monitoreo. La definición de la estrategia de muestreo irá encaminada a identificar y cuantificar las corrientes de residuos sin controlar que se generan en la universidad estudiada.

Una vez planificada la toma de muestras en los puntos seleccionados a lo largo del campus universitario, a medida que se realiza el muestreo, se analizan y organizan los resultados obtenidos tanto de la cantidad generada de residuos como de su composición en una base de datos. Al finalizar el periodo de muestreo planificado se interpretan los resultados obtenidos de la composición y se cuantifica cada una de las corrientes de residuos generadas en la universidad; obteniendo la tasa de generación de residuos en la universidad. Finalmente se proponen las medidas que se podrían adoptar para reducir la cantidad de residuos generados en la universidad estudiada, así como para mejorar la eficiencia en su recogida y posterior gestión. De forma que las medidas de minimización propuestas se ajustan a la situación real de la universidad, ya que están basadas en los resultados obtenidos en la cuantificación y composición de los residuos generados en ella.

A partir de la metodología general definida, se aplicó esta secuencia de tareas centrada en la UJI para proponer un Plan de gestión eficiente aplicado a los residuos que se generan en esta universidad. Se realizó un diagrama de Gantt con tal de asignar a cada uno de los pasos una duración temporal y así tener una mejor planificación de las tareas a realizar. A priori, la duración temporal asignada a cada uno de los pasos definido en la metodología se muestra en la Figura 6. En los siguientes puntos de este apartado del trabajo se va a realizar una explicación de cómo se aplicaron y realizaron las tareas propuestas por la metodología descrita, al caso concreto de la UJI.

6.1- Identificación de las fuentes de generación de residuos

Para poder identificar cuáles eran los puntos de mayor generación de residuos en la universidad se utilizó la información disponible en la UJI, así como una serie de entrevistas a expertos con el fin de conocer mejor la situación actual de la gestión de los residuos generados. En primer lugar es importante tener un conocimiento general del campus que se va a estudiar, para ello se realizó una descripción tanto de las instalaciones que albergaba el campus; como de la cantidad de estudiantes y trabajadores que cada día se desplazaban hasta esta universidad. Esta visión general permitió hacerse una idea del orden de magnitud con el que se trabajaba; en este caso haciendo referencia a la cantidad de residuos que se generaban en la UJI. Posteriormente se analizó como se realiza y quiénes son los encargados de supervisar la gestión de los residuos que se generan en la universidad.

6.1.1- Descripción general de la UJI

La UJI es una universidad joven; en 1991 las Cortes Valencianas aprobaron su creación tras varios años de reivindicaciones. Anteriormente Castellón contaba con una gran tradición educativa, como muestran los estudios de Magisterio que se impartían en el Colegio Universitario de Castellón (CUC) (creado en 1969). La creación de la UJI supuso un gran cambio para la ciudad de Castellón; esta universidad empezó con 4.847 estudiantes, 345 profesores, 210 profesionales de administración y servicios y en ella se impartían un total de 16 titulaciones.

Actualmente, 22 años después de su creación, la UJI es una universidad consolidada, ya que en ella se imparten 30 titulaciones, cuenta con 16.600 estudiantes, 1.192 profesores y cuenta con un Personal de Administración y Servicios (PAS) de 597 personas (UJI). A lo largo de este periodo ha generado más de 22.000 titulados y una producción investigadora que incluye más de 2.000 proyectos y contratos.

Todos los departamentos de la Universidad se encuentran distribuidos en 3 facultades y una escuela diferentes:

- Facultad de Ciencias Humanas y Sociales (FCHS).
- Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales (ESTCE).
- Facultad de Ciencias Jurídicas y Económicas (FCJE).
- Facultad de Ciencias de la Salud (FCS)

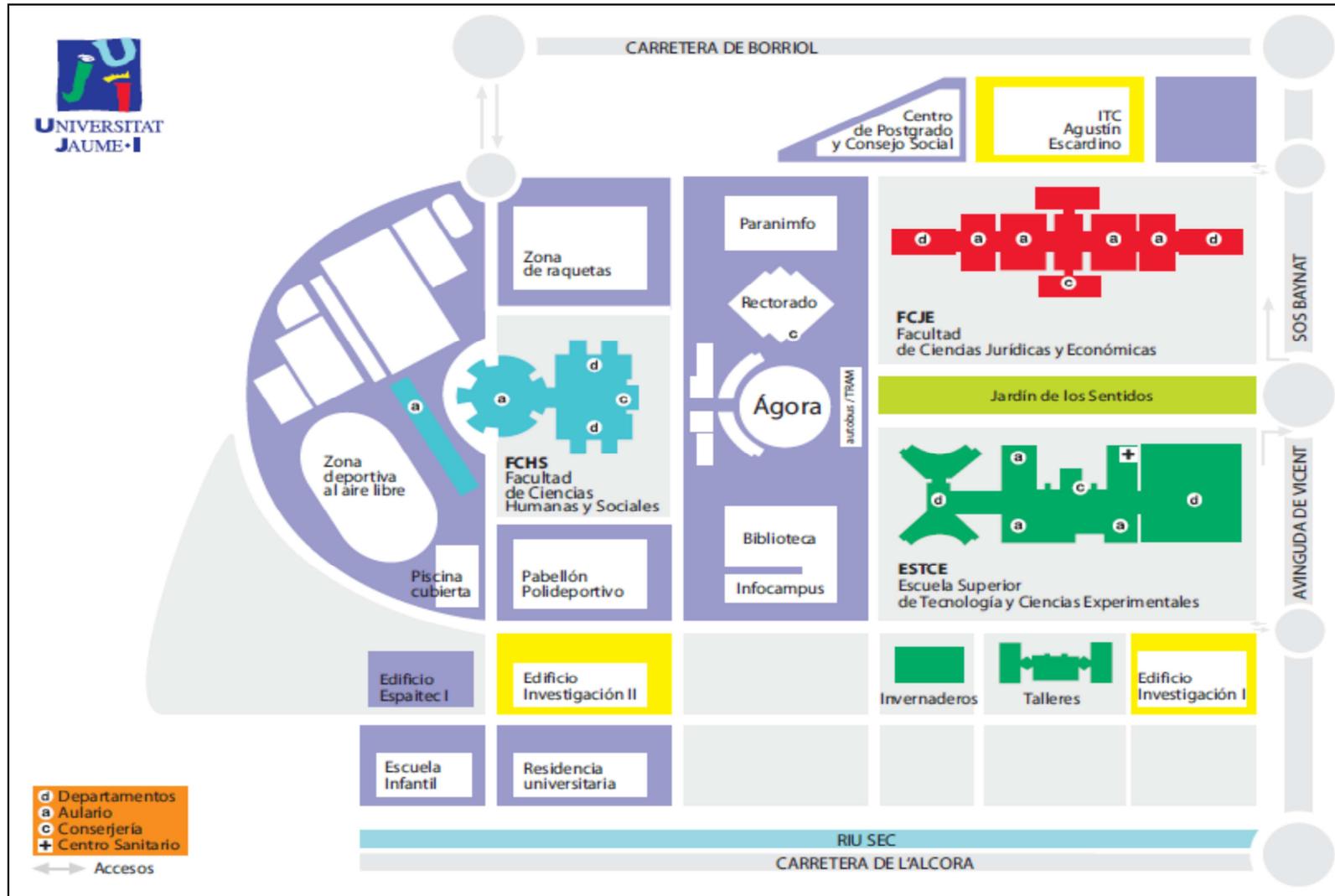
En cada uno de los edificios que albergan las facultades, se puede diferenciar en la zona central los aularios donde se encuentran las aulas de todo tipo: tanto las aulas docentes como las de informática y las aulas de estudio y seminarios. En otra zona están situados los departamentos relacionados con cada una de las facultades; además cada facultad cuenta con una cafetería y su correspondiente zona de comedor. La FCS se ha creado recientemente en la UJI, por esta razón los planos de los que se dispone no incluyen sus instalaciones todavía. En la Figura 6, puede observarse la ubicación de las cuatro facultades del campus.

Como se observa, los centros forman el esqueleto central del campus denominado Riu Sec. A su alrededor se encuentran un conjunto de edificios destinados a usos muy diversos dentro del mismo campus, con el fin de ofrecer servicios a los usuarios:

- Centro de Postgrado y Consejo Social.
- ITC.
- Paraninfo.
- Rectorado.
- Zonas ajardinadas.
- Biblioteca.
- Infocampus.
- Invernaderos.
- Talleres.
- Edificio de Investigación I y II.
- Edificio Espaitec.
- Residencia Universitaria.
- Escuela Infantil.
- Instalaciones deportivas: pabellón polideportivo, zona de raquetas, piscina cubierta y zona deportiva al aire libre.

En todas las zonas del campus habrá una generación de residuos debido a las actividades que se realizan en ellas; según el tipo de actividad que se realice, se generará una cantidad de residuos y un residuo con diferentes características y composición.

Figura 7: Plano de la UJI, campus Riu Sec. Fuente: UJI



Como se ha comentado en el estado del arte, el estudio que se va a realizar no abarcará la totalidad de las instalaciones de la UJI, de forma que se incluirán en el estudio las facultades y la escuela de la universidad, además de las instalaciones deportivas, la biblioteca, el edificio de rectorado y los laboratorios o talleres de la UJI.

6.1.2- Gestión actual de los residuos en la UJI

La Universitat Jaume I cuenta actualmente con una Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental, situada en la Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales (Edificio TD). Esta oficina se puso en funcionamiento en el año 1999 y actualmente es el departamento responsable de gestionar la eliminación de los residuos que se generan diariamente en la UJI como consecuencia de su actividad docente e investigadora; además de llevar un control y seguimiento de las cantidades y tipos de residuos entre otro tipo de trabajos. Estas cantidades se publican en forma de informes anuales en la página web de la universidad, de forma que se trata de datos públicos y a disposición de todo el alumnado y público en general.

La UJI dispone de contenedores de recogida de diferentes tipos de residuo, distribuidos a lo largo de todo el campus y en todos sus edificios. Concretamente en la actualidad, existen contenedores para la recogida selectiva de (Figura 8):

- Papel y cartón.
- Envases ligeros (tetrabrik, envases metálicos, etc.)
- Residuos de jardinería
- Residuos asimilables a urbanos.
- Residuos inertes.
- Ropa usada.
- Vidrio.
- Punto de recogida de pilas, tóneres, teléfonos móviles y residuos informáticos.

Figura 8: Contenedores interiores y exteriores de recogida selectiva de residuos ubicados en la UJI.



Por tanto, entre los diferentes tipos de residuo que se generan, existen residuos bastante comunes como el papel y cartón, envases ligeros, pilas salinas o botón, tóneres de impresora, residuos informáticos (discos duros, teclados, ratones, etc.), tubos fluorescentes con mercurio, sólidos inertes, etc.; así como otros residuos muy específicos como generados en laboratorios docentes y de investigación. Esta gran variedad de residuos se recogen selectivamente para tratarlos de forma adecuada y minimizar su impacto; siendo residuos cuyas corrientes están identificadas y cuantificadas. Por otra parte en contenedores y papeleras distribuidas por todo el campus, se recogen los residuos mezcla (asimilables a urbanos) que son el objeto de estudio de este trabajo.

En el año 1999, cuando se creó la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental, se diseñó un plano de ubicación de los contenedores para la recogida separada de los diferentes tipos de residuos generados. La primera distribución de los contenedores se realizó en función de las necesidades estimadas en cada edificio y según la actividad que se realizaba en cada uno de ellos; de esta forma se pretendió dar servicio a todos los puntos en los que había generación de residuos a lo largo de todo el campus. Desde su diseño inicial, a medida que han ido surgiendo nuevos puntos de generación de residuos, nuevos tipos de residuos generados en alguna zona o variación en las tasas de generación de los residuos; se ha actualizado la ubicación de los contenedores para adaptarla a la realidad en cada momento y así optimizar la recogida de los residuos. La distribución de estos contenedores de recogida selectiva será muy útil a la hora de identificar los puntos de muestreo, ya que los lugares donde se gestionan mayores cantidades de residuos también serán los lugares en los que la generación de residuos en general es mayor.

Los diferentes contenedores que se encuentran distribuidos por el campus son totalmente accesibles para todo el público en general; pero están destinados únicamente a la gestión de los residuos generados por la propia actividad de la UJI. Ya que para la gestión de los residuos generados en los domicilios existen medios municipales y se debe acudir a ellos.

Tanto en el interior de los edificios docentes, como en los de investigación y en las zonas exteriores, existen contenedores de recogida selectiva de los residuos nombrados anteriormente. A medida que se llenan los contenedores interiores, se vacían en los puntos de acopio exteriores donde se encuentran los contenedores de mayor tamaño. La Figura 9 muestra la ubicación de cada uno de estos puntos de acopio en la actualidad en el Campus Riu Sec de la UJI. A lo largo del campus de la universidad hay diferentes puntos en los que se concentran varios tipos de contenedores de recogida selectiva; por lo tanto es de esperar que en estas zonas haya bastante generación de residuos y sean puntos apropiados en los que realizar el muestreo.

Los contenedores de recogida selectiva de papel y cartón y envases, que son los que se generan en mayor cantidad, son recogidos por la empresa gestora con una periodicidad establecida; mientras que el resto de residuos generados en menor cantidad y que tienen mayor peligrosidad, necesitan un procedimiento para ser retirados por parte del usuario, ya que si se establece una frecuencia determinada sería poco eficiente en cuanto al coste que representaría para la UJI. Cuando uno de estos contenedores debe ser vaciado, la persona encargada (personal de mantenimiento o departamento responsable) debe informar a la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental del tipo de residuo y capacidad aproximada del contenedor a retirar para que posteriormente se contacte con la empresa gestora de ese tipo de residuo. Una vez el residuo ha sido retirado, la empresa gestora entrega un documento acreditativo de que se ha retirado; en ese caso la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental siempre comprueba que el tipo de residuo coincida y que las cantidades determinadas por los departamentos y la empresa gestora no difieran en exceso. Por ejemplo, si un departamento indica a la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental que se necesita retirar un envase de 25 litros de ácidos; se comprueba que el peso que la empresa indica en su documentación no difiera en exceso de los 20-25 kg.

Desde el año 2003, la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental publica un informe anual de las cantidades de residuos recogidos en el campus; se realizan a partir de los datos de las cantidades de los residuos que han sido retirados a lo largo del año por la empresa gestora contratada. Cada uno de estos informes contiene una serie de tablas en las que se agrupan los diferentes tipos de residuo gestionados, así como el número de contenedores (exteriores o interiores) recogidos y las cantidades de residuo. En el año 2012, los residuos que se gestionaron y que están cuantificados en el informe de ese año, son los que se muestran en la Tabla 6.

Como se observa, el residuo que se gestionó en mayor cantidad durante el año 2012 fue el papel y cartón, con un total de 73.653 kg; este tipo de residuo es el que se gestiona en mayor cantidad todos los años en los que se ha realizado el informe (desde 2003).

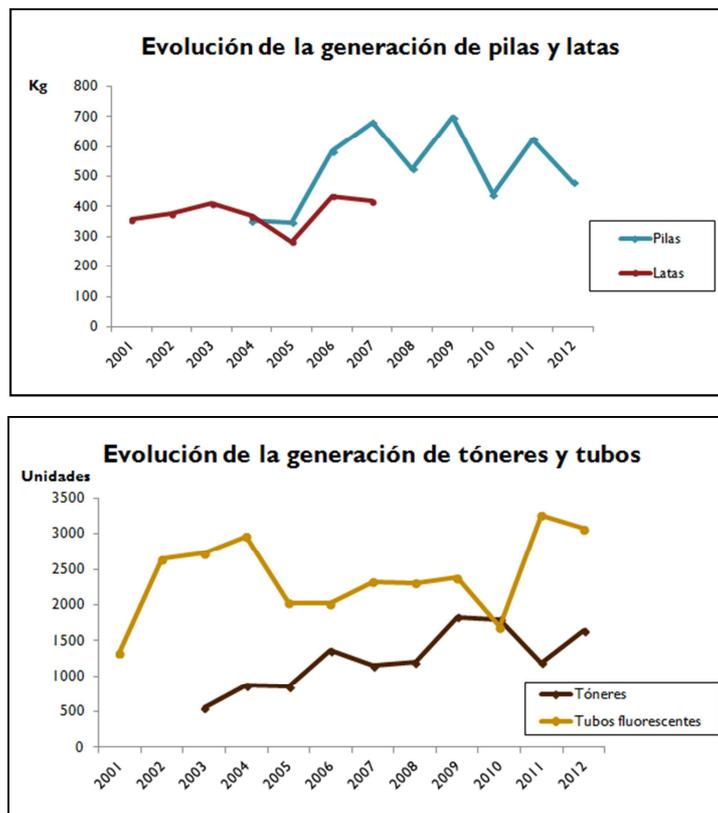
Tabla 6: Residuos gestionados en la UJI y la cantidad generada en 2012. Fuente: Informe 2012 de la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental.

Tipo de residuo	Cantidad 2012	Tipo de residuo	Cantidad 2012
Residuos químicos peligrosos (kg)	22051	Papel y cartón (kg)	73653
Disolventes orgánicos no halogenados	2080	Papel interior	48083
Disolventes orgánicos halogenados	2283,3	Papel confidencial	6920
Disoluciones ácidas	978	Papel exterior	18650
Disoluciones básicas	967	Envases ligeros (kg)	9982
Sólidos cerámicos	660	Vidrio (kg)	2342
Colorantes cerámicos en suspensión	417	Tóneres impresoras (unid)	1642
Agua acetonitril	125	Residuos no peligrosos (kg)	6623
Agua metanol	195	Sólidos inertes	2200
Soluciones ácidas con metales	295	Chatarra	408
Ácidos orgánicos	1	Residuos agroquímicos	4015
Sales orgánicas	93	Residuos eléctricos y electrónicos (kg)	1665
Peróxidos	5	Equipos obsoletos	1290
Organohalogenados y organofosfatos	25	Pequeño aparato electrónico	375
Fenoles y compuestos fenólicos	21	Pilas (kg)	480,925
Sustancias cianuradas	3,6	Pilas salinas	479,3
Residuos sanitarios (Grupos II y III)	365	Pilas de botón	1,625
Diversos (amiante, baterías, etc.)	200		
Desconocidos o altamente peligrosos	149		
Envases contaminantes	4706		
Residuos eléctricos y electrónicos	1290		
Pilas botón	1,625		
Tubos fluorescentes	615,5		
Fibra de vidrio	10		
Bromuro de etidio	533		
Sólidos contaminantes	4609		
Aerosoles agotados	26		
Medicamentos caducados	7		
Aceites, grasas, hidrocarburos y combustibles	491		
Reactivos de laboratorio caducados u obsoletos	139,1		
Sales y compuestos de mercurio, cromo VI y metales pesados	452		
Líquidos de revelado fotográfico	308		

Desde la creación de la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental, se han ido incorporando los datos de generación de diferentes tipos de residuos; hecho que

provoca que los datos de las cantidades gestionadas de cada residuo partan de años diferentes. Por ejemplo, para los residuos peligrosos se dispone de las cantidades gestionadas desde el año 1998; mientras que para las pilas, únicamente se dispone de datos a partir del año 2004. A continuación, en la Figura 10, por una parte se muestra la evolución de la cantidad de pilas y latas gestionadas en la UJI; y por otra se han representado las unidades de tóneres y tubos fluorescentes que se han gestionado desde que se dispone de los datos de cada residuo.

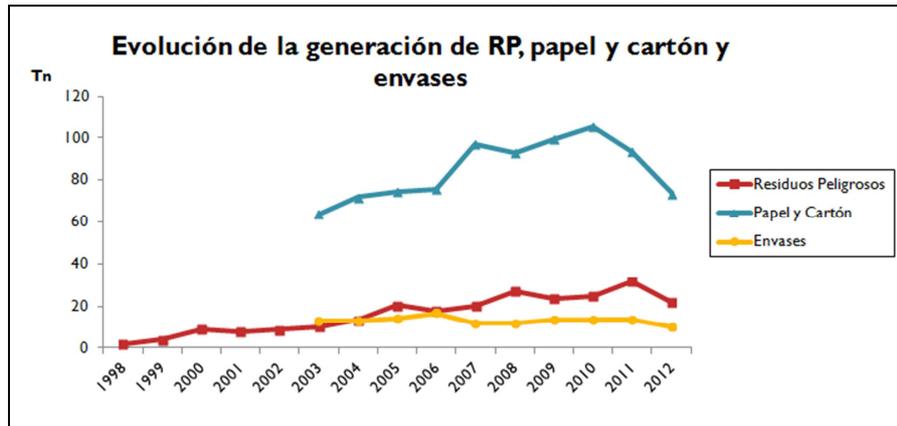
Figura 10: Evolución de la cantidad de pilas y latas (arriba); y unidades de tóneres y tubos fluorescentes gestionados en la UJI anualmente (abajo) Fuente: UJI.



En la Figura 10, se puede observar como difiere la disponibilidad de datos para los diferentes tipos de residuo. En primer lugar, atendiendo a la evolución de la gestión de las pilas, se observa que desde el año 2006 se sigue una tendencia ascendente y descendente cada año, moviéndose en el mismo intervalo de cantidades. Haciendo referencia a los datos de las latas, a partir del año 2008 no se disponen de datos debido a que la cantidad de latas gestionadas se une a la de los envases y por ello no se contabiliza este residuo por separado. A la izquierda de la Figura 10, se observa que las cantidades tanto de tóneres como de tubos fluorescentes han aumentado

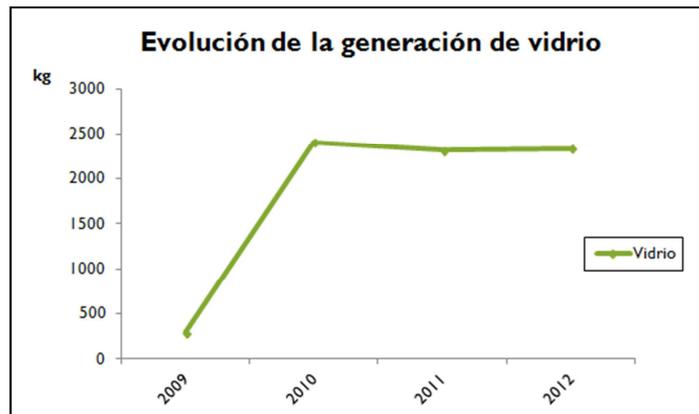
desde 2001 y 2003 respectivamente hasta el año 2012, aunque en el caso de los tubos fluorescentes hay un descenso entre 2005 y 2010. A continuación, en la Figura 11 se observa la tendencia de las cantidades gestionadas de residuos peligrosos, papel y cartón y envases ligeros.

Figura 11: Evolución anual de la cantidad de residuos peligrosos, papel y cartón y envases gestionados en la UJI. Fuente: UJI.



La evolución de los tres tipos de residuos representados en la Figura 11 sigue una tendencia bastante similar, ya que las toneladas de residuo gestionadas aumentan desde que se dispone de los datos, observándose en los últimos años un descenso. El descenso más acusado es el de los residuos de papel y cartón, que puede explicarse por el mayor desarrollo del soporte informático que ha repercutido en un menor consumo de papel y a su vez en una reducción de este tipo de residuo. Por otro lado, cabe destacar que las cantidades de papel y cartón gestionadas son muy superiores a las del resto de residuos. Respecto a los residuos peligrosos, debido a su peligrosidad y a que su gestión está controlada por la legislación, es el residuo del que se dispone de mayor cantidad de los datos de generación anual (desde 1998). Finalmente, en la Figura 12 se representa la evolución de la cantidad de vidrio gestionado en la UJI.

Figura 12: Evolución de la cantidad de vidrio gestionado en la UJI cada año. Fuente: UJI.



Como se puede observar, la generación de vidrio en el campus es muy reducida respecto al resto de residuos. Únicamente se dispone de sus datos de generación desde 2009, en su tendencia se observa un gran aumento de la cantidad gestionada en los dos primeros años y luego se estabiliza alrededor de las dos toneladas y media anuales. Por lo tanto del análisis de la evolución de la gestión de los residuos, se debe resaltar la gran cantidad de papel y cartón que se gestiona anualmente en la UJI y que la cantidad de los residuos peligrosos gestionados también es bastante elevada en relación a su peligrosidad y al coste que representa su correcta gestión.

Además de estos tipos de residuos, en la UJI también se generan residuos de restos de siega de césped y poda de árboles y matorrales, los cuales se contabilizaron en el año 2011 para su utilización en un estudio en la UJI. La empresa gestora estimó que se generaban unos 12.595 kg/año procedentes de la siega de césped y 16.762 kg de residuos anuales procedentes de la poda de árboles y matorral (Herrera Prats, 2011).

Se debe tener en cuenta la diferente situación entre los residuos peligrosos y los no peligrosos generados en la UJI. Las cantidades de los residuos peligrosos gestionados coincidirá con los residuos peligrosos generados; ya que como la gestión de este tipo de residuo está definida en la legislación y exigida por ley, todo el residuo peligroso generado es recogido selectivamente y gestionado de la forma adecuada. Por el contrario, no todos los residuos no peligrosos que se generan se depositan en los contenedores en los que se recogen selectivamente, ya que la legislación no es tan estricta para este tipo de residuo. Por ello, las cantidades que reflejan los informes anuales de la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental, corresponden a la cantidad de residuos no peligrosos gestionados, pero las cantidades generadas serán mayores. La diferencia entre la cantidad gestionada y generada es la que se pretende

estimar, ya que está contenida en las corrientes de residuos no controladas, que son las que se pretende caracterizar en este estudio.

Una vez detalladas las cantidades de los diferentes residuos gestionados; en cada uno de los informes se calcula la tasa anual de gestión de cada residuo. Para calcular la tasa de gestión se tiene en cuenta el conjunto de comunidad universitaria: estudiantes, PAS y PDI; a excepción de los residuos químicos y peligrosos y residuos no peligrosos, ya que en este caso para calcularla se limita a los estudiantes, PAS, PDI de carreras y departamentos que generan este tipo de residuos. En el informe de 2012, las tasas de gestión de los residuos son las que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Tasas de gestión anual de residuos en el año 2012. Fuente: Informe 2012 de la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental.

Residuo	Cantidad (kg/usuario/año)
Papel y cartón	4,06
Tóneres	0,091 (unid/usuario)
Residuos químicos peligrosos	4,25
Envases ligeros	0,55
Residuos no peligrosos	1,28
Pilas	0,027
Residuos eléctricos y electrónicos	0,092
Vidrio	0,129

Observando la tabla anterior, se puede afirmar que la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental, durante el curso académico 2011/12, gestionó un total de 10,388 kg de residuos por usuario. Siempre teniendo en cuenta que esta es la tasa de residuo gestionado, la cantidad de residuos generados será mayor sin duda. Sumando las tasas de generación mostradas en la tabla, se obtiene una tasa de generación de unos 10,38 kilogramos por usuario al año. Además, teniendo en cuenta que cada año hay 43 semanas lectivas que corresponden a 215 días lectivos, finalmente se obtiene una tasa de generación de 241,40 g/usuario/semana o de otra forma 48,32 g de residuos gestionados por usuario por día.

Como se ha explicado a lo largo de este apartado; anualmente en la UJI se publican los datos de las cantidades de los diferentes residuos que se recogen en los contenedores de separación selectiva. Sería un error afirmar que éstas son las

cantidades totales que se generan de estos residuos; ya que actualmente no todo el material reciclable se deposita en el contenedor destinado a ello. Como conclusión de los informes anuales, se puede afirmar que en la UJI existe un sistema de recogida selectiva de residuos peligrosos y no peligrosos que funciona correctamente. No obstante, hay determinadas corrientes de residuo no controladas que se generan en espacios como las papeleras en general, despachos, cafetería, etc.; y se depositan en los cubos de la basura, pudiendo ser algunos de ellos reciclables. Estas corrientes de residuos son recogidas y tratadas como residuos urbanos y por ello no están contabilizadas en los informes anteriores.

6.1.3- Conclusiones

Como se ha detallado a lo largo de este apartado, la UJI realiza una correcta gestión de todas las cantidades de residuos que se recogen de forma selectiva. Estas corrientes de residuos destinadas al reciclaje están controladas y cuantificadas por la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental y anualmente son publicadas en el informe anual. A partir del análisis del informe publicado en el año 2012, se calculó una tasa semanal de 241,40 g de residuos gestionados por usuario o dicho de otra forma 48,32 g de residuos gestionados por usuario cada día.

Estas son las corrientes de residuos controladas y gestionadas correctamente debido a que se recogen selectivamente; pero por otra parte existe una corriente de residuo mezcla que se deposita en los contenedores de residuos asimilables a urbanos y que en la UJI no está cuantificada ni estudiada su composición. Parte de esta corriente no controlada está formada por residuos que deberían haberse recogido selectivamente pero que no se han depositado en el contenedor adecuado; de forma que gran parte de esta corriente podría reducirse si se realizase una correcta gestión de los residuos.

Para la propuesta del Plan de gestión eficiente de los residuos en una universidad fue crucial tener identificadas y conocer muy bien las características de todas las corrientes de residuos generadas en el campus. Por esta razón en el caso de la UJI se cuantificaron y se estudió la composición de la corriente de residuos que no estaba controlada, y de esta forma se consiguió tener identificadas y cuantificadas todas las corrientes de residuos generadas. Tener un buen conocimiento de las corrientes de residuos no controladas en la universidad fue imprescindible para que las medidas de minimización que se propusieron posteriormente en el Plan de gestión, estuviesen

dirigidas a reducir las corrientes de residuos reales que se generaban en la universidad.

La tasa de generación de residuos en la UJI será el resultado de la suma de la tasa de generación de residuos mezcla no controlada que va a calcularse, y la tasa de generación de residuos gestionados obtenida a partir del informe de residuos del año 2012. Una vez se dispuso de la información necesaria de todas las corrientes de residuos de la universidad, se propuso un Plan de gestión eficiente de los residuos que permitirá realizar una correcta gestión minimizando en todo lo posible el impacto que genera la universidad sobre el entorno, atendiendo a la generación de residuos.

6.2- Cuantificación y localización de los puntos de recogida de residuos

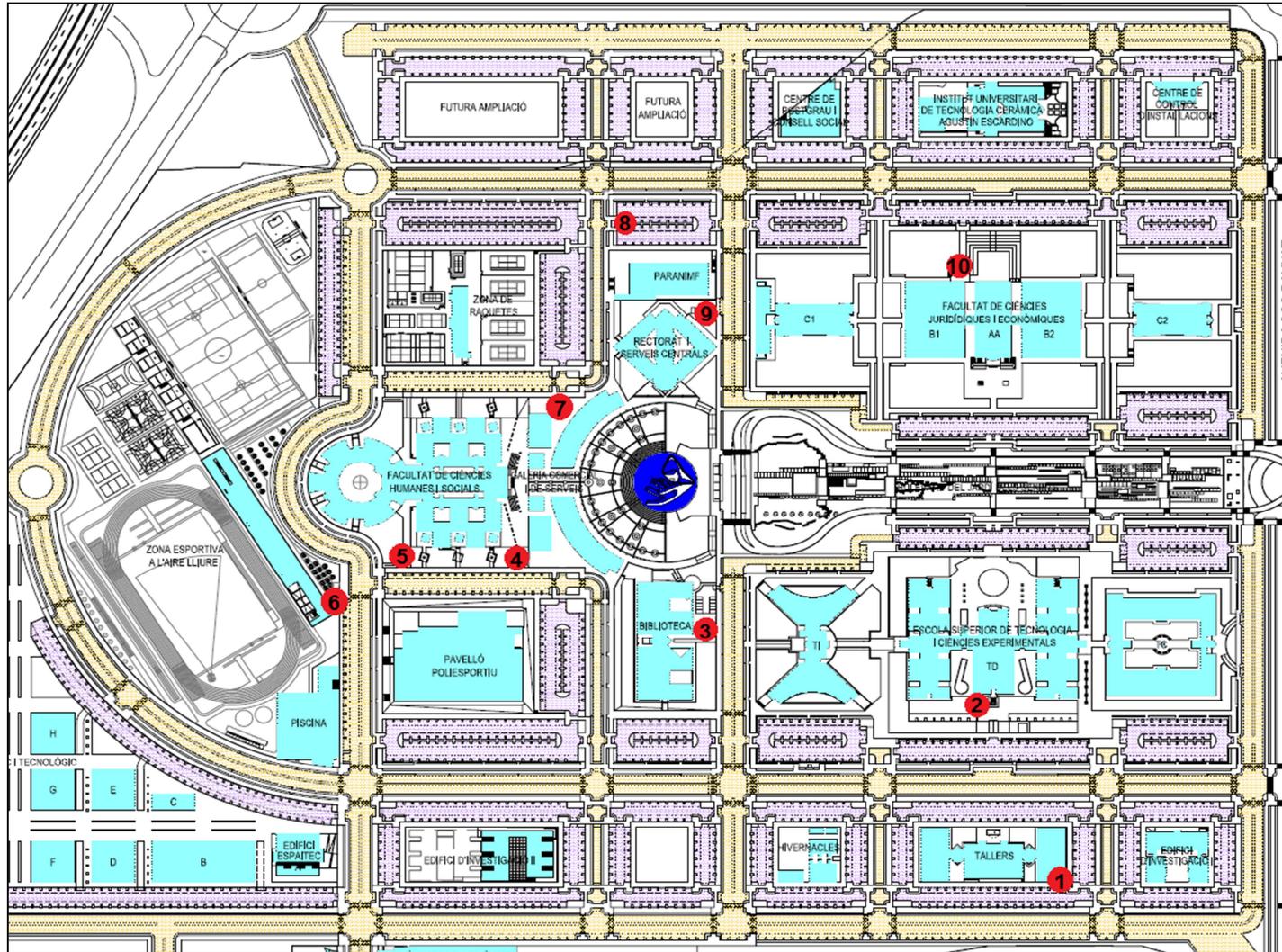
Una vez identificadas las corrientes de residuos generados en la UJI, para poder cuantificar y caracterizar los residuos de la corriente no controlada identificada en el apartado anterior, fue necesario identificar los puntos en los se depositaban estos residuos. Estos puntos son los que se estudiaron y en los que se realizó la toma de muestras para poder obtener información de la corriente de residuos mezcla no controlada en la UJI.

Por una parte se entrevistó al personal involucrado en la gestión de los residuos generados, obteniendo información de los puntos de depósito de los residuos mezcla que se pretenden cuantificar. A partir de la información facilitada por la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental se identificaron y ubicaron todos los puntos de acopio de los residuos mezcla a lo largo del campus universitario, que se han localizado en la Figura 13. En éstos 10 puntos localizados en la figura se depositaban todos los residuos mezcla generados en la UJI; es decir que en ellos se recogía todos los residuos de la corriente no controlada que se identificó.

Por otra parte se contactó con la empresa de limpieza de la UJI y el personal de las cafeterías para conocer los horarios y frecuencia de limpieza y los puntos de recogida de los residuos. Todos los centros de la UJI eran limpiados diariamente, en un horario distribuido entre las 6 y las 22 horas según la zona del campus. Ni el personal de limpieza ni el de las cafeterías realizaban ningún tipo de separación de los residuos; de forma que los residuos recogidos de las aulas, pasillos, despachos, lavabos y comedor eran depositados en los puntos de acopio situados en el exterior de los edificios; en los contenedores de residuos asimilables a urbanos ubicados en la Figura 13.

Además de la información proporcionada por los expertos y trabajadores que fueron consultados, se realizó un rastreo del campus Riu Sec de la UJI con el objetivo verificar la ubicación de éstos puntos de acopio donde se depositaban todos los residuos de la corriente no identificada que se generaban diariamente en la UJI. Estos puntos de acopio de los residuos mezcla generados en la UJI fueron objeto de estudio en el trabajo que se realizó.

Figura 13: Plano de ubicación de los puntos de muestreo en la UJI.



Como se puede observar en la Figura 12, se identificaron y ubicaron un total de 10 puntos donde se depositaban los residuos mezcla a lo largo del campus de la UJI. Se preveió que en cada uno de los puntos localizados eran depositados los residuos con las siguientes procedencias:

1. Residuos generados en los talleres y edificio de investigación; así como residuos de la limpieza general del campus.
2. Residuos generados en la facultad ESTCE: procedentes de la limpieza del edificio central y del edificio de despachos situado a la derecha de éste. Además de los residuos generados en la cafetería de esta facultad.
3. Residuos procedentes de la limpieza de las instalaciones de la biblioteca y del edificio más próximo de la facultad ESTCE.
4. Residuos generados por los locales comerciales del Ágora por su actividad y limpieza, así como los generados por la pizzería situada en este punto.
5. Punto de recogida de todos los residuos generados en la facultad FCHS; procedentes de la limpieza del edificio y de la cafetería de esta facultad.
6. Residuos procedentes de la limpieza del polideportivo, así como de limpieza de la facultad de FCS.
7. Residuos procedentes de los locales comerciales situados en el Ágora y próximos a este punto.
8. Punto de depósito de los residuos procedentes de la limpieza del edificio Paraninf, en el que se realizan eventos de varios tipos.
9. Residuos procedentes de la limpieza de las instalaciones del edificio de rectorado.
10. Residuos generados en la facultad FCJE procedentes de su limpieza y de la cafetería de la facultad.

Por lo tanto estos fueron los puntos que se muestrearon, ya que eran la totalidad de puntos de recogida de los residuos generados en el ámbito de estudio. A partir de su monitoreo o seguimiento se calculó la tasa diaria de generación de los residuos mezcla de la UJI durante el primer semestre de curso académico.

6.2.1- Determinación de la duración del muestreo

La cantidad y composición de los residuos generados en la UJI y en cualquier universidad, varían a lo largo del año debido en gran medida a la variación de temperaturas. Por ello los resultados obtenidos del muestreo no eran representativos de los residuos generados en la universidad a lo largo de todo el año; sino que lo eran de la generación de residuos durante el primer semestre de curso; desde el mes de septiembre hasta enero (ya que así es como se divide el curso académico en la UJI). Este periodo abarcaba un total de 20 semanas, de las cuales dos de ellas no eran lectivas debido a las vacaciones de Navidad. El muestreo fue representativo de los 108 primeros días lectivos del curso académico en la UJI.

Para determinar el tamaño de la muestra necesario para que la muestra fuese representativa, se utilizaron las ecuaciones descritas por Bartlett *et al.* (2001) para datos continuos:

$$n_0 = \left(\frac{tS}{e\bar{X}} \right)^2 \quad (1)$$

Donde t fue el nivel de confianza que viene determinado por el valor de α . Se tomó un nivel de confianza del 90% ($\alpha=0,1$), por ello $t=1,28$. S fue la desviación estándar, \bar{X} la media y e , el error aceptable para la media que se estimó. Si el tamaño muestral resultante (n_0) fuese superior al 5% del tamaño poblacional (N), se debería utilizar la ecuación del tamaño muestral corregida:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (2)$$

Estas ecuaciones se aplicaron en primer lugar para obtener los días de monitoreo necesarios para la estimación de la cuantificación de residuos generados en la UJI, y posteriormente para calcular el número de días de muestreo necesarios para que la caracterización de los residuos obtenida sea representativa de los residuos de la UJI.

➤ Estimación de la producción de residuos mezcla

Para poder cuantificar la corriente de residuos mezcla no controlada, se realizó un monitoreo de todos los puntos de depósito de este tipo de residuos a lo largo de la UJI, ubicados en la Figura 13. Al finalizar la jornada laboral (a las 21:30) se hizo el monitoreo de todos los puntos definidos y se cuantificó la cantidad de residuos mezcla generados en cada punto. Debido al gran trabajo que supondría realizar el monitoreo durante todos los días lectivos del semestre, se realizaron los cálculos para obtener

cuántos días se debía realizar este monitoreo para que los resultados fuesen representativos de la generación de residuos en la UJI durante el primer semestre del curso en la UJI.

Para ello aplicó la ecuación 1 mostrada anteriormente. Donde t fue el nivel de confianza que vino determinado por el valor de α ($\alpha=0,1$), por ello $t=1,28$. S era la desviación estándar de los datos, \bar{X} la media de la generación diaria de residuos y e fue el error aceptable para la media que se estimó, para el cual se tomó un valor del 10% en este caso.

Debido a que *a priori* no se disponía de la media ni la varianza de la generación de residuos asimilables a urbanos en la UJI se decidió realizar el monitoreo durante la primera semana lectiva de octubre, y de éste obtener la media y varianza de las cantidades de residuo mezcla generadas. A partir de los datos obtenidos de esta primera semana de monitoreo se realizó el cálculo de si era necesario o no realizar el monitoreo durante más días, para que el resultado fuese representativo. De los 5 días lectivos muestreados (de lunes a viernes), se obtuvo una media de 831,43 kg de residuos al día, con una desviación estándar de 206,94 kg. Aplicando la ecuación 1, se obtuvo que $n_0=11$ días. Teniendo en cuenta que el tamaño muestral era de 118 días (los días lectivos durante el primer semestre), el valor de n_0 no superó el 5% del tamaño muestral y por ello no fue necesario aplicar la ecuación del tamaño muestral corregida (2).

El resultado de los cálculos realizados mostró que para que la tasa de generación obtenida fuese representativa del primer semestre de curso académico, era necesario realizar el monitoreo de los puntos definidos durante un mínimo de 11 días (admitiendo un error del 10 %).

➤ **Estimación de la composición de los residuos generados**

Para determinar la composición de la corriente de residuos mezcla no controlada, se acudió a algunos de los puntos de acopio identificados para la toma de muestras y se llevaron al laboratorio para su posterior análisis

En este caso, se aplicó la ecuación 1 para determinar el número de días en los que se debía realizar el muestreo tanto de limpieza como de cafetería, para que la composición obtenida fuese representativa de la composición de los residuos mezcla

durante el primer semestre de curso. Cada día en el que se realizó el muestreo correspondía a una muestra del tipo de residuo a caracterizar. Debido a que tampoco se disponía de los datos de la media y varianza para la composición de los residuos, se decidió realizar el cálculo sobre muestras de residuo ya tomadas para el estudio. En concreto se realizó el muestreo durante 4 días para el caso de residuos procedentes de limpieza y 3 días para los residuos de cafetería. De ésta forma el objetivo en éste caso fue determinar si con los muestreos ya realizados se obtendrían unos resultados representativos del periodo académico seleccionado, o si por el contrario era necesario realizar más muestreos.

En este caso, para aplicar la ecuación 1, t tuvo el mismo valor que en el caso anterior ($t=1,28$); S fue la desviación estándar de los valores utilizados para calcular la media; \bar{X} la media de los porcentajes obtenidos para cada fracción en los residuos muestreados; y finalmente e fue el error aceptable para la media que se fijó en el 10%. En este caso como se muestrearon por separado los residuos de cafetería y los de limpieza, se aplicaron los cálculos a ambos tipos de residuo.

En primer lugar para los residuos de limpieza, se seleccionaron dos de las fracciones más abundantes en la composición de los residuos de este tipo: papel sucio y papel limpio. En el caso del papel limpio se obtuvo una media del 12,73% en su composición con una desviación estándar del 1,14%. Respecto a la fracción de papel sucio la media fue del 43,95% con una desviación estándar del 5,92%. A estos datos se les aplicó la ecuación 1 para obtener el número de días a muestrear este tipo de residuo para que la composición obtenida fuese representativa de la realidad; y se obtuvo un valor de $n_0 = 1,31$ y 2,97 respectivamente. Por lo tanto se debía realizar el muestreo de residuos procedentes de limpieza un mínimo de 3 días para que la composición obtenida fuese representativa de los residuos de limpieza generados en la UJI durante el primer semestre (aceptando un error del 10%).

Por otro lado se aplicó la ecuación 1 a los residuos procedentes de cafeterías caracterizados. En este caso se aplicó a las fracciones de materia orgánica y plásticos debido a que eran las de mayor peso. Respecto a la materia orgánica se obtuvo una composición media del 61,02% con una desviación estándar del 8,03%; mientras que en el caso de los plásticos, la media fue de 9,67% con una desviación del 1,28%. A partir de estos datos, los valores de n_0 fueron 2,84 y 2,89 días. Concluyendo que con la realización de 3 días de muestreo de los residuos procedentes de cafetería, ya se

obtendría una composición representativa de la realidad (asumiendo un error del 10%).

A partir de los cálculos que se realizaron se dedujo que los muestreos que se habían realizado para determinar la media y desviación necesarias de composición de los residuos de limpieza y cafetería fueron suficientes para obtener unos resultados representativos del primer semestre en la UJI.

6.3- Definición de la estrategia de la toma de muestras

Para cuantificar los residuos de la corriente mezcla no controlada y determinar su composición se siguieron dos estrategias diferentes. A partir de ellas se obtuvo toda la información necesaria de esta corriente no controlada que se pretendía estudiar para posteriormente calcular la tasa de generación de residuos en la UJI y proponer medidas de minimización de los mismos.

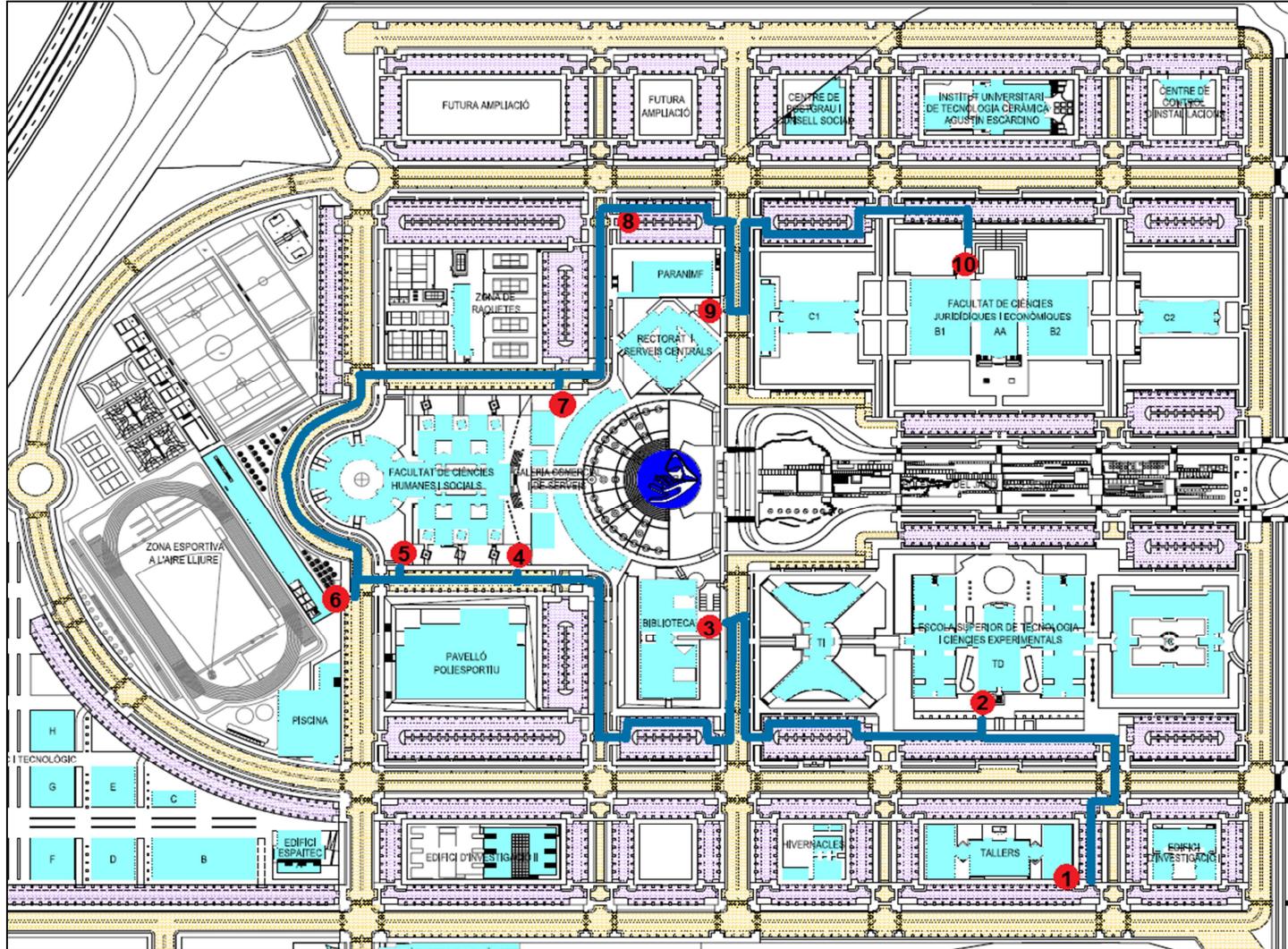
➤ **Estimación de la generación de residuos mezcla**

Para el cálculo de la cantidad de residuos mezcla generados se realizó un monitoreo de los puntos definidos al final de la jornada del personal de limpieza y cafeterías, alrededor de las 21:30 horas cuando ya se habían depositado todos los residuos en los puntos de acopio identificados. Como se obtuvo a partir de los cálculos anteriores, 11 días de monitoreo fueron suficientes para que los resultados obtenidos fuesen representativos de los residuos generados durante el primer semestre académico en la UJI. Por lo tanto, se definieron dos semanas completas y una tercera parcial en las que al finalizar la actividad en la UJI se realizó el monitoreo de los puntos definidos.

Para la realización del monitoreo de los puntos se seleccionaron la primera y tercera semana de octubre completas, debido a que el mes de octubre es cuando la actividad docente tanto en grados como en postgrados ya está a pleno rendimiento. La segunda semana de octubre se descartó debido a que en ella había dos días festivos y por lo tanto no era una semana lectiva representativa del curso académico. Durante la última semana de octubre se realizó el muestreo de 3 días lectivos más.

Para no olvidar ninguno de los puntos de muestreos definidos para cuantificar la corriente de residuos mezcla no controlada, se definió una ruta de seguimiento (Figura 14) que se realizó de lunes a viernes las 21:30 y a las 14 horas el sábado. La ruta definida tuvo una longitud de 1,75 km, a lo largo de los cuales se anotaron las cantidades de residuos mezcla generados en cada uno de los 10 puntos en los que se realizó el seguimiento. Los datos de generación de residuos de los sábados no se tuvieron en cuenta para el cálculo de la tasa de generación diaria; ya que se calculó referida al día lectivo en la UJI (de lunes a viernes). Por el contrario para el cálculo de la tasa de generación semanal sí que se decidió considerarla.

Figura 14: Ruta de muestreo diseñada.



Al realizar el monitoreo se observó que en los puntos de acopio monitoreados se depositaban bolsas negras y azules. Después de consultarlo con personal de limpieza y cafeterías se supo que el color de las bolsas estaba relacionado con la procedencia del residuo; es decir que el personal de limpieza utilizaba bolsas negras, mientras que el de cafetería depositaba los residuos generados en bolsas azules. Por esta razón, se pudieron diferenciar y cuantificar por separado los residuos generados a partir de la limpieza de las instalaciones y los de las zonas de cafetería.

Para empezar, antes de realizar el monitoreo de los puntos se cubicaron los contenedores utilizados y se cuantificaron cuántas bolsas de media llenaban un contenedor de residuos. En todo momento se diferenció entre bolsas de residuos de limpieza o de cafetería, ya que el peso y la densidad de sus residuos diferían en gran medida. Los residuos procedentes de limpieza contenían una gran fracción de papel sucio y por lo tanto su peso y densidad era menor que la de las bolsas procedentes de la cafetería, con alto contenido en materia orgánica y por lo tanto mayor peso y densidad. Tras realizar varios ensayos, se obtuvo que eran necesarias una media de 10 bolsas para llenar un contenedor de residuos procedentes de limpieza, mientras que para el caso de residuos de cafetería se requirieron 15 bolsas de media.

A partir de estos datos, cuando cada día se realizó la ruta de muestreo diseñada, se contaron el número de bolsas y/o de contenedores llenos que había en cada punto; siempre diferenciando si se trataba de bolsas de limpieza o de cafetería. Para estimar la cantidad de residuos generados en cada punto, además de cuantificar las bolsas, cada día se pesaron un número representativo de bolsas procedentes de limpieza y de cafetería utilizando un dinamómetro electrónico, con un intervalo de pesada de 0 a 50 kg. A lo largo de las dos semanas de muestreo se pesaron un total de 31 bolsas procedentes de limpieza y 27 bolsas de residuos de cafeterías.

De esta forma a partir del número de bolsas de cafetería y/o de limpieza que había en cada punto monitoreado, y del peso medio de las bolsas de cafetería o limpieza; se obtuvo la cantidad de residuos de la corriente mezcla no controlada depositados en los puntos. La cantidad total de residuos en todos los puntos que forman parte de la ruta de monitoreo diseñada suponía la cantidad total diaria de residuos mezcla generados en la UJI.

➤ **Estimación de la composición de los residuos generados**

Para determinar la composición de estos residuos, al finalizar la jornada laboral del personal de limpieza y cafetería se recogieron las muestras de residuo para posteriormente caracterizar su contenido. Concretamente se muestrearon durante 4 días los residuos de limpieza y 3 días los de cafetería. Como se obtuvo a partir de los cálculos realizados, este número de muestras fue suficiente para que los resultados fuesen representativos de la composición de los residuos mezcla generados en la UJI durante el primer semestre.

Figura 15: Remolque utilizado en el muestreo de los puntos para la caracterización de los residuos mezcla.



Se caracterizaron un total de 93,9 kg de residuos procedentes de las cafeterías (en concreto 30,6 kg de la cafetería de la facultad ESTCE, 28,8 kg de la facultad FCHS y 34,5 kg de la facultad FCJE); y un total de 36,4 kg procedentes de la limpieza en diferentes puntos como facultades, rectorado y biblioteca. Una vez seleccionadas las bolsas que se caracterizarían, se transportaron en un remolque (Figura 15) hasta el laboratorio donde a la mañana siguiente se analizó y caracterizó su contenido.

6.4- Análisis de las muestras

Como se ha comentado las bolsas de residuos a caracterizar se tomaron en un remolque y se dejaron en el laboratorio para ser caracterizadas la mañana siguiente. En este apartado se va a detallar el material utilizado, y el método que se siguió para la caracterización de los residuos de cafetería y de limpieza.

➤ Material utilizado

El material utilizado en la caracterización de los residuos, así como sus principales características o rangos de uso que se pueden observar en la Figura 16:

- Dinamómetro MECMESIN modelo AFG 500 N de rango de medida 0-50 kg.
- Balanza OHABUS modelo Explorer de 100 kg
- Balanza OHABUS ES Series de 2 kg
- Mesa de trabajo
- Contenedores de separación
- Bandejas de aluminio
- Imanes
- Tijeras
- Material de protección (bata, guantes y mascarilla)

Figura 16: Material utilizado en la caracterización de los residuos.



➤ **Metodología aplicada.**

En primer lugar se pesaron las bolsas a analizar para conocer qué cantidad de residuos se iba a caracterizar utilizando el dinamómetro, posteriormente se fueron abriendo sobre la mesa de trabajo y se separaron todas las fracciones y subfracciones depositándolas en su contenedor de separación correspondiente. Para esta fase, como se muestra en la Figura 17, fue necesario utilizar material de protección como la bata, guantes y mascarilla.

Figura 17: Disposición de los contenedores de separación (a la izquierda) y material de protección apropiado para realizar la caracterización (derecha).



En la caracterización de los residuos que se realizó, se diferenciaron un total de 14 categorías o fracciones:

- Plásticos
- Metales
- Papel limpio
- Papel sucio
- Cartón limpio
- Cartón sucio
- Tetrabrik
- Vidrio
- Materia Orgánica
- Celulosa sanitaria
- Goma / Cuero
- Residuos Tóxicos y Peligrosos (RTP)
- Inertes
- Bolsas de plástico

En algunas categorías de residuos se diferenciaron subfracciones debido a la diversidad de residuos que abarcaban y a sus diferentes características y aprovechamiento. En concreto dentro de los plásticos se diferenció entre PP, PS, PET, PEBD y PEAD; mientras que dentro de los metales diferenciaron las subcategorías de

metales férricos y no férricos. Una vez realizada la separación en los contenedores correspondientes, se pesó cada fracción en la balanza de 100 kg (para las fracciones de poco peso se utilizó la balanza de 2 kg); y partir de estos datos se obtuvo el porcentaje que representaba cada fracción húmeda respecto al total de los residuos caracterizados.

Una vez realizado el pesaje de cada fracción se tomó una muestra de cada una de ellas en una bandeja de aluminio, se pesó y se introdujo en la cámara climática a 100°C aproximadamente. Tras unas 7 horas se volvió a pesar cada fracción, y a partir de la diferencia de peso se determinó el contenido en humedad de cada una de las fracciones que se habían diferenciado en el residuo caracterizado. Tras conocer el contenido de humedad se pudo determinar la composición del residuo seco tanto de limpieza como de cafetería.

7

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizados los análisis de las muestras para determinar la tasa de generación de residuos en la UJI y la composición de los residuos generados, los datos y la información obtenida se introdujeron en una base de datos para posteriormente interpretar y comparar los resultados obtenidos. En este apartado en primer lugar se presentaran e interpretarán los resultados que se han obtenido hasta calcular la tasa de generación de residuos en la UJI; posteriormente se describirán los resultados obtenidos fruto de la caracterización de residuos realizada.

7.1- Estimación de la generación de residuos en la UJI

Como se ha descrito en la metodología, para poder obtener la tasa de generación de residuos en la UJI fue necesario realizar una serie de análisis y monitoreos de la corriente mezcla no controlada identificada en la UJI. En primer lugar, se pesaron una serie de bolsas de limpieza y cafetería para obtener el peso medio de cada bolsa según su procedencia. Se pesaron 27 bolsas de cafetería y 31 de limpieza; obteniendo unos pesos medios de 7,29 y 4,29 kg respectivamente como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Bolsas pesadas de cafetería y limpieza para la obtención del peso medio.

	BOLSA CAFETERÍA	BOLSA LIMPIEZA
nº bolsas pesadas	27	31
Peso medio (kg)	7,29	4,29
Desviación estándar (kg)	3,28	1,89

Una vez obtenido el peso medio de las bolsas de residuos mezcla generados, cada día que se realizó el monitoreo se cuantificaron el total de bolsas de limpieza y/o cafetería que había en cada uno de los 10 puntos definidos (Tabla 9). Los datos proporcionados por la tabla 9 indican que en la UJI se recogen una media de 70 bolsas de residuos procedentes de limpieza y 65 de cafeterías cada día lectivo; con una desviación estándar de 12 y 14 bolsas de residuos respectivamente. Considerando el peso medio de cada bolsa según su procedencia se obtuvo que se generaban 299 kg de residuos de limpieza y 513 kg de residuos de cafeterías por día lectivo en la UJI.

El muestreo se realizó durante 2 semanas completas (de lunes a sábado) y la mitad de la tercera semana de Octubre; de forma que se pudo observar cómo variaba la generación de residuos a lo largo de la semana y observar si ésta seguía algún patrón de comportamiento. A partir del número de bolsas de cada procedencia y del peso medio de las bolsas se pudo representar la evolución semanal de la generación de los residuos de limpieza y cafetería en la UJI (Figuras 18 y 19).

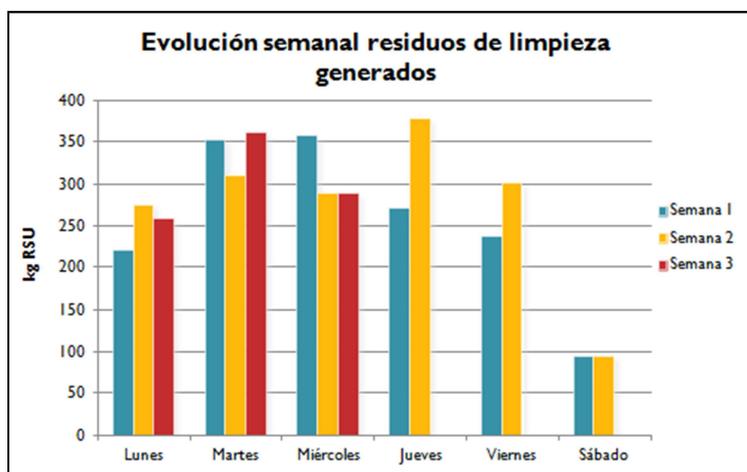
Figura 18: Evolución semanal de la generación de residuos de limpieza.

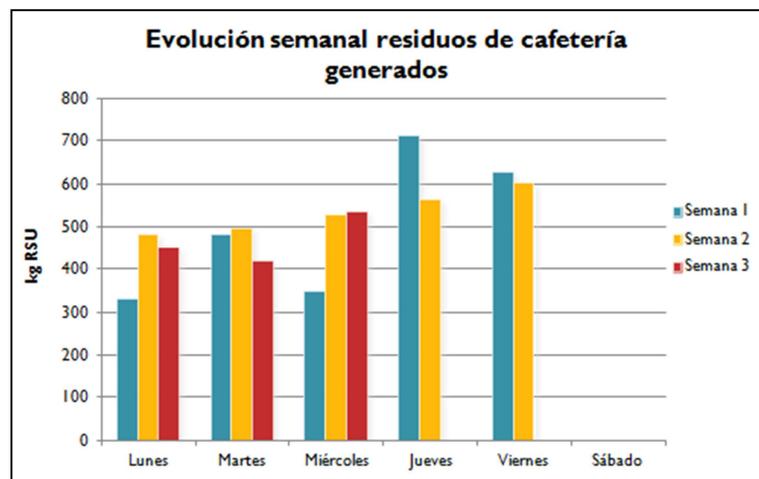
Tabla 9: nº de bolsas de residuo mezcla (procedente de limpieza o cafetería) depositadas en cada una de los 10 puntos monitoreados a la largo de la UJI.

Pto de muestreo	día	30-09	01-10	02-10	03-10	04-10	05-10	14-10	15-10	16-10	17-10	18-10	19-10	21-10	22-10	23-10
1	cafetería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	limpieza	-	8	5	8	-	-	-	1	-	2	1	1	1	1	-
2	cafetería	8	22	12	15	16	-	15	17	16	20	17	-	15	22	21
	limpieza	9	18	20	13	8	5	20	15	20	20	15	5	13	20	12
3	cafetería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	limpieza	10	10	11	5	8	3	12	6	1	8	7	3	10	12	8
4	cafetería	15	15	12	30	20	-	22	15	15	14	13	-	23	7	12
	limpieza	-	-	10	5	5	3	-	-	-	3	4	-	-	-	-
5	cafetería	6	10	5	22	15	-	17	15	18	20	18	-	10	15	17
	limpieza	7	15	20	15	15	4	16	20	19	18	17	7	12	18	18
6	cafetería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	limpieza	8	6	8	3	6	2	2	5	8	8	6	1	3	8	7
7	cafetería	-	7	-	1	3	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-
	limpieza	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
8	cafetería	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-
	limpieza	1	1	3	-	3	-	-	2	3	-	3	-	1	-	-
9	cafetería	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	limpieza	6	11	-	4	3	1	4	8	1	7	4	1	6	7	11
10	cafetería	8	13	15	23	13	-	7	16	18	17	15	-	9	9	18
	limpieza	8	10	5	10	7	4	10	15	15	22	13	4	14	18	10

Observando la evolución semanal de la generación de residuos de limpieza en la UJI se pudo definir un patrón de comportamiento seguido por las dos semanas y media en las que se realizó el muestreo. La generación de residuos de limpieza sigue una tendencia ascendente de lunes a miércoles, mientras que una vez alcanzado el punto máximo el miércoles la cantidad de residuos generados se reduce progresivamente.

A partir del número de bolsas procedentes de las cafeterías y el peso medio por cada bolsa obtenido se representó la evolución semanal de los residuos generados en las cafeterías como muestra la Figura 19.

Figura 19: Evolución semanal de la generación de residuos de cafetería.



Los residuos procedentes de las cafeterías de los centros de la UJI, en general siguieron una tendencia de aumento progresivo a medida que la semana lectiva avanzaba. Los sábados la generación de residuos procedentes de cafetería fue nula, debido a que estaban cerradas.

Finalmente a partir del total de bolsas depositadas en cada punto monitoreado, se cuantificó la cantidad total de residuos depositados en estos 10 puntos; la Tabla 10 muestra esta cantidad teniendo en cuenta tanto los residuos de limpieza como los de cafetería.

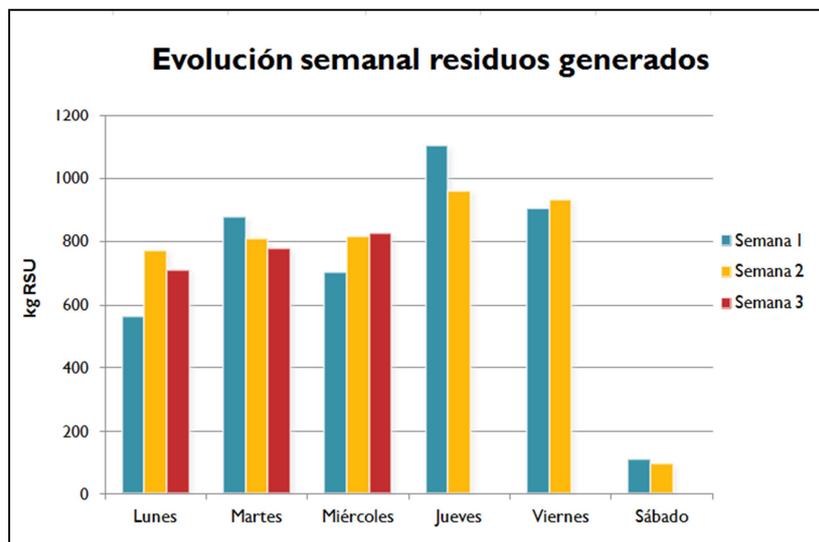
Tabla 10: kg de residuo mezcla depositados en cada punto monitoreado a lo largo de la UJI.

Pto de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL (kg)
día 30-09	12,00	101,58	42,90	118,07	77,26	34,32	10,00	4,29	65,10	97,29	562,82
día 01-10	34,32	250,39	42,90	118,07	143,07	25,74	67,97	4,29	47,19	145,23	879,18
día 02-10	21,45	180,26	47,19	137,36	125,16	34,32	5,00	12,87	-	139,52	703,14
día 03-10	34,32	173,84	21,45	257,59	237,52	12,87	7,87	118,07	17,16	223,94	1104,64
día 04-10	12,00	172,26	34,32	178,88	182,42	25,74	25,61	130,94	12,87	132,36	907,41
día 05-10	-	21,45	12,87	12,87	17,16	8,58	1,00	12,00	4,29	17,16	107,39
día 14-10	12,00	203,87	52,48	174,17	202,46	8,58	3,00	-	17,16	98,00	771,72
día 15-10	4,29	198,17	25,74	120,07	203,87	21,45	3,00	8,58	34,32	190,29	809,79
día 16-10	-	211,75	4,29	118,07	223,20	34,32	2,00	12,87	4,29	206,04	816,82
día 17-10	8,58	243,23	34,32	123,07	234,65	34,32	26,61	-	30,03	228,20	963,02
día 18-10	12,00	210,17	30,03	119,49	214,62	25,74	17,74	115,20	17,16	173,84	935,99
día 19-10	4,29	21,45	12,87		30,03	4,29	-	-	4,29	17,16	94,39
día 21-10	4,29	173,84	42,90	182,04	130,20	12,87	3,00	4,29	25,74	130,91	710,08
día 22-10	4,29	258,97	51,48	55,10	195,29	34,32	-	-	30,03	148,07	777,56
día 23-10	-	216,78	34,32	94,45	211,04	30,03	6,29	-	47,19	184,58	824,69

Aunque el seguimiento de los puntos se realizó durante 15 días, para calcular la tasa de generación diaria de residuos mezcla únicamente se tuvieron en cuenta las cantidades depositadas de la corriente no controlada de lunes a viernes, ya que el sábado no se considera día lectivo en la universidad y por ello la actividad en la UJI es mucho menor que un día lectivo. Por el contrario, para el cálculo de la tasa de generación de residuos semanal, sí que se incluyeron las cantidades de residuos generadas los sábados para así abarcar la totalidad de los residuos generados a lo largo de la semana. Como día lectivo se va a considerar tanto aquellos días en los que en la universidad se imparten clases docentes, como los periodos de exámenes a lo largo del curso.

A partir del análisis de los datos obtenidos en el monitoreo de los puntos definidos, se obtuvo un depósito medio de residuos mezcla de 828,22 kg por día lectivo en la UJI; con una desviación estándar de 135,81 kg. La Figura 20 representa de forma gráfica la evolución de la cantidad de residuos mezcla diaria depositada a lo largo de las semanas muestreadas; de forma que se puede observar la tendencia semanal de la generación de este corriente de residuo que agrupa los residuos de limpieza y los de cafetería.

Figura 20: Evolución semanal de la generación de residuos asimilables a urbanos.



Se observó que la cantidad diaria de residuos mezcla generados no era aleatoria ya que a medida que transcurrieron las tres semanas lectivas monitoreadas en la UJI se siguió una tendencia muy similar. Se puede afirmar que a lo largo de la semana lectiva en la UJI la generación de residuos siguió una tendencia marcada, en la que de lunes

a jueves fue ascendiendo progresivamente la cantidad de residuos mezcla generados alcanzando su máximo los jueves (alrededor de una tonelada de residuos). A partir de este punto máximo, los viernes se observó una ligera reducción de la cantidad de residuos mezcla depositados y finalmente los sábados la generación de residuos fue ínfima respecto al resto de días de la semana (representado alrededor de 1/5 de los residuos generados los jueves).

A la hora de consultar la bibliografía se observó que se utilizan diferentes formas para expresar la tasa de generación de residuos en universidades, en algunos estudios calculaban la tasa de generación diaria (g de residuo/usuario/día), otros semanal (g de residuo/usuario/semana) e incluso otros la expresaban como tasa de generación de residuos anual (en g de residuo/usuario/año). En este caso se calculó la tasa de generación de residuos semanal y diaria en la UJI; siempre considerando semanas y días lectivos en la universidad. Para obtener la tasa de generación semanal de los residuos mezcla en la UJI, se calculó la media de residuos mezcla depositados durante las dos semanas lectivas completas monitoreadas (considerando de lunes a sábado) y posteriormente se dividió por los 17.792 usuarios de la UJI. Por otra parte la tasa de generación diaria de residuos mezcla, se obtuvo a partir de la media de los residuos depositados en los 13 días lectivos monitoreados (de lunes a viernes) y la cantidad de usuarios de la UJI (Tabla 11).

Tabla 11: Tasas de generación (semanal y diaria) de residuos mezcla en la UJI.

Generación media semanal (kg)	4.328,14
Desviación estándar (kg)	88,91
Tasa de generación (g/usuario/semana lectiva)	243,26
Generación media diaria (kg)	828,22
Desviación estándar (kg)	135,81
Tasa de generación (g/usuario/día lectivo)	46,55

De esta forma teniendo en cuenta los 17.792 usuarios de la UJI (incluyendo tanto estudiantes, como profesorado y personal administrativo), se obtuvo una tasa de generación de 243,26 g de residuos mezcla por persona cada semana lectiva de la UJI; que equivale a una tasa de generación diaria de **46,55 g de residuos mezcla diarios por usuario**.

Esta tasa de generación corresponde a los residuos mezcla, que fueron cuantificados a partir del seguimiento de los puntos de depósito en la UJI; se trata de la tasa de generación de la corriente de residuos no controlada identificada en la UJI. Para obtener la tasa de generación global de residuos en la UJI; a esta tasa de generación de residuos mezcla se añadió las tasas de generación de los residuos cuantificados calculadas por la Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental en el Informe de 2012. De esta forma como muestra la Tabla 12 se obtuvo la tasa de generación global de residuos de la UJI; considerando tanto las corrientes de residuos recogidos selectivamente, como la corriente de residuos mezcla cuantificada en este estudio.

Tabla 12: Tasas de generación de residuos en la UJI.

Tasas de generación	g de residuo/ usuario/ día lectivo
Residuos mezcla	46,55
Residuos de recogida selectiva	48,32
Tasa de generación de residuos	94,87

Las tasas de generación de los residuos mezcla y de los recogidos selectivamente (que agrupa las tasas de generación de papel y cartón, residuos químicos, envases, residuos no peligrosos, pilas, residuos eléctricos y electrónicos y vidrio) obtenidas fueron del mismo orden; con valores muy similares. Ello mostró la importancia y el peso que tenía la corriente de residuos mezcla no cuantificada respecto al total de los residuos generados en la UJI (representó casi la mitad de la tasa de generación total). A partir de las dos tasas de generación se obtuvo que **cada usuario de la UJI generaba 94,87 g de residuos por día lectivo.**

La Tabla 13 muestra la tasa de generación de residuos (g de residuos por día lectivo y usuario) obtenidas en otras universidades, para poder realizar una comparación con la tasa obtenida en la UJI.

Tabla 13: Tasas de generación de residuos en varias universidades.

Universidad	Tasa generación de residuos (g/usuario/día lectivo)
Universidad de Tabriz	131,50
Universitat Jaume I (UJI)	94,87
Covenant University	60,50
Universidad de Northern British Columbia (UNBC)	59,20
Universidad Autónoma de Baja California (UABC)	45,60
Massey University	8,40

La tasa de generación de residuos de 3 de las 6 universidades de las que se dispuso de información estuvo comprendida entre los 40 y 60 g de residuos diarios por usuario; siendo la tasa de generación de residuos de la UJI la segunda más alta de las 6 incluidas. Aproximadamente, la mitad de la cantidad de residuos generados diariamente en la UJI correspondieron a residuos recogidos de forma selectiva y gestionados de forma correcta; mientras que la corriente no controlada de residuos mezcla representó la otra mitad; de la cual no se realiza ningún tipo de aprovechamiento.

La proposición de medidas de minimización de los residuos se centra sobre todo hacia la reducción de la tasa de generación de residuos de la corriente mezcla; de forma que ésta reducción en parte implicará el aumento de la tasa de generación de los residuos recogidos selectivamente. Por otra parte pretende que la aplicación de las medidas propuestas reduzca la actual tasa de generación de residuos de la UJI permitiendo que el impacto generado por la actividad universitaria sobre el entorno sea menor y convirtiendo a la UJI en una universidad más eficiente atendiendo a la gestión de sus residuos.

7.2- Estimación de la composición de los residuos mezcla generados en la UJI

Otro de los objetivos del trabajo consistió en estimar la composición de la corriente de residuos mezcla generados en la UJI. Para ello se muestrearon y caracterizaron por separado los residuos procedentes de la limpieza de los edificios y los de las cafeterías y zonas de comedor; diferenciando un total de 14 categorías de residuo. La diferenciación entre los residuos de cafetería y de limpieza permitió tener un mejor conocimiento del tipo y composición de los residuos generados en la UJI; ya que se predijo que la composición de estos dos tipos de residuo variaría bastante. A partir de los resultados que se obtuvieron se pudo determinar en qué fracciones era necesario proponer medidas de reducción y así adaptar totalmente las medidas propuestas a la realidad de los residuos generados en la UJI.

Dos de las 14 categorías que se diferenciaron en la caracterización de los residuos se subdividieron debido a su diversidad y diferencias en las posibilidades de aprovechamiento: los plásticos y metales. Por una parte, la categoría de plásticos se dividió en los cinco tipos de plástico que más comúnmente se encuentran en este tipo de residuos muestreados:

- Poliéster: PET (plástico tipo 1)
- Polietileno de alta densidad: PEAD (plástico tipo 2)
- Polietileno de baja densidad: PEBD (plástico tipo 4)
- Polipropileno: PP (plástico tipo 5)
- Poliestireno: PS (plástico tipo 6)

En el caso de la categoría de metales, se realizó una diferenciación entre metales férricos y no férricos. La Tabla 14, muestra todas las categorías y subcategorías diferenciadas en la caracterización de los residuos mezcla, incluyendo algunos ejemplos de los residuos que se encontraron pertenecientes a dichas categorías. Estas 14 categorías se diferenciaron tanto para la estimación de la composición de los residuos procedentes de limpieza como la de los residuos de cafetería.

Tabla 14: Categorías diferenciadas y ejemplos de residuos encontrados pertenecientes a cada una.

Categoría	Subcategoría	Ejemplos
Plásticos	PET (1)	Botellas de agua y refrescos, bandejas de alimentos para calentar
	PEAD (2)	Botellas de productos alimenticios (leche), de detergentes
	PEBD (4)	Envases: rosquilletas, chocolatinas, bolsa de pan, helados, envoltorios de alimentos
	PP (5)	Envases de alimentos, vasos de las máquinas de café, envases de yogures
	PS (6)	Vasos para bebidas calientes, cucharillas de café
Metales	Férreos	Latas de aluminio
	No férreos	Envases de comida precocinada, papel de aluminio
Papel limpio		Apuntes, folletos, tickets de compra
Papel sucio		Papel de secado de manos en lavabos, envoltorios de papel manchados
Cartón limpio		Cajas de cigarrillos, envases y cajas de cartón en general, interior de rollos de papel
Cartón sucio		Envases de comida manchados
Tetrabrik		Envases de zumo, leche
Vidrio		Zumos, envases de vidrio
Materia orgánica		Restos de comida, cáscaras de fruta, café
Celulosa sanitaria		Compresas, tampones, pañales, toallitas íntimas
Goma / Cuero		Gomas textiles, restos de cuero
RTPs		Envases de líquido corrector, bolígrafos, cartuchos de tinta, envases de medicamentos
Residuos inertes		Restos de cerámica, tiza

Respecto a la caracterización de los residuos mezcla generados en las cafeterías se realizaron un total de 3 tres muestreos (uno en cada facultad de la UJI con servicio de cafetería), de forma que se pudieron comparar las composiciones obtenidas en cada una de ellas y analizar si existía una gran variación o no en su composición. En la Tabla 15 se muestra la composición de los residuos húmedos depositados por las tres cafeterías de la UJI.

La elaboración de la tabla 15 mostró que como se preveía la composición de los residuos mezcla húmedos de los 3 muestreos realizados en cada una de las cafeterías fue muy similar. En las tres cafeterías la fracción con mayor peso respecto al total fue la materia orgánica (alrededor del 60%), seguida del papel sucio y de los plásticos. Al realizar la caracterización se comprobó que gran parte de la materia orgánica correspondía a restos de comida, hecho que indica que cada día se desperdicia gran cantidad de comida que va a parar a los contenedores de residuos mezcla, sin ser separados para valorizarlos y obtener de ellos un beneficio. Cada día lectivo se generaban una media de 513 kg de residuos de cafetería y de ellos 313 kg correspondieron a residuos orgánicos; ascendiendo a 26 toneladas de residuos orgánicos durante el primer semestre en la UJI (considerando 85 días lectivos).

También llamó la atención, que las fracciones de plástico y papel sucio fueron las fracciones que siguieron a la materia orgánica en cuanto al porcentaje en peso del residuo húmedo. Tanto el plástico como el papel (limpio y sucio) y el cartón son residuos cuyo reciclaje está muy extendido en la sociedad actual; estas fracciones sumaron un 31% en peso del residuo húmedo de las cafeterías. Si estos residuos se hubiesen gestionado de forma adecuada (depositándose en los contenedores de recogida selectiva) se reduciría en 150 kg los residuos mezcla generados cada día lectivo en las cafeterías de la UJI.

Tabla 15: Composición de los residuos húmedos de las 3 cafeterías de la UJI.

	Cafetería ESTCE %	Cafetería FHCS %	Cafetería FCJE %	Composición media cafeterías UJI
Papel limpio	1,1	0,6	1,1	0,9
Papel sucio	8,8	13,5	19,6	13,9
Materia Orgánica	69,3	60,6	53,2	61,0
Plástico	8,2	10,6	10,2	9,7
PET	2,1	4,8	3,1	3,3
PEAD	1,1	1,2	1,5	1,3
PS	3,5	3,0	3,9	3,5
PP	-	0,8	0,9	0,6
PEBD	1,5	0,8	0,8	1,0
Metales	2,4	4,1	4,5	3,7
Férreos	1,1	3,5	2,5	2,4
No férreos	1,3	0,6	2,0	1,3
Bolsas plástico	2,0	2,1	1,8	1,9
Tetrabrik	0,6	0,1	1,6	0,8
Celulosa	-	-	0,2	0,05
Gomas y cueros	0,1	0,1	0,3	0,1
RTP	-	0,1	0,1	0,1
Cartón limpio	1,2	7,3	0,3	2,9
Cartón sucio	4,1	0,1	0,9	1,7
Vidrio	2,2	0,9	6,2	3,1

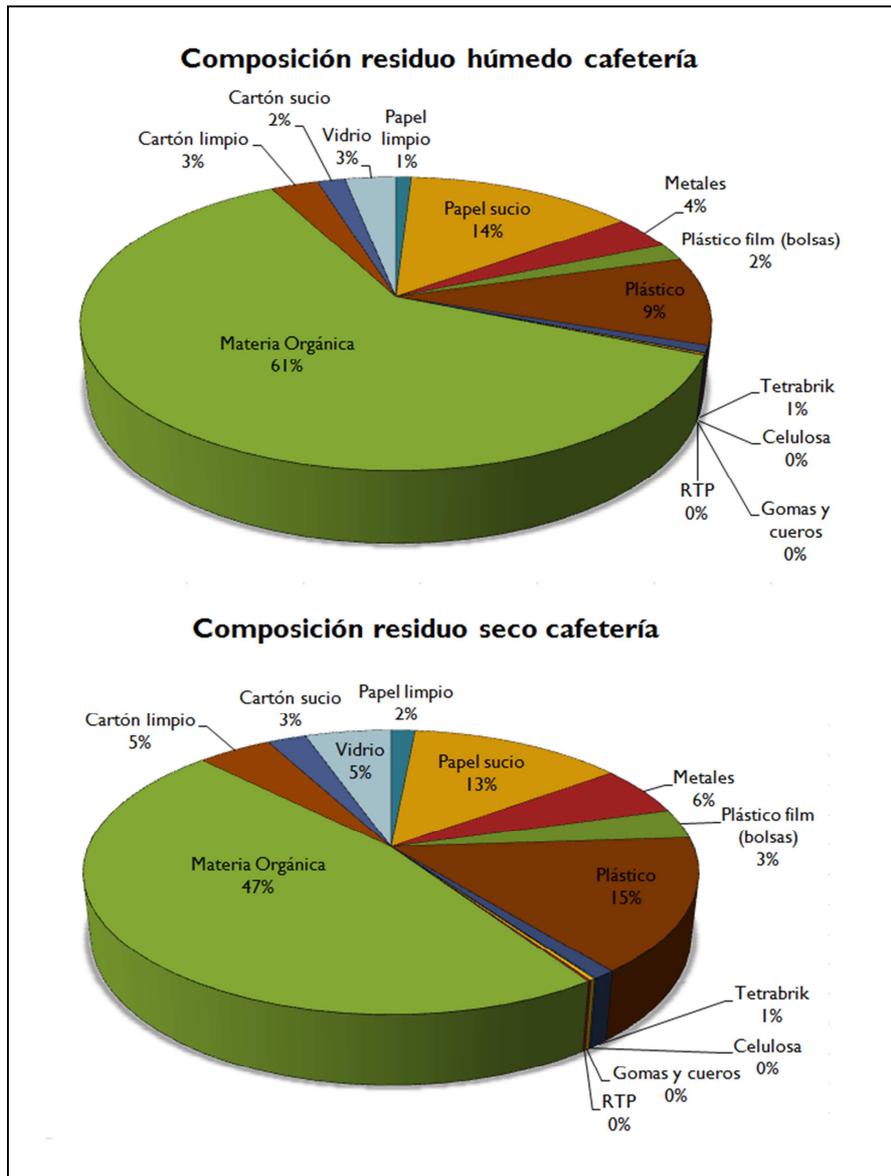
Una vez determinada la composición del residuo mezcla húmedo depositado por las tres cafeterías, se tomó una muestra de cada categoría para determinar su contenido en humedad (Tabla 16).

Tabla 16: Contenido en humedad de las fracciones de residuo diferenciadas.

Categoría de residuo	% humedad
Plástico	
PET	6,20
PEAD	4,46
PP	6,41
PS	17,00
Bolsas plástico	0
Metales	
Férreos Latas	9,66
Papel Aluminio	17,19
Papel limpio	8,79
Papel sucio	45,45
Tetrabrik	25,84
Vidrio	1,04
Cartón limpio	8,66
Cartón sucio	18,16
Materia Orgánica	56,15
RTP	0,82
Celulosa sanitaria	14,60
Goma	8,59

El mayor contenido en humedad correspondió con diferencia a la materia orgánica, ya que sobretodo ésta categoría estaba formada por restos de comida y por ello tenía gran contenido en humedad. A la composición media del residuo húmedo procedente de las cafeterías de la UJI se le restó el contenido de humedad para obtener la composición media del residuo seco procedente de las cafeterías. A partir de estos cálculos realizados se pudo comparar la composición del residuo húmedo procedente de las cafeterías, respecto a la composición del residuo seco; como se representa en la Figura 21.

Figura 21: Composición media del residuo en húmedo y seco procedente de las cafeterías de la UJI.



Como se observa, la mayor variación que se observó al comparar la composición del residuo seco respecto a la del húmedo fue que la materia orgánica pasó de representar el 61 % al 47%. Esto se debió a que la materia orgánica (mayoritariamente restos de comida) tiene gran contenido en agua y por ello, al sustraer su contenido en humedad, su peso se redujo bastante y provocó que esta categoría fuese menos representativa en la composición del residuo seco. Esta reducción del porcentaje de la materia orgánica en el residuo seco, provocó que la mayor parte del resto de fracciones diferenciadas aumentase su porcentaje. Esto se observó en mayor medida en los plásticos, ya que como tienen bajo contenido en humedad su peso se mantuvo y su porcentaje respecto al total en el residuo seco aumentó.

Al comparar la composición de los residuos de cafetería de la UJI con los de otras universidades como la de Massey University; se apreció que en ambos casos la categoría de restos de comida o materia orgánica representó alrededor del 50% en peso seco de los residuos generados. Por lo tanto en cuanto a los residuos procedentes de las cafeterías de la UJI, las medidas propuestas estuvieron centradas en la reducción de la generación de residuos procedentes de restos de comida; además de perseguir que se gestionasen de forma adecuada los residuos que se generaban de papel, cartón y plásticos en las cafeterías de la universidad.

Respecto a los residuos de la corriente mezcla procedentes de la limpieza de las instalaciones de la UJI, se siguió la misma metodología que en el caso de los residuos procedentes de cafeterías para determinar su composición. En primer lugar se determinó la composición de los residuos húmedos muestreados en cada uno de los puntos definidos, obteniendo el porcentaje de cada categoría de residuo como se muestra en la Tabla 17. A partir de la composición del residuo muestreado en cada punto, se ha obtenido la composición media de los residuos procedentes de la limpieza en la UJI.

Una vez realizado el monitoreo en la UJI se obtuvo que diariamente se generaban una media de 299 kg de residuos procedentes de limpieza; a partir de la composición media se pudo afirmar que de ellos, 145 kg fueron de papel sucio, 36 kg de plástico y 35 kg de papel limpio.

La fracción cuyo contenido fue mayor en el peso seco del residuo mezcla de la limpieza fue el papel sucio; en gran medida procedente del papel utilizado en los lavabos de la UJI para el secado de las manos. Esta fracción representó casi un 50% del peso húmedo de residuos generados en la limpieza y este dato llevó a plantearse si la utilización del papel para el secado de las manos era el método más apropiado para ello, ya que proponiendo como medida otra forma de secado de manos la cantidad de residuos generados en la limpieza de los edificios sería mucho menor. La fracción de papel sucio ascendió a 145 kg diarios en la UJI; de forma que cada semestre se generaban 12,3 toneladas de papel sucio, procediendo casi en su totalidad del papel utilizado para el secado de las manos en los baños de la UJI.

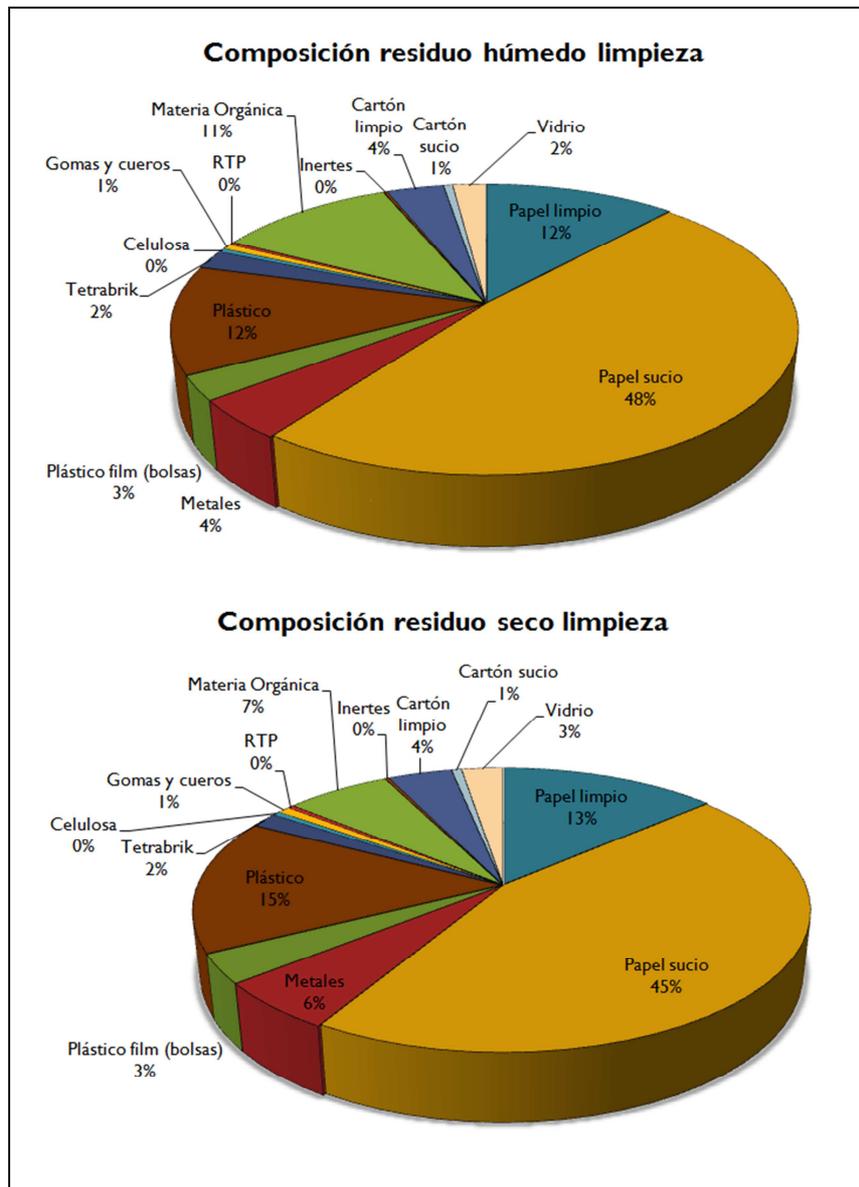
Tabla 17: Composición del residuo húmedo procedente de la limpieza de los 4 puntos muestreados en la UJI.

	ESTCE %	FHCS %	FCJE %	Rectorado %	Composición media limpieza UJI
Papel limpio	7,25	13,93	12,53	13,23	11,73
Papel sucio	68,10	36,11	45,13	44,11	48,36
Materia Orgánica	7,75	16,50	9,52	10,15	10,98
Plástico	6,62	9,84	12,25	19,73	12,11
PET	2,62	2,50	4,33	11,69	5,29
PEAD	3,00	1,89	1,60	1,87	2,09
PS	1,00	3,94	4,43	1,98	2,84
PP		0,98	1,22	3,53	1,43
PEBD		0,53	0,66	0,66	0,46
Metales	4,30	5,98	3,62	3,86	4,44
Latas	1,50	1,51	2,26	2,87	2,04
Papel Aluminio	1,12	4,47	1,36	0,99	1,98
Bolsas plástico	2,87	2,57	2,64	2,65	2,68
Tetrabrik	1,75	4,24	2,17	0,19	2,09
Celulosa	0,32	0,45	0,57	0,44	0,44
Gomas y cueros	0,25	0,68	0,85	0,66	0,61
RTP	0,11	0,30	0,38	0,35	0,28
Inertes	0,68				0,17
Cartón limpio		4,62	5,94	3,53	3,52
Cartón sucio		0,61	0,47	1,10	0,54
Vidrio		4,16	3,96		2,03

Por otro lado, en este tipo de residuo también tuvieron bastante peso las fracciones de plásticos y papel limpio. En este tipo de residuo las fracciones de plástico, papel limpio y cartón (limpio y sucio) sumaron un 30% del peso húmedo del residuo mezcla caracterizado; de forma que su correcta gestión provocaría una reducción de 70 kg diarios de los residuos generados en la limpieza de la UJI.

Determinada la humedad de cada fracción (Tabla 15) se obtuvo la composición media del residuo mezcla seco procedente de la limpieza de las instalaciones; en la Figura 22 se puede comparar con la composición media obtenida anteriormente del residuo húmedo

Figura 22: Composición media del residuo húmedo y seco procedente de la limpieza de las instalaciones de la UJI.



Como se observa en la figura anterior, la fracción que representó un mayor peso en la composición del residuo seco de limpieza siguió siendo el papel sucio, que casi todo procede del papel utilizado en los lavabos para el secado de manos. Durante la determinación de la composición de este tipo de residuos llamó la atención que algunas de las bolsas contenían unas 20 o 30 colillas debido a la limpieza de los

ceniceros situados en las puertas de salida y entrada de los edificios docentes de las facultades.

A partir de la composición obtenida de los residuos procedentes de la limpieza, las medidas de minimización que se propusieron estuvieron centradas prioritariamente en la reducción de la fracción de papel sucio (ya que es la fracción con mayor peso); atendiendo posteriormente a las fracciones de plásticos, cartón y papel limpio.

La determinación de la composición de los residuos generados en la limpieza y en las cafeterías de la UJI permitió tener un mayor conocimiento de los residuos mezcla que se depositaban diariamente como consecuencia de la actividad universitaria. Teniendo un mayor conocimiento de los residuos generados y su composición, la proposición de medidas para la reducción de la generación de residuos en la UJI fue mucho más ajustada a la realidad de los residuos de la UJI.

Como análisis de los resultados obtenidos a partir del muestreo y la caracterización realizada de los residuos generados en la UJI; la tasa de generación de residuos de la UJI fue bastante elevada comparándola con otras universidades internacionales. A partir del estudio realizado, se obtuvo que en la UJI cada uno de los usuarios de las instalaciones, generamos un total de 46,55 gramos de residuos asimilables a urbanos cada día y 48,32 gramos de residuos recogidos de forma selectiva. Ascendiendo a un total de 95 gramos de residuos por usuario y día lectivo durante el primer semestre del curso académico; es decir entre septiembre y enero.

A continuación se han propuesto una serie de medidas de minimización que permitirían reducir la cantidad de los residuos generados y mejorar la gestión del total de los residuos generados en la universidad. Las medidas que se han propuesto forman el Plan de gestión eficiente de los residuos de la UJI. No persiguen que no se genere ningún tipo de residuo en la UJI, sino que tienen el objetivo de dar un primer paso en la reducción del impacto que genera la actividad en la universidad, reduciendo la cantidad de residuos generados y mejorando su gestión.

8

PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA UJI

Una vez analizados los resultados obtenidos a partir del monitoreo y los muestreos realizados, se presentan una serie de medidas a aplicar en la UJI que dan lugar al Plan de gestión eficiente de los residuos planteado. Este Plan se ha propuesto con el fin de reducir la cantidad de residuos mezcla generados y mejorar la separación selectiva de los residuos generados por los usuarios. Para que las medidas propuestas que forman el Plan de gestión estén ajustadas a la situación real de los residuos en la UJI ha sido crucial la estimación de la tasa de generación de los residuos de la corriente mezcla y el estudio de su composición. Esta corriente no estaba cuantificada y a partir del trabajo realizado se ha comprobado que tiene un gran peso en los residuos generados cada día lectivo de la UJI.

A la hora de proponer estas medidas se ha tenido presente la regla de las tres R: reducir, reutilizar y reciclar. En primer lugar se ha intentado reducir en origen la cantidad de residuos que se generan en la universidad mediante medidas de minimización; y a continuación se ha centrado la atención en que los residuos que se generen sean reciclados y gestionados de la forma más eficiente posible a partir de medidas de mejora de la gestión de los residuos.

El Plan de gestión de los residuos sólidos generados en la UJI ha sido definido a partir de un conjunto de medidas; la aplicación de alguna podría suponer una importante inversión, pero otras simplemente requieren un cambio de hábitos en los usuarios de las instalaciones de la universidad.

El Plan de gestión de los residuos sólidos generados por la UJI propone las siguientes medidas a aplicar para las siguientes corrientes de residuo:

- ❖ En primer lugar la actual gestión de la corriente de residuos peligrosos es correcta y por ello sobre este tipo de corriente no se va a proponer ningún tipo de medida. Su gestión es eficiente y se propone seguir con la gestión que se ha desarrollado hasta el momento para este tipo de residuos.
- ❖ Respecto a las corrientes de residuos recogidos de forma selectiva en la UJI su actual gestión también es correcta; pero es posible que este tipo de corrientes aumenten a medida que se va instalando en la universidad el Plan propuesto y se requiera la instalación de mayor cantidad de contenedores de recogida selectiva. Las medidas de mejora en la eficiencia de la gestión de los residuos por parte de los usuarios provocarán un aumento de estas corrientes de recogida selectiva.
- ❖ Por último atendiendo a la corriente de residuos mezcla generada en la UJI, la mayoría de las medidas que se van a proponer en el Plan persiguen la minimización de ésta corriente y la mejora de su gestión.

Las medidas que se van a proponer en el Plan de gestión se van a centrar en mayor medida en la reducción de la corriente de residuos mezcla, pero también en mejorar la gestión de los residuos por parte de los usuarios de forma que recojan selectivamente la mayor cantidad de residuos posible.

El Plan de gestión propuesto sugiere un total de 6 medidas a aplicar en la UJI:

- Incorporación de secadores de manos eléctricos en los lavabos.
- Instalación de fuentes públicas.
- Utilización de carros de recogida de bandejas en la cafetería con bolsas que permitan la separación selectiva.
- Separación de residuos por parte del personal de limpieza.
- Realización de jornadas de información para dar a conocer cómo realizar una buena gestión de los residuos.
- Implantación de un Plan de seguimiento y mejora continua.

Con la proposición de las dos primeras medidas se persigue reducir en origen la generación de los residuos procedentes de la limpieza de las instalaciones de la UJI, concretamente las fracciones de papel sucio y plásticos. La tercera y cuarta medida pretenden que se realice una correcta gestión de los residuos, de forma que todos los residuos reciclables se depositen en el contenedor apropiado. La quinta medida consiste en la concienciación de los usuarios de las instalaciones, para que ellos conozcan cómo llevar a cabo una correcta gestión de los residuos que generan. La sexta y última medida de gestión sugerida tiene como objetivo realizar un seguimiento de las medidas aplicadas, con el fin de valorar su efecto sobre las corrientes de residuos implicadas.

A continuación se va a realizar una descripción y argumentación de cada una de las medidas propuestas para la aplicación del Plan de gestión de los residuos sólidos generados en la UJI.

1. Incorporación de secadores de manos eléctricos en los lavabos.

En la caracterización de los residuos procedentes de la limpieza de los centros de la UJI, se comprobó que la fracción de papel sucio representa un 48% del total de residuos mezcla generados. La procedencia de esta gran cantidad de papel sucio es del papel utilizado para el secado de manos; debido a la gran cantidad de lavabos y usuarios de la UJI la cantidad de papel utilizado es muy elevada. Además es muy importante considerar que a diferencia de otros tipos de papel y cartón, el papel

utilizado para el secado de las manos no se puede reciclar, de forma que toda la cantidad generada de esta fracción de residuos de la limpieza acaba en un vertedero o incineradora. Por lo tanto el objetivo de la aplicación de esta medida de minimización es la eliminación de la fracción de papel sucio de los residuos procedentes de la limpieza en origen; es decir evitar que se genere esta categoría de residuo.

La cuestión de qué método de secado de manos es más conveniente utilizar desde el punto de vista ambiental, fue estudiada por la consultora *Environmental Resources Management* (ERM). En el estudio realizado se comparó el secado de manos en un secador eléctrico convencional durante 30 segundos, con el secado utilizando dos toallitas de papel y el secado con un secador de aire frío; estos gestos fueron repetidos 500 veces por semana a lo largo de cinco años. El estudio cuantificó cuál era el coste de operación anual de cada de estas tres alternativas, y los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 18: Coste de operación de cada uno de los secamanos considerados en el estudio.

Fuente: Catálogo de secamanos Dyson.

Tipo de secamanos	Coste de operación anual (€/año)
Papel	1.400
Secamanos eléctrico convencional	181
Secamanos eléctrico de aire frío	34

La conclusión a la que llegó el estudio fue que la máquina eléctrica de aire frío es la que tenía un menor coste de operación anual; atendiendo a los aspectos medioambientales se concluyó que los secamanos eléctricos tenían menor repercusión sobre el medio ambiente en siete de las ocho categorías de impacto analizadas (cambio climático, acidificación, ecotoxicidad, toxicidad en humanos, nitrificación, capa de ozono o smog); además las toallitas de papel generaban casi tres veces más CO₂ que el secamanos eléctrico.

Existe gran controversia debido a que los precursores de la utilización del papel defienden que el secado de las manos con papel es mucho más higiénico, ya que el sistema eléctrico contribuye a diseminar por las manos las bacterias que hay en el baño público. Por esta razón, están apareciendo otros modelos de secamanos

eléctricos como el que se muestra en la Figura 23. En ellos se introducen las manos en una ranura y reciben un chorro de aire frío que en sólo 10 segundos elimina la humedad de las manos. Estos modelos no utilizan aire caliente, sino frío (por ello consumen un 80% menos de energía que un secador convencional) y debido a su diseño se evita diseminar las bacterias.

Figura 23: Ejemplo de máquina secamanos eléctrica convencional y de aire frío.



En la Tabla 19 se va a realizar una comparación del coste de operación semanal que supondría para la UJI la adopción cada una de las 3 alternativas consideradas. El estudio de la composición de los residuos de limpieza en la UJI demostró que cada día se generan 145 kg de papel sucio húmedo; eliminando su contenido en humedad (45,45%) se obtiene que se consumen diariamente 65,9 kg de papel seco en la UJI. Para estimar el coste económico que supone la UJI la adquisición de esta cantidad de papel se han consultado catálogos comerciales y se va a considerar que la UJI adquiere los paquetes de toallitas de papel secamanos 2,80 €/kg de papel. A partir del precio y de la cantidad consumida de papel diariamente en la UJI, se ha obtenido el coste diario en papel secamanos en la UJI (184,52 €/día).

Para obtener el coste de operación semanal de las otras dos alternativas, se ha dividido el dato obtenido por el estudio y mostrado en la Tabla 18, entre las 52 semanas anuales. Finalmente para realizar la comparación de las 3 alternativas, se ha considerado que en el campus de la universidad hay 150 lavabos en los que se instalará cada tipo de secamanos considerado.

Tabla 19: Comparaciones económicas y ambientales de los distintos métodos secamanos existentes. Fuente: Elaboración propia a partir de catálogos de producto.

	Precio unitario de la máquina	Precio total máquinas (€)	Precio de operación de secado semanal (€)	Beneficio semanal respecto a la 1ª opción (€)
Papel secamanos	49,18	7.377	922,60	-
Secamanos eléctrico aire caliente	153,60	28.800	522,12	400,40
Secamanos eléctrico aire frío	434,00	81.375	98,08	824,52

Al estudiar la composición de los residuos de limpieza se comprobó que prácticamente la totalidad del papel sucio contenido era papel utilizado para el secado de las manos; por esta razón en los cálculos se ha considerado que la totalidad del papel sucio procede del utilizado en el secado de manos. Sustituyendo la forma de secado de manos utilizada en la UJI, cada semana se reducirá en 725 kg la corriente de residuos mezcla. Además supondría un beneficio económico ya que no se debería adquirir el papel que actualmente asciende a 922,60 euros cada semana en la UJI.

Desde el punto de vista económico los secamanos eléctricos de aire frío son los que tienen un menor consumo energético y menores costes de mantenimiento durante su vida útil; aunque por el contrario el precio de cada máquina es el más elevado. Pese a que se requiere mayor inversión en la adquisición de los secamanos; su reducido coste de operación anual hace que en 99 semanas (2 años aproximadamente) se recupere la inversión inicial y a partir de la semana 100, se produciría un beneficio de 824,52 € cada semana respecto al sistema actual de la utilización de papel.

Por otro lado, la sustitución del papel secamanos por los sistemas eléctrico de aire frío, son la mejor opción desde este punto de vista ambiental gracias a sus reducidas emisiones a lo largo del ciclo de vida y la reducción del 80% en consumo energético respecto a las máquinas convencionales (Montalbo *et al.* 2011). Utilizando este tipo de secamanos se producen ventajas adicionales como evitar las bolsas plásticas y material de embalaje del papel adquirido cada día, se evita comprar, transportar y recibir el papel necesario y se evita generar gran cantidad de residuos.

Aplicando la medida propuesta en cada uno de los baños públicos de los centros de la UJI (suponiendo que ascienden a 150) se conseguiría reducir en 145 kg/día lectivo la corriente de residuos mezcla no controlados procedentes de la limpieza; pero además se reduciría el impacto generado sobre el entorno de la universidad y se produciría un beneficio de 824,52 € semanales en el coste de operación respecto al sistema actual utilizado para el secado de las manos a partir de las 99 semanas de amortización.

2. Instalación de fuentes públicas

A partir de la caracterización que se realizó de los residuos procedentes de la limpieza, se obtuvo que diariamente se generaban una media de 299 kg de residuo mezcla con un contenido medio del 5,29 % de envases PET. Por lo tanto cada semana se generan 15,82 kg de residuos procedentes de envases PET. El objetivo de esta medida es eliminar la fracción de plásticos PET de la corriente mezcla generada en la limpieza de la UJI.

Para ello en esta medida se plantea la instalación de unas 10 fuentes públicas en el campus de la UJI, tanto en instalaciones exteriores como interiores. A partir de la consulta de catálogos, se ha estimado que la instalación de cada una de las fuentes supondría 500 € para la UJI; de forma que la inversión inicial de la implantación de esta medida propuesta asciende a 5.000 €. La implantación de esta medida en la UJI proporcionaría un servicio más a los usuarios del campus universitario y además provocaría una reducción semanal de 79,10 kg en la corriente de residuos procedentes de las cafeterías.

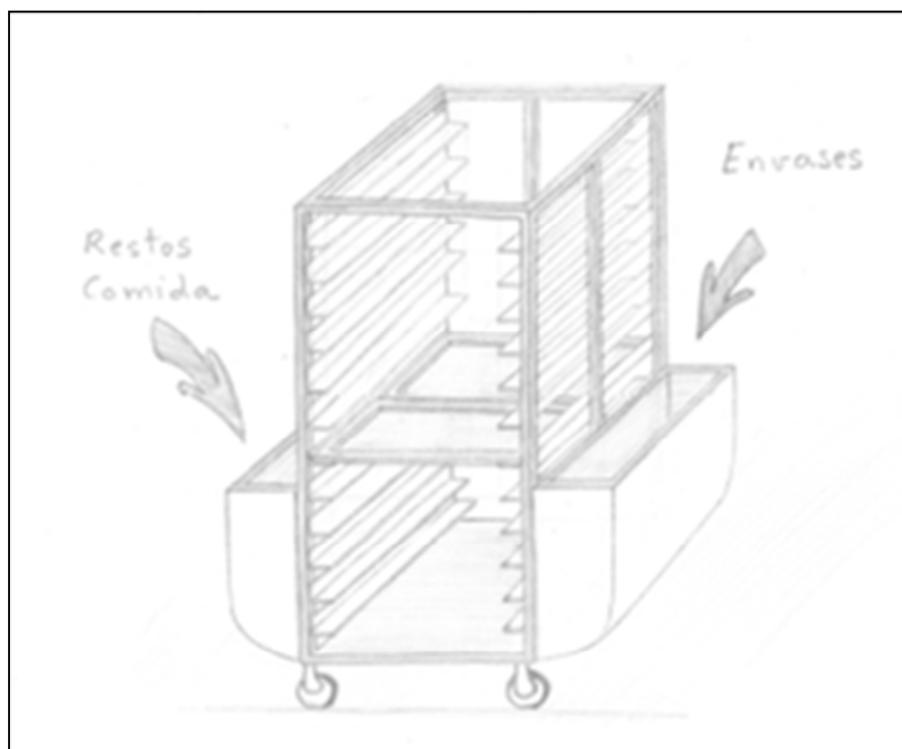
3. Utilización de carros de recogida de bandejas en la cafetería con bolsas que permitan la separación selectiva.

Esta medida del Plan de gestión eficiente de los residuos propuesto en la UJI consiste en la sustitución de los carros de recogida de bandejas que se utilizan actualmente en las cafeterías, por otros que permitan la separación selectiva. La aplicación de esta medida permitiría realizar una correcta gestión de parte de los residuos generados en las cafeterías evitando que sean depositados en la corriente de residuos mezcla. El objetivo de esta medida es la recogida selectiva de los plásticos generados en las cafeterías adaptando los carros de recogida de las bandejas; aunque también existe la posibilidad de adquirir carros nuevos.

Los carros de recogida de las bandejas de comida son un buen lugar donde ubicar bolsas de recogida selectiva de los residuos generados en mayor cantidad. Si al menos dos de las categorías con mayor peso se separase y gestionase de forma correcta, se conseguiría una reducción importante en la corriente de residuos mezcla generados en las cafeterías de las UJI. La Figura 24 muestra un ejemplo de carro de recogida de bandejas en el que se pueden ubicar dos bolsas de recogida de residuos; una de ellas se destinaría a la recogida de la fracción orgánica de los residuos y la otra bolsa a la recogida de los plásticos. Los carros de recogida de bandejas que se utilizan en la UJI actualmente no disponen de ninguna bolsa donde depositar los residuos, pero sería bastante económico y viable diseñar un acople para incorporar las bolsas de recogida selectiva de residuos.

La disposición de estas bolsas no significará la eliminación de estas categorías de residuos en la corriente mezcla, pero sí que supondrá una gran reducción de este tipo de residuo que se gestionará de forma correcta y eficiente.

Figura 24: Boceto de carro de recogida de bandejas con bolsas de separación selectiva de residuos.



A partir de la caracterización de los residuos mezcla procedentes de las cafeterías, se comprobó que los 513 kg de residuo mezcla generados contenían un 60% en peso materia orgánica y un 9 % de envases. La separación de estas categorías de residuos de la corriente de residuos mezcla supondría una reducción de esta corriente mezcla de 307,80 kg al día debido a la materia orgánica y 46,17 kg por los plásticos.

El esfuerzo adicional realizado para la recogida selectiva de los envases podría ser recompensado por la empresa que recoge y gestiona este tipo de residuos. A continuación se presenta una propuesta de acuerdo que se podría firmar con la empresa. Partiendo de la tarifa publicada por ECOEMBES para cada tipo de residuo, se ha propuesto que el 50% de la tarifa sea para la recogida selectiva en origen de los envases y el otro 50% para la recogida y transporte de los envases recogidos. A partir de la supuesta firma de este acuerdo, se ha estimado el beneficio económico que supondría para la UJI la recogida selectiva de los envases en las cafeterías (Tabla 20).

Tabla 20: Estimación del beneficio que supone a la UJI, la recogida selectiva de plásticos en las cafeterías.

Categoría de residuo	%	Cantidad generada (kg plástico/semana)	Tarifa ECOEMBES (€/kg residuo)	Valor económico residuo (€/semana)	Beneficio semanal UJI (€/semana)	Beneficio anual UJI (€/año)
Plásticos	9,7	230,85				
PET	3,3	84,65	0,377	31,91	15,96	686,28
PEAD	1,3	33,35	0,377	12,57	6,29	270,47
PS	3,5	89,78	0,472	42,37	21,18	910,74
PP	0,6	15,39	0,472	7,26	3,63	156,09
PEBD	1	25,65	0,472	12,10	6,05	260,15
			TOTAL	106,21 €	53,11 €	2.283,73 €

A partir de la tabla anterior se ha estimado que la recogida selectiva de las corrientes de plásticos generados en las cafeterías de la UJI aportarían un beneficio de 53,11 € por semana, que considerando las 43 semanas lectivas por año, supone un beneficio anual de 2.283,73 € para la UJI. La inversión económica necesaria para la aplicación de esta medida sería muy reducida si se estudiase una forma de adaptar los carros de

recogida de bandejas actuales para incorporarles las bolsas de recogida selectiva de estas fracciones.

La recogida selectiva de la materia orgánica contenida en la corriente de residuos mezcla procedente de las cafeterías supondría una reducción de 307,80 kg cada semana lectiva de la UJI; este residuo podría compostarse obteniendo un beneficio de su gestión. Por otra parte la recogida selectiva de los plásticos reducirán en 230,85 kg la cantidad de residuos mezcla generados cada semestre y de su correcta separación selectiva se obtendría un beneficio económico de 53,11 €por semana.

4. Separación de residuos por parte del personal de limpieza.

Esta medida consiste en incentivar al personal de limpieza para que realicen una separación selectiva de los residuos. Esta medida permitiría que se separen en origen las categorías de plásticos y papel y cartón de la corriente de residuos generada en la limpieza.

Al realizar el análisis de la composición del residuo de la limpieza, se cuantificó que de los 299 kg de residuo mezcla que se generan de media en la limpieza diariamente, 45,60 kg procedían de papel y cartón limpio y 36,20 kg de plásticos. Suponiendo que el personal de limpieza separase selectivamente un 100% de las corrientes de plásticos y papel y cartón generadas, esta corriente de residuos mezcla se reduciría en 409 kg cada semana lectiva de la UJI.

Para estimar el beneficio económico que la aplicación de la medida supondría, se va a suponer que estas corrientes también quedarían incluidas en el acuerdo propuesto con la empresa gestora de los residuos descrito en la medida anterior. De esta forma en la Tabla 21 se ha calculado el beneficio económico que se obtendría de la separación de los plásticos y papel y cartón de los residuos de limpieza.

Tabla 21: Beneficio obtenido por la recogida selectiva de papel y cartón y plásticos de los residuos de limpieza.

Categoría de residuo	%	Cantidad generada (kg residuo/semana)	Tarifa ECOEMBES (€/kg residuo)	Valor económico residuo (€)	Beneficio semanal UJI (€/semana)	Beneficio anual UJI (€/año)
Papel limpio	11,73	175,35	0,068	11,92	5,96	256,28
Cartón limpio	3,52	52,62	0,068	3,58	1,79	76,97
Plásticos	12,11	181,04				
PET	5,29	79,08	0,377	29,82	14,91	641,13
PEAD	2,09	31,25	0,377	11,78	5,89	253,27
PS	2,84	42,46	0,472	20,04	10,02	430,86
PP	1,43	21,38	0,472	10,09	5,05	217,15
PEBD	0,46	6,88	0,472	3,25	1,62	69,66
TOTAL				90,48 €	45,24 €	1.945,32 €

A partir de los cálculos realizados se ha obtenido que si el personal de limpieza realizara una separación selectiva de las corrientes de plástico y papel y cartón que se generan en la limpieza de las instalaciones, obtendrían un beneficio de 45,24 € por semana, que considerando las 43 semanas al año lectivas asciende a 1.945,32 €. Si ésta medida se implantase a la vez que el resto de las propuestas, la instalación de las fuentes públicas en la UJI, provocará que en los residuos de limpieza no haya generación de plástico PET, reduciendo en 14,91 € semanales el beneficio obtenido por el personal de limpieza.

Por otro lado, se debería establecer una metodología que permitiese llevar un control de los residuos separados por el personal de limpieza para poder cuantificar la cantidad de estas categorías separadas. El hecho de que este beneficio fuese repartido entre el personal de la limpieza supondría un incentivo para que durante su trabajo realizaran una correcta gestión de estas corrientes de residuo, evitando que se depositen en la corriente mezcla de la universidad. La inversión inicial requerida para la implantación de esta medida, consistirá en las instalaciones necesarias para contabilizar los residuos separados por el personal de limpieza, para posteriormente calcular el beneficio económico que les pertenece.

5. Jornadas de información para dar a conocer cómo realizar una buena gestión de los residuos por parte de los usuarios.

La formación de todo el personal usuario de la universidad es una cuestión clave para conseguir una mayor y mejor separación selectiva de los residuos generados; de forma que se consiga una gestión más eficiente. La aplicación de esta medida propuesta en el Plan de minimización de los residuos tiene como objetivo conseguir un cambio en la conducta habitual de los usuarios de la UJI en la gestión de los residuos que generan.

La información sobre cómo realizar una buena gestión de los residuos generados por cada uno de los usuarios debe ir dirigida tanto a los alumnos y personal administrativo, como a los profesores docentes del centro; la motivación de todos ellos podría suponer grandes reducciones en la corriente mezcla de residuos generada diariamente. Esta medida propone la realización de jornadas, carteles informativos o talleres prácticos en todos los centros de la UJI, con el fin de dar a conocer a todos los usuarios medidas a aplicar en la vida cotidiana que eviten la generación de residuos en origen (como la reducción del uso de envases desechables); y que los usuarios tengan conocimiento de los medios de los que disponen para realizar una correcta gestión de los residuos. Es importante transmitir a los usuarios información respecto a “cómo” y “por qué” reducir, reutilizar, reciclar los desechos. Algunos ejemplos de actividades a realizar para transmitir esa información a los usuarios y promover su involucración serían:

- Acuerdos con departamentos de educación de otras universidades para llevar a cabo el programa de educación y sensibilización.
- Mesas redondas o debates entre los representantes de todos los colectivos usuarios de las instalaciones de la UJI.
- Jornadas informativas y de sensibilización.
- Documentación escrita: folletos, comics, Guías de Buenas Prácticas, Listados de productos ecológicos, pegatinas, mailings, etc.
- Instalación de contenedores que faciliten la separación de los residuos en origen.
- Colocación de paneles explicativos, recordatorios y orientativos en lugares estratégicos.

Esta medida por una parte permitirá reducir la corriente de residuos mezcla generados en la UJI y aumentarían las corrientes de recogida selectiva de residuos y su correcta gestión; reduciendo así el impacto ambiental de la UJI sobre el entorno. Posiblemente la información proporcionada a los usuarios sobre las buenas prácticas a realizar, se transmitirá y se trasladará a sus hogares y en la vida cotidiana de los ciudadanos, aportando a su vez un beneficio social.

6. Implantación de un Plan de seguimiento y mejora continua

Una de las medidas que es esencial que acompañe al Plan de gestión eficiente de los residuos de la UJI, es la realización de un seguimiento de las consecuencias que van teniendo las implantación de la medidas propuestas para minimizar la cantidad de residuos generados en la UJI.

La aplicación de las medidas de minimización sugeridas por este Plan debe hacerse de forma progresiva y fijando objetivos intermedios a conseguir con cada una de las medidas que se va aplicando en la universidad. Los objetivos intermedios que se vayan marcando deberán ser alcanzables y cuantificables; realizando el seguimiento sobre las corrientes de residuos en este caso, se podrá realizar un balance sobre si la aplicación de la medida ha tenido la repercusión esperada en la minimización de las corrientes de residuos o no.

Para motivar a los usuarios de la universidad a seguir realizando una correcta gestión de los residuos, se les debe comunicar o transmitir cómo y en cuánto se ha reducido la generación de residuos en la universidad. De esta forma son conocedores de que su cambio de conducta respecto al tratamiento de los residuos ha repercutido directa y de forma positiva en la reducción de la corriente de residuos mezcla.

Con la proposición de este Plan de gestión de los residuos sólidos, no se pretende que se implanten de forma inmediata y paralela todas las medidas sugeridas, sino que se deberán establecer prioridades según la disposición de medios, economía, etc. de la universidad; marcando la secuencia de aplicación de las medidas y los objetivos parciales que se pretenden ir alcanzando con cada una de ellas. En este apartado han sido analizadas de forma cuantitativa las cuatro primeras medidas, de forma que en la Tabla 22 se han agrupado los cálculos obtenidos; para facilitar la comparación entre

las medidas, la reducción en la generación de los residuos que provocan, y el beneficio económico que aportan a la universidad.

Tabla 22: Comparación de los beneficios aportados por la implantación de las 4 primeras medidas sugeridas en el Plan de gestión de los residuos sólidos.

Medida	Inversión inicial requerida (€)	Reducción en los residuos mezcla semanal (kg residuo/semana)	Beneficio económico semanal (€/semana)
Sustitución papel secamanos	81.375	145,00	824,52
Incorporar fuentes	5.000	79,10	-
Separación de plástico en cafeterías	0	230,10	53,11
Recogida selectiva en limpieza	0	409,00	45,24

Atendiendo a la tabla, se observa que la aplicación de las medidas 3 y 4 son las que proporcionan una mayor reducción de la corriente de residuos generados en la universidad con una baja o nula inversión inicial. El aporte económico de su implantación es bastante discreto, pero hay que recalcar que el objetivo principal de la implantación de éstas medidas es la reducción de la cantidad de residuos generados en la UJI. La primera de las medidas es la que requiere una mayor inversión inicial, pero el ahorro económico que supone su implantación provoca que rápidamente se recupere la inversión inicial realizada. El beneficio de 824,52 €/ semana se empezaría a generar una vez amortizada la inversión inicial.

Finalmente, cabe destacar que siempre es posible seguir reduciendo el impacto generado por la universidad sobre el entorno, de forma que a medida que se va avanzando en la implantación de las medidas propuestas en el Plan de gestión y realizando su seguimiento, irán surgiendo ideas de otro tipo de medidas a aplicar para reducir el impacto en otro aspecto, no únicamente centrado en la generación de residuos.

9

CONCLUSIONES

A partir de la realización de este trabajo de investigación se definió una metodología para proponer un Plan de gestión eficiente de los residuos en universidades, de forma que analizando exhaustivamente todas las corrientes de residuos generadas por los usuarios del campus, se consigue proponer un Plan de gestión de los residuos generados por la universidad ajustado a la situación real de la generación de residuos.

La aplicación de la metodología general definida a la Universitat Jaume I permitió identificar y cuantificar todas las corrientes de residuos que se generaban en la UJI. La corriente de residuos recogidos selectivamente ya estaba cuantificada y controlada; pero no ocurría lo mismo con la corriente de residuos mezcla. La realización de un monitoreo de los puntos de depósito de los residuos mezcla en la UJI, ha permitido cuantificar y caracterizar esta corriente y finalmente obtener la tasa de generación de residuos en la UJI cada día lectivo del primer semestre de curso.

La caracterización realizada de los residuos procedentes de limpieza y de las cafeterías de la UJI permitió identificar qué fracciones componían estos residuos mezcla y sobre cuáles deberían centrarse las medidas de minimización de residuos que sugeridas. La tasa de generación de residuos de la UJI calculada es de 95 gramos de residuos por usuario y por día lectivo. Más o menos la mitad de ellos corresponden a residuos separados de forma selectiva y la otra mitad está constituida por la corriente de residuos mezcla.

La proposición del Plan de gestión de los residuos sólidos generados en la UJI sugiere en primer lugar seguir con la gestión actual realizada de los residuos peligrosos y los residuos no peligrosos que se recogen selectivamente en la UJI, ya que el sistema actual funciona correctamente y es eficiente. Por otra parte, se han propuesto una serie de medidas centradas en la minimización de los residuos de la corriente mezcla generada y en realizar una correcta gestión de los residuos, es decir, recoger de forma selectiva la máxima cantidad de residuos reciclables. En concreto se ha sugerido la implantación de 6 medidas de las cuales dos van dirigidas a la minimización de la corriente de residuos mezcla; otras dos pretenden mejorar la gestión en la separación de los residuos y las últimas dos son medidas que persiguen involucrar y motivar a los usuarios a aplicar buenas prácticas en la gestión de los residuos. La implantación de las medidas descritas en el Plan de gestión sugerido supondrían una importante reducción de la corriente de residuos mezcla generados en la UJI; consiguiendo reducir la actual tasa de generación de residuos (95 g/usuario/día lectivo) de forma importante.

El estudio realizado para la proposición del Plan de gestión eficiente de los residuos sólidos generados en la UJI podría completarse con la realización de trabajos futuros. Por ejemplo, la realización del monitoreo de la generación de residuos en otros periodos del año lectivo permitiría conocer la evolución de la generación de residuos en la UJI a lo largo del año; así como las variaciones de su composición. Por otro lado la propuesta de medidas de minimización del impacto generado por la UJI podría extenderse a otro tipo de impactos que genera la universidad, como la reducción del consumo de agua o el consumo energético el campus universitario.

10

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, A.S., 1999. Institutional environmental change at Tulane University. Tulane University, New Orleans, USA.

Armijo de Vega, C; Ojeda Benítez, S y Ramírez Barreto, M^a E. (2003) Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study. Resources, Conservation and Recycling n° 39, pp. 283-296.

Armijo de Vega, C; Ojeda Benítez, S y Ramírez Barreto, M^a E. (2008) Solid waste characterization and recycling potencial for a university campus. Waste management n°28, S21-S26.

ASPAPPEL y MMARM (2011) Oportunidades del fomento de la sociedad del reciclaje en los entornos de las universidades y otros espacios de enseñanza: el caso de la recuperación y reciclado del papel.

Bartlett, J. E., Kotrlik, J. W., Higgins, C. C. (2001) Organizational research: Determining appropriate sample size in survey researches. Information Technology, Learning and Performance Journal, vol. 19 (1), pp. 43–50.

Capdevila, I. (1999) L'ambientalització de la universitat. Colecció de Monografies d'Educació Ambiental, num 6. Sociedad Balear de Educación Ambiental SBEA.

CRUE, 2004. 1ª Jornadas abiertas: "Participación, Universidad y Medio Ambiente". Seminario permanente de ambientalización.

Herrera Prats, M L. (2011) El biosecado como proceso biológico para valorizar los residuos de jardinería. TFM Máster en eficiencia energética y sostenibilidad UJI.

Manson, I.G.; Brooking, A.K.; Oberender, A.; Harford, J.M. y Horsley, P.G. (2003) Implementation of a zero waste program at a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 38, pp. 257-269.

Manson, I.G.; Oberender, A. y Brooking, A.K. (2004) Source separation and potencial re-use of resource residuals at a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 40, pp. 155-172.

McKeown-Ice R. (2000) Environmental education in the United States: a survey of preservice teacher education programmes. *J Environ Educ*; vol. 32, pp.4-11.

Monros Tomás, G. (2002) Acciones ambientales en el entorno de las Universidades españolas. VI Conferencia sobre el Medio Ambiente, organizada por el Comité Economic i Social de la Comunitat Valenciana.

Montalbo, T., Gregory, J., Kirchain, R. (2011) Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems. Prepared by Material Systems Laboratory and Massachusetts Institute of Technology. Commissioned by Dyson, Inc.

Okeniyi, J.O. y Anwan, E.U. (2012) Solid wastes generation in Covenant University, Ota, Nigeria: Characterisation and Implication for Sustainable Waste Management. *J. Mater. Environ. Sci.*, vol 3, pp. 419-424.

Pellegrini Blanco, N.C y Reyes Gil, R.E (2009) Reciclaje de papel en la Universidad Simón Bolívar. *Revista de investigación* nº 67 Vol. 33, pp. 45-57

Pujol, R. M. y Espinet, M. (2002) Aspectos Ambientales de la Institución. En Arbat. E. y Geli, A.M. Eds. *Ambientalización Curricular en los Estudios Superiores. I. Aspectos Ambientales de las Universidades*. Girona. Servei de Publicacions de la Universitat de Girona y Red ACES.

Reyes-Labarta, J.A; Blázquez, S. y Montiel, V. (2010) Resultados obtenidos de la encuesta de Residuos realizada a las Universidades Españolas. Seminario CADEP-CRUE: Gestión de residuos en el ámbito universitario. Alicante, Junio 2010.

Sepideh Taghizadeh; Hamid R. Ghassemzadeh; Mohammad Moghadam Vahed y Reza Fellegari (2012) Solid waste characterization and management within university campuses case study: university of Tabriz. Elixir Pollution nº43, pp. 6650-6654.

Smyth, D; Fredeen, A. y Booth, A. (2010) Reducing solid waste in higher education: The first step towards “greening” a university campus. Resources, Conservation and Recycling, vol 54, pp. 1007-1016.

Tejedor Papell, G. (2011) El ciclo de materiales en la UPC: Aproximación a la percepción social de los residuos y su gestión en la ETSAV y la ESAB. TFM Máster de Sostenibilidad UPC.

Ull Solís, A. (2008) El impacto de la actividad universitaria sobre el medio ambiente. Revista Eureka Enseñamiento Divulgación Científica, nº 5 (3), pp. 356-366.