

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROPUESTA TÉCNICA DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN
EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
TESIS DE GRADO

LUIS ALBERTO XICARÁ ROJAS
CARNET 12500-04

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, FEBRERO DE 2016
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROPUESTA TÉCNICA DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN
EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
LUIS ALBERTO XICARÁ ROJAS

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, FEBRERO DE 2016
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. DANIELA MABEL SANDI INFANTE DE LEMUS

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. MARÍA DEL PILAR NEGREROS PRATDESABA DE OQUENDO
ING. MANUEL JOSÉ CASTILLO MAZARIEGOS
LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

Guatemala 22 de febrero de 2016

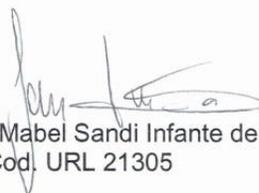
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Luis Alberto Xicará Rojas, carné 12500-04, titulado: "Propuesta técnica de manejo de desechos sólidos en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar".

El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,


MGTR. Daniela Mabel Sandi Infante de Lemus
Cod. URL 21305



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante LUIS ALBERTO XICARÁ ROJAS, Carnet 12500-04 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06133-2015 de fecha 1 de diciembre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

PROPUESTA TÉCNICA DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN
EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 8 días del mes de febrero del año 2016.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir.

A mi asesora MGTR. Daniela Sandi por su tiempo, revisión, correcciones, consejos, y dedicación durante este proceso.

A la Universidad Rafael Landívar por permitirme realizar mi trabajo en el Campus Central.

Al departamento de Responsabilidad Social Académica (RSA), en especial a la Inga. Stephanie Rodríguez y al Lic. Juan José Alvarado por todo el apoyo brindado en todo el proceso.

A la Licda. Pilar Negreros por todas las revisiones y correcciones de este trabajo.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por su apoyo y fidelidad en mi vida.

Mis padres: Por todo su amor y paciencia, por haberme dado muchas oportunidades y herramientas para enfrentar la vida.

Mis hermanas: Por toda su ayuda durante mis estudios y en el día a día, su paciencia y consejos.

Universidad Rafael Landívar: Mi Alma Mater, a cada uno de los catedráticos, por sus valiosas enseñanzas en toda la etapa de estudios.

INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Desechos sólidos	2
2.1.1 Clasificación de los desechos sólidos	2
2.1.2 Caracterización de los desechos sólidos	3
2.2 Problemas que genera el mal manejo de los desechos sólidos	4
2.2.1 Alteración de los recursos hídricos	4
2.2.2 Taponamiento y represamiento de caudales	4
2.2.3 Impacto en zonas marino costeras	4
2.2.4 Contaminación de aguas subterráneas	5
2.2.5 Contaminación atmosférica	5
2.2.6 Contaminación del suelo	5
2.2.7 Estética y ornato	6
2.3 Gestión integral y manejo de los desechos sólidos	6
2.3.1 Generación de desechos sólidos	6
2.3.2 Manipulación de desechos sólidos	7
2.3.3 Almacenamiento de los desechos sólidos	7
2.3.4 Recolección de los desechos solidos	7
2.3.5 Separación, procesamiento y transformación de desechos sólidos	8
2.3.6 Estaciones de transferencia de desechos sólidos	9
2.3.7 Jerarquía en la gestión de desechos sólidos	9
2.4 Valorización y tratamiento de desechos sólidos	10
2.4.1 Reducir	11
2.4.2 Reusar	12
2.4.3 Reciclaje	12

2.4.4 Tratamiento biológico	13
2.4.5 Tratamiento térmico	14
2.5 Historia de la basura en la ciudad capital de Guatemala	16
2.5.1 Situación actual de los desechos sólidos en Guatemala	17
2.5.2 Aspectos determinantes en proyectos de manejo de desechos sólidos en Guatemala	18
2.6 Marco legal e institucional	19
2.6.1 Marco legal	19
2.6.2 Marco institucional	24
2.7 Antecedentes	25
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
3.1 Definición del problema y justificación del trabajo	28
IV. OBJETIVOS	30
4.1 Objetivo general	30
4.2 Objetivos específicos	30
V. METODOLOGÍA	31
5.1 Ambiente (lugar de trabajo)	31
5.2 Unidades de análisis	32
5.3 Tipo de investigación	32
5.4 Instrumentos	32
5.5 Procedimiento	32
5.5.1 Consulta documental	32
5.5.2 Fase de campo	33
5.6 Análisis de la información	40
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
6.1 Actividades de valorización de materiales en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar	41
6.1.1 Reciclaje de papel	41
6.1.2 Compostaje	41
6.2 Peso de desechos generados en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar	42

6.3 Volumen de desechos generados en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar	50
6.4 Determinación de la generación per cápita anual (GPC 2014)	53
6.4.1 Proyecciones de la generación per cápita dentro de 10 años	53
6.5 Limitantes al estudio	54
6.6 Propuesta técnica de manejo de desechos sólidos en el Campus Central	55
6.6.1 Reducción de desechos	55
6.6.2 Separación de desechos <i>in situ</i>	56
6.6.3 Inorgánico reciclable	58
6.6.4 Diseño de basureros por clasificación	58
6.6.5 Cantidad de grupos de recipientes de desechos en edificios	63
6.6.6 Ubicación de grupos de recipientes de desechos en edificios	63
6.6.7 Orgánico	65
6.6.8 Evaluación de empresas recicladoras	72
6.6.9 Costo de inversión; ingresos y egresos	75
6.6.10 Concientización y capacitación	76
6.6.11 Recolección y almacenamiento temporal de desechos	77
6.6.12 Análisis financiero	79
6.6.13 Implementación por fases	87
6.6.14 Análisis financiero de implementación para la primera fase	87
VII. CONCLUSIONES	89
VIII. RECOMENDACIONES	91
IX. BIBLIOGRAFÍA	93
X. ANEXOS	99

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Jerarquización de acciones propuesta por EPA	10
Cuadro 2. Categorías y subcategorías de clasificación de desechos	33
Cuadro 3. Cantidad de grupos de basureros propuestos para cada edificio	64
Cuadro 4. Valoración de desechos seleccionados para el reciclaje, generados en el Campus Central	80
Cuadro 5. Análisis financiero del manejo de desechos sólidos en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar	80
Cuadro 6. Presupuesto estimativo desglosado por renglones para la construcción de bodega para almacenamiento de materiales reciclables para la venta / Noviembre, 2015	81
Cuadro 7. Presupuesto estimativo desglosado por renglones para la construcción de la Galera para clasificación de desechos / Noviembre, 2015	83
Cuadro 8. Análisis de ingresos y egresos de manejo de desechos en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar con proyección a 6 años	85
Cuadro 9. Costos de inversión inicial en edificio H	87

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Clasificación de la pre-recolección	7
Figura 2. Tratamientos principales aplicados a los desechos sólidos	9
Figura 3. Ubicación del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar	31
Figura 4. Obtención de volumen de un tonel	37
Figura 5. Composición de desechos generados en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar por peso	42
Figura 6. Generación de desechos Campus Central años 2009 vs 2014	44
Figura 7. Porcentaje de generación por edificios en el Campus Central, de acuerdo al peso	45
Figura 8. Porcentaje de generación en el edificio H, de acuerdo al peso	46
Figura 9. Porcentaje de generación en el edificio M, de acuerdo al peso	47
Figura 10. Porcentaje de generación en edificio TEC, de acuerdo al peso	47
Figura 11. Generación de papel y cartón contaminado en los edificios del Campus Central, de acuerdo al peso	49
Figura 12. Generación de PET en los edificios del Campus Central, de acuerdo al peso	49
Figura 13. Generación de papel y cartón no contaminado en los edificios del Campus Central, de acuerdo al peso	50
Figura 14. Porcentaje en volumen de desechos generados en todo el Campus	51
Figura 15. Porcentaje en volumen de generación de desechos por edificios en el Campus Central	52
Figura 16. Diseño de basureros por clasificación en fuente	62

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Boleta de caracterización de desechos sólidos para uso oficial en el Campus Central	99
Anexo 2. Tabla de peso obtenido en cuantificación de desechos en todos los edificios del Campus Central	100
Anexo 3. Tabla de volumen obtenido en cuantificación de desechos en todos los edificios del Campus Central	101
Anexo 4. Planos de edificios del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar con ubicación específica de estaciones de desechos	102
Anexo 5. Matriz de valoración de empresas dedicadas al reciclaje en el departamento de Guatemala	123
Anexo 6. Tabla comparativa de empresas recicladoras de papel y cartón, plástico (PET), y metal (latas de aluminio) en el departamento de Guatemala	124
Anexo 7. Planos de galera y bodega de clasificación de materiales aptos para el reciclaje	126

PROPUESTA TÉCNICA DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RESUMEN

El departamento de Guatemala, genera el 29.48% de la basura total del país y el crecimiento poblacional impulsa el aumento de la generación total de desechos, causando problemas ambientales muy graves en el país. El objetivo de esta investigación fue generar una propuesta de gestión y manejo adecuado de los desechos sólidos comunes, dentro del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar. Para esto, se realizó una caracterización de los desechos generados en un día normal de trabajo en toda la Universidad y un análisis del sistema actual de recolección de basura. Seguido, se realizó un diagnóstico de los desechos generados en todos los edificios del Campus Central. Se determinó que en el Campus Central se generan diariamente 509.25 kg de desechos sólidos, siendo el edificio H el mayor aportador (102.59 kg, 20.15% de la carga total). El desecho de mayor generación en la institución es el papel y cartón, (diariamente 288.18 kg, correspondiente al 57% del total). Con base en los resultados obtenidos se realizó una propuesta de manejo de los desechos sólidos en el Campus Central con la finalidad de reducir la carga de desechos enviados al basurero de la zona 3. Esta incluye basureros diseñados para la separación de desechos en fuente, ubicación de contenedores, aprovechamiento de materiales, costos, rutas de recolección y recomendaciones para el manejo. Se concluyó que la separación en fuente es clave para la mayor parte de los desechos generados en el Campus Central, ya que esto reduce en un 48% la carga que llega a disposición final.

TECHNICAL PROPOSAL FOR THE SOLID WASTE MANAGEMENT IN THE CENTRAL CAMPUS OF UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

SUMMARY

The department of Guatemala generates about 29.48% of the country's total waste and the population growth drives the increase of the total waste generation, causing severe environmental problems in the country. The objective of this research was to generate a proposal for the appropriate handling and management of common solid waste within the Central Campus of Universidad Rafael Landívar. Thus, a characterization of the waste generated in a normal working day in the University was carried out, as well as an analysis of the current garbage collection. Subsequently, a diagnosis of the waste generated in all the buildings of the Central Campus was carried out. It was determined that in the Central Campus, 509.25 kg of solid waste are generated daily, being building H the main producer (102.59 kg, 20.15% of the total burden). Paper and cardboard constitute the main waste in the institution (288.18 kg per day, which is 57% of the total). Based on the results obtained, a solid waste management proposal was drafted in the Central Campus in order to reduce the waste burden sent to the landfill in zone 3. This included waste containers designed to separate waste by source, location of containers, use of materials, costs, collection means, and recommendations for the management. It was concluded that separating the waste by source is key for most of the waste generated in the Central Campus, because it reduces the final waste burden in about 48

I. INTRODUCCIÓN

El incremento poblacional va en aumento constante, el avance en la extensión de la urbanización, patrones de producción sin medidas de regulación en sus procesos, y en especial, los patrones de consumo de parte de la población, hacen que se incremente la generación de desechos en el país. Esto se ve manifestado en el deterioro constante de los recursos naturales, ya que cada vez más, se recurre a nuevos lugares donde habita flora y fauna de gran importancia en el intercambio de bienes y servicios ambientales como: la captación de agua, producción de oxígeno, protección de cuencas, captación de CO₂, entre muchas otras más (MARN, 2007).

La generación de desechos sólidos no excluye actividad alguna, ya que estos se generan en actividades domésticas, industriales, hospitalarias, mineras, etc. lo cual es un problema en la sociedad. Un factor que ayuda a que la situación adversa sea cada vez mayor, es la falta de políticas en torno a esta situación y un desinterés de parte de autoridades e instituciones gubernamentales. Si se quiere mitigar o reducir los efectos que el mal manejo de los desechos conlleva, se debe empezar en el mismo hogar, en las instituciones educativas y en comercios.

En el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar, es necesaria una gestión integral de los desechos sólidos, ya que la institución no cuenta con un plan de manejo de estos desechos. Las organizaciones internas de la institución no deben ser indiferentes al problema y deben ayudar desde su campo de acción a reducir la problemática nacional (IARNA, 2009).

Por consiguiente, el presente trabajo se realizó con el fin de determinar las cantidades y el tipo de generación de desechos sólidos en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar y, con este panorama, poder proponer un manejo adecuado de los desechos sólidos dentro de la institución.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Desechos sólidos

Llamados comúnmente basura, su nombre técnico es desecho sólido y estos son producto de las diversas actividades que el ser humano genera en su diario vivir. Se entiende por desecho sólido todo aquel material que no genera utilidad alguna o un valor económico para la persona que le dio un uso previo y por consecuencia esta lo desecha, convirtiéndose en un generador de desechos (IARNA, 2012).

2.1.1 Clasificación de los desechos sólidos

Los desechos sólidos pueden clasificarse de diferentes maneras, su clasificación varía dependiendo del origen, estado en el que se encuentren, actividad que lo generó o tipo de tratamiento que estos requieran. Según su origen se clasifican de la siguiente manera:

Municipales: estos son desechos que provienen de las actividades desarrolladas en casas-habitación, sitios de servicios privados y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como residuos industriales que no se deriven de su proceso son considerados como Residuos Sólidos Municipales (RSM) (Campos, 2003).

Industriales: La cantidad de desechos sólidos generados por una industria depende de la tecnología empleada en el proceso productivo. La calidad de las materias primas o productos intermedios utilizados en sus procesos, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y envases y embalajes utilizados en el proceso (Tchobanoglous, 1993).

Mineros: Para tener acceso a materiales preciosos y deseados se explotan los recursos minerales. Esta actividad genera grandes volúmenes de desechos sólidos. Se consideran residuos sólidos mineros los que han sido producidos durante las diversas etapas de obtención del material como prospección, extracción, valorización, eliminación y almacenamiento de recursos minerales (Gobierno de Chile, 2002).

Hospitalarios: Son desechos sólidos originados por las actividades realizadas en hospitales, laboratorios biológicos, clínicas, sanatorios, bancos de sangre, centros de salud, centros donde se practique atención humana o veterinaria con finalidades de prevención y recuperación (MSPAS, 2001).

2.1.2 Caracterización de los desechos sólidos

Es necesario conocer las características de los desechos sólidos para evaluar qué alternativas se pueden utilizar, en la recolección como también en la disposición final. Al conocer las características de los mismos, se facilita el diseño de sistemas de disposición, reutilización, reciclaje y recuperación de los mismos. Los factores que definen las características de los desechos sólidos, son variados, pueden ser: composición, densidad, poder calorífico y humedad entre otros (Campos, 2003).

Composición: Se refiere a los componentes que conforman los residuos, los cuales deben expresarse en porcentaje peso; la composición depende de varios factores, entre los que destacan: el poder adquisitivo, desarrollo económico, social y cultural del área, localización y estaciones del año (para Guatemala época de estiaje y lluvia) (UNICEN, 2005).

Densidad: En la gestión de desechos sólidos, densidad y peso específico son dos factores fundamentales. La localización geográfica, época del año, y tiempo de almacenamiento; son factores que determinaran los sistemas de pre-recogida, sistemas de recogida y sistemas de tratamiento (Campos, 2003).

Poder calorífico: Está en función de la composición de los materiales, es la energía disponible que una unidad de masa tiene al estar expuesta a un proceso químico de oxidación, a altas temperaturas de incineración (UNICEN, 2005).

Humedad: Es la masa de humedad por unidad de masa húmeda o seca de material; el grado de humedad está limitado a un margen del 25 al 60% el cual depende de factores como la composición de los desechos sólidos, humedad de las fracciones que componen al desecho y condiciones meteorológicas; Es muy

importante conocer el grado de humedad de los desechos sólidos, debido a la generación de lixiviados que pueda existir (UNICEN, 2005).

2.2 Problemas que genera el mal manejo de los desechos sólidos

Los problemas ambientales asociados a una mala gestión en el manejo de los desechos sólidos afectan a la flora, la fauna y en especial al ser humano. Entre las formas que afectan están: salud pública, alteración y destrucción de los recursos naturales, factores sociales y económicos entre otros (Frers, 2005).

2.2.1 Alteración de los recursos hídricos

Estos se dividen en aguas superficiales y subterráneas las cuales al estar en contacto con la materia orgánica proveniente de los desechos sólidos modifica las características del agua, acidificándola o alterando el pH de la misma; esta al empezar el proceso de descomposición modifica las condiciones de oxígeno lo que beneficia la proliferación de bacterias y microorganismos que perjudican al entorno de otras especies como peces, aves y especialmente la salud del ser humano (ENVIASEO, 2013).

2.2.2 Taponamiento y represamiento de caudales

Al haber acumulación causada por cualquier tipo de desecho sólido, existe el riesgo que se originen bloqueos de caudales. Esto impacta de manera negativa ya que se modifica el caudal de ríos, lo que en un futuro tendrá impactos negativos. Entre estos impactos se destacan los derrumbes de lugares colindantes; la constante acción de movimiento del agua en un lugar con materiales que poco tolerantes al paso y acción de desgaste del agua. Al ocurrir un bloqueo por desechos sólidos, también hay inundaciones, especialmente en época de lluvia lo cual afecta seriamente a comunidades que habitan a orillas de ríos (ENVIASEO, 2013).

2.2.3 Impacto en zonas marino costeras

La acumulación de desechos de todo tipo genera un triple impacto, ya que afecta ambiental, social y económicamente al entorno, flora y fauna. Los desechos sólidos expuestos ponen en peligro la vida de especies (entre estas, endémicas).

La alteración en los ecosistemas impacta en los procesos de reproducción de especies. Económicamente, se afecta al sector turismo del cual las personas de las zonas marino costeras dependen, como también se afecta al sector pesquero que es una fuente de ingresos para muchas personas (ENVIASEO, 2013).

2.2.4 Contaminación de aguas subterráneas

Todo desecho sólido en el proceso de descomposición genera lixiviados, estos son líquidos resultantes de la percolación del agua, que al estar en contacto con los desechos sólidos modifica de manera negativa sus propiedades. Esta tiende a infiltrarse en los estratos de la tierra llegando a los cuerpos de agua superficiales donde ocurre contaminación que afecta seriamente a las personas que dependen del consumo del agua de pozos, además modifica las condiciones edáficas generando una cadena de sucesos negativos (ENVIASEO, 2013).

2.2.5 Contaminación atmosférica

Cuando un desecho sólido empieza y está en proceso de descomposición ocurren procesos químicos, se generan gases como el metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). Dichos gases interfieren negativamente en la capa de ozono ya que son gases que incrementan el efecto invernadero, estos hacen que la temperatura aumente, modifican corrientes oceánicas y alteran las estaciones como la época de lluvia o estiaje. En países subdesarrollados existe la mala práctica de quemar los desechos sólidos, esta práctica también colabora al calentamiento global además trae con sí otros efectos negativos entre los cuales están partículas en suspensión que pueden afectar la salud humana y también modificar el pH de los suelos positiva o negativamente (ENVIASEO, 2013).

2.2.6 Contaminación del suelo

El suelo es el recurso natural que más afectado está en relación con los demás ya que está en contacto directo con los desechos sólidos, está en constante contacto con lixiviados que al filtrarse modifican el pH del mismo, reducen o aumentan nutrientes que perjudican en la producción del suelo, además afecta la microfauna que habita en él. La disminución de la microfauna está relacionada a que la productividad sea baja o nula lo cual tiene un efecto en la desertificación de los

suelos. Cabe destacar que la presencia constante de desechos sólidos incrementa la presencia de animales no deseados por el hombre que traen con sí una serie de vectores como: ratas, cucarachas, moscas y zancudos entre otros, que diseminan distintas enfermedades perjudiciales para el ser humano (ENVIASEO, 2013).

2.2.7 Estética y ornato

Al estar mal dispuestos los desechos sólidos, estos generan alteraciones al entorno, lo cual afecta la salud humana en muchos factores porque genera estrés, dolor de cabeza, problemas psicológicos, disminución de la eficiencia laboral y mal humor; esto afecta la calidad de vida de las personas por no estar en condiciones adecuadas y saludables (Campos, 2003).

2.3 Gestión integral y manejo de los desechos sólidos

La Gestión Integral de los Desechos Sólidos es una selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión que son idóneos para cumplir con metas y objetivos específicos de gestión de residuos (UNICEN, 2005).

2.3.1 Generación de desechos sólidos

Abarca actividades en donde los materiales se identifican según su valor o sin valor, donde son tirados o se recogen juntos para su eliminación. Aquí es importante evaluar las fuentes de generación de desechos sólidos, cuantificar y clasificar los desechos sólidos generados.

La reducción en el lugar de origen, aunque no sea controlada por gestores de desechos sólidos, se incluye en las evaluaciones de un sistema y esta se emplea como un método para limitar las cantidades de desechos sólidos generados; hay factores que interfieren en la generación de desechos sólidos, pueden mencionarse locación geográfica, época del año, frecuencia de recolección, características socioeconómicas de la población, políticas de reciclaje o reutilización de desechos sólidos y legislación de cada país o zona (Campos, 2003).

2.3.2 Manipulación de desechos sólidos

La manipulación y separación de desechos sólidos comprende todas las actividades llevadas a cabo en referencia a los desechos sólidos hasta su ubicación en los lugares de almacenaje previos a la recolección (figura 1); hay dos tipos: a) Pre-recolección sin selección, en esta no se realiza ninguna actividad de separación de los desechos sólidos por parte de la persona que los desecha. b) Pre-recolección con selección en esta actividad se separan los desechos sólidos según su origen.

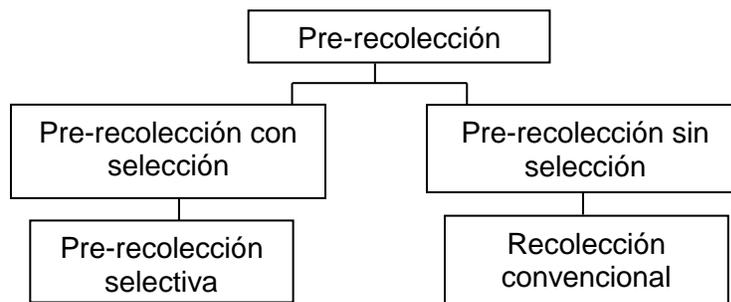


Figura 1. Clasificación de la pre-recolección (UNICEN, 2005).

2.3.3 Almacenamiento de los desechos sólidos

Los desechos sólidos son acumulados en contenedores o bolsas plásticas, que se colocan en un lugar alejado. En la mayoría de industrias y comercios, los desechos sólidos son almacenados en contenedores relativamente grandes, estos son movidos por medios mecánicos hasta el sitio de recolección o disposición final.

Al escoger el tipo de almacenamiento hay factores que se deben tomar en cuenta como el espacio disponible, localización de los contenedores, aspectos de estética y de salud pública y métodos de recolección que se tenga planeado utilizar (Campos, 2003).

2.3.4 Recolección de los desechos sólidos

La actividad de recolección incluye elementos sólidos como reciclables, también se incluye el transporte de los materiales al lugar de la disposición final la cual puede ser una planta de procesamiento de materiales una estación de transferencia, una incineradora o bien un vertedero controlado. La recolección es

el elemento de gestión donde se incluyen las actividades de traslado de los desechos sólidos desde el lugar donde la persona lo depositó hasta el camión recolector, carga del camión, transporte a puntos de transferencia o de tratamiento y finalmente descarga de residuos en dicho lugar. Hay diferentes métodos para la recolección de desechos sólidos, estos pueden ser de forma manual, mecanizada o neumática (UNICEN, 2005).

2.3.5 Separación, procesamiento y transformación de desechos sólidos

Las actividades de separación y procesamiento de desechos sólidos que han sido separados en el lugar de origen como también la separación de desechos sólidos no clasificados, normalmente se realizan en estaciones de transferencia, instalaciones de incineración y lugares de evacuación. Con frecuencia este proceso incluye: separación de objetos voluminosos, separación de los componentes de residuos por tamaño utilizando cribas, separación manual de componentes de los desechos sólidos, trituración para reducción de tamaño, separación de metales férricos mediante imanes, compactación para la reducción de volumen, y la incineración. Los procesos de transformación reducen el volumen y peso de los desechos sólidos que se han de evacuar, como también para recuperar productos que sirvan como fuente de energía. La fracción orgánica de los desechos sólidos puede transformarse mediante procesos químicos y biológicos; en la figura 2 se muestra los tratamientos principales aplicados a los desechos sólidos (UNICEN, 2005).

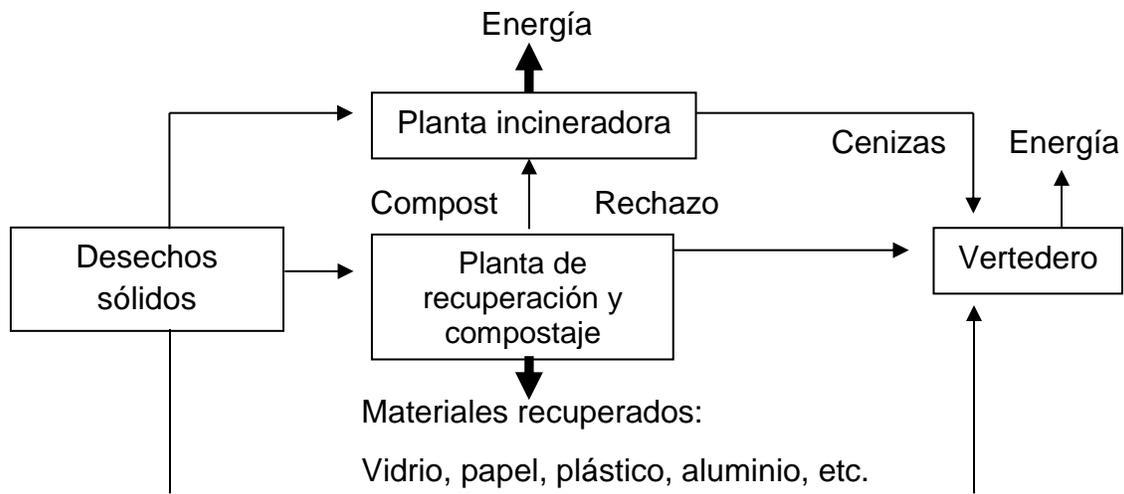


Figura 2. Tratamientos principales aplicados a los desechos sólidos (UNICEN, 2005).

2.3.6 Estaciones de transferencia de desechos sólidos

Transferencia de desechos sólidos es el paso de estos hacia vehículos recolectores residenciales, comerciales o industriales, relativamente pequeños, a vehículos de un tamaño mayor donde los desechos sólidos serán transportados al sitio de disposición final. La actividad de transferir y transportar los desechos sólidos en vehículos de proporciones mayores es necesaria cuando se presentan distancias largas hacia los sitios de disposición final.

Las estaciones de transferencia están clasificadas según el tipo de carga que los vehículos transporten, esta puede ser descarga directa, estaciones de almacenamiento, o una combinación de las anteriores mencionadas (UNICEN, 2005).

2.3.7 Jerarquía en la gestión de desechos sólidos

En la gestión de los desechos sólidos se debe aplicar una estrategia jerárquica, la cual tenga como objetivo lo siguiente: evitar, minimizar, tratar y disponer. Ambientalmente una de las mejores alternativas es prevenir y así evitar generar desechos sólidos.

I. Cuando no sea posible prevenir generación de desechos sólidos, debe buscarse una reducción es decir el concepto de las 3R el cual consiste en Reducir

en cantidad y/o peligrosidad, Reusar y Reciclar para no desperdiciar el potencial de los materiales y/o energía que estos contienen.

II. Cuando no sea posible minimizar debe buscarse un tratamiento de los desechos sólidos donde se reduzca la cantidad y/o peligrosidad de los mismos antes de su disposición final.

III. Disposición final la cual debe ser una operación controlada de los desechos sólidos; hay variedad de alternativas para su disposición final las cuales pueden ser entre las más comunes el relleno sanitario o vertedero controlado, el compostaje y la incineración (UNICEN, 2005).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) propone acciones a realizar en la jerarquización de los desechos sólidos, estas pueden ser adaptadas en países en vías de desarrollo; sin embargo en dichos países es necesario realizar algunas modificaciones; en el cuadro 1 se muestran comparaciones en la jerarquización de los desechos sólidos de Estados Unidos y países en vías de desarrollo.

Cuadro 1. Jerarquización de acciones propuesta por EPA.

Estados Unidos (EPA)	Países en vías de desarrollo
1. Reducción en origen	1. Reducción en origen
2. Recuperación (Reuso y reciclaje)	2. Recuperación (Reuso y reciclaje)
3. Incineración de residuos	3. Tratamiento
4. Relleno sanitario	4. Relleno sanitario

(UNICEN, 2005).

2.4 Valorización y tratamiento de desechos sólidos

Los desechos generados en instituciones educativas, empresas, industrias, hogar, etc. deben clasificarse según los materiales que los compongan, esto facilitará el destino que estos tendrán como también las operaciones posteriores en los

tratamientos que estos tendrán, reuso o reciclaje, pesaje, transportes, trituración, etc.

El tratamiento de desechos sólidos es la operación controlada y ambientalmente adecuada de su manejo; como también es el conjunto de actividades físicas, químicas, biológicas o térmicas cuya finalidad es reutilizarlos, disminuir o eliminar el peligro potencial, adaptar sus propiedades físicas, químicas o biológicas a los requerimientos de la disposición final (Campos, 2003).

Hay diferentes formas o alternativas para disponer de los desechos sólidos las cuales pueden ser: reciclaje, compostaje, incineración y relleno sanitario (UNICEN, 2005).

2.4.1 Reducir

Las personas no deberían de producir tantos residuos al consumir diversos productos, lo primordial, al consumir, debe ser reducir o minimizar los residuos generados en cualquier lugar y actividad, como el hogar, lugares de trabajo, instituciones educativas, áreas de recreo, etc. El volumen generado por los desechos sólidos generados por las personas está ligado a factores como: educación, cultura, ingresos económicos y nivel social (González, 2012).

Con la finalidad de reducir la generación de desechos sólidos se recomienda lo siguiente:

Siempre que se pueda, comprar artículos por mayor, o en presentaciones de gran cantidad, con la finalidad de evitar una generación excesiva de empaques, bolsas, etc.

Comprar artículos con presentaciones que ofrezcan la menor cantidad posible de empaques.

Evitar el consumo de productos en presentación de envase desechable y preferir productos de envase retornable.

En la medida que la situación lo permita, evitar el consumo de bolsas plásticas (González, 2012).

2.4.2 Reusar

Cuando un objeto ha cumplido con el propósito para el cual fue hecho, no quiere decir que este no pueda cumplir dos o más veces con la misma función. Debido a los componentes químicos que lo conforman, este tiene características que lo hacen apto para ser usado muchas veces. Un ejemplo pueden ser las botellas elaboradas con Tereftalato de Polietileno, más conocido como PET. La mayoría de veces se ingiere el líquido que estas contienen e inmediatamente son desechadas por el consumidor; sin embargo se le puede dar un reuso cuantas veces se desee o hasta que el envase presente condiciones que no lo hagan más apto para utilizarlo.

2.4.3 Reciclaje

Los materiales que son separados de los desechos sólidos municipales pueden ser utilizados directamente como materia prima de manufactura, para producción de compost y para productos de conversión biológica y química, como también para fuente de producción de energía y para recuperación de paisajes degradados.

Según Lund (1996), el reciclaje es una estrategia de gestión de desechos sólidos; es el método de gestión de desechos sólidos preferido y ambientalmente el más deseable; el reciclaje es un proceso de separación, clasificación y tratamiento de desechos sólidos para un aprovechamiento en un nuevo uso.

El reciclaje se lleva a cabo por tres razones básicas:

- Altruismo: Se busca la conservación de los recursos naturales.
- Reducción de costos: Se busca invertir menos dinero en materias primas vírgenes y se utilizan materiales provenientes del reciclaje.

- Leyes gubernamentales: Debido a la creciente generación de desechos sólidos, se busca minimizar la cantidad que llegue a un vertedero o sea incinerada (Lund, 1996).

2.4.4 Tratamiento biológico

Compostaje

Los desechos sólidos cuentan con una alta porción de materia orgánica; el compostaje es la degradación bioquímica de la materia orgánica con un producto final de material similar al humus, el cual puede ser utilizado como fertilizante.

El proceso de compostaje es realizado en su mayoría por microorganismos, el éxito del proceso de compostaje depende de las condiciones que tengan los microorganismos. El inicio de la etapa de compostaje es la flora mesofílica la cual incrementa la actividad microbiana con un rango de temperatura de 25 a 45 °C la temperatura siempre será un indicador de actividad bioquímica; otros indicadores son la cantidad de nutrientes, humedad y pH de la mezcla de “compost” (Campos, 2003).

Digestión anaerobia

Es un proceso biológico de residuos orgánicos biodegradables tratados en ausencia de oxígeno por medio de la actividad microbiana que descompondrá los desechos sólidos en un medio controlado; el producto resultante de la actividad microbiana es biogás el cual es rico en contenido de metano que es utilizado para generar energía. También se obtiene un subproducto de la digestión; el material sobrante que es utilizado para aportar nutrientes a suelos degradados o con ausencia de nutrientes específicos (Mirez, 2012).

La digestión anaerobia incluye un proceso de pre tratamiento donde la parte orgánica biodegradable se separa del resto de residuos; luego de este proceso se adecúa el tamaño de las partículas con el fin de favorecer la digestión. Dicho proceso tiene lugar en el digester el cual es un contenedor sellado sin oxígeno (Mirez, 2012).

Hay dos clases de digestión anaerobia:

- Mesofílica: los residuos permanecen en el digestor de 15 a 30 días a temperatura de 30 a 35 °C.
- Termofílica: La permanencia de los residuos es de 12 a 14 días a una temperatura de 55 °C (Mirez, 2012).

2.4.5 Tratamiento térmico

Las técnicas de tratamiento tienen dos clasificaciones:

- 1) Desechos sólidos se queman en presencia de mucho oxígeno; la incineración.
- 2) Desechos sólidos son sometidos a elevadas temperaturas con poco oxígeno donde no hay combustión directa; pirólisis.

Sistemas de combustión

La combustión en un proceso térmico de desechos sólidos por oxidación química con estequiometría o exceso de aire.

Los productos finales incluyen gases calientes de la combustión principalmente compuestos de nitrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua y residuos no combustibles. Puede recuperarse la energía por el exceso de calor de la combustión de gases calientes (Tchobanoglous, 1993).

La transformación de desechos sólidos urbanos en energía, es una actividad que se realiza en países europeos y del primer mundo cuya finalidad es el aprovechamiento de los desechos sólidos producidos en zonas urbanas.

Incineración

Es una tecnología utilizada en todos los países europeos y del primer mundo la cual consiste en la transformación de desechos sólidos a dióxido de carbono y otros gases, cenizas y a una porción de desechos no combustibles los cuales se reducen en un promedio de 90% de volumen y un 75% del peso; estos se depositan juntamente con las cenizas provenientes del proceso en un relleno

sanitario. Los gases que fueron emanados en la incineración son recuperados, además los materiales son reutilizables (Campos, 2003).

Pirólisis

Es un proceso térmico de descomposición de desechos sólidos en ausencia de oxígeno. Esta utiliza una fuente externa de calor para conducir las reacciones endotérmicas; es un proceso que se lleva a cabo a temperaturas desde 400 °C hasta 800 °C (Mirez, 2012).

En el proceso de pirólisis las moléculas complejas por medio del calor son descompuestas a moléculas más simples dando como resultado una sustancia llamada “char” la cual consiste en carbono casi puro más materiales inertes, líquido y gas; el char producido se utiliza como combustible o bien para producir carbón activo (Mirez, 2012).

Cuando el proceso se realiza a temperaturas de 900°C a 1000 °C con un tiempo de exposición de segundos, el proceso es llamado “Pirólisis Flash” dando como resultado gas el cual es utilizado para producir energía (Mirez, 2012).

La proporción del producto obtenido dependerá de las temperaturas y el periodo de exposición como también las propiedades de los desechos sólidos. Una exposición alargada y con temperaturas moderadas hará que la obtención de “char” sea abundante (Mirez, 2012).

Gasificación

Es la combustión incompleta de biomasa a temperaturas de 600°C a 1500 °C en una atmósfera con poco oxígeno por debajo del mínimo necesario para producir una reacción de combustión donde se obtendrá como producto un gas combustible formado por monóxido y dióxido de carbono, hidrógeno y metano el cual tiene un poder calorífico bajo el cual se utiliza como combustible para motores diésel o para generar energía eléctrica (INTI, 2010).

Si en el proceso se usa aire como oxidante, se producirá un gas con bajo poder calorífico el cual no superará el 25% del gas natural, el gas producido se llama gas

pobre; cuando se utiliza oxígeno o aire enriquecido se obtendrá un gas llamado “gas de síntesis” el cual es de mayor poder calorífico, esto debido a la ausencia de oxígeno, normalmente entre el 25% y el 40 % del gas natural (INTI, 2010).

Plasma

Es la forma más abundante de la materia en el universo, este se forma cuando la materia es calentada a temperaturas de más de 5,000° C dando como producto gases o fluidos cargados eléctricamente los cuales responden a fuerzas electromagnéticas (Leal, 2004).

El sistema de plasma es un reactor con antorchas que inyectan energía eléctrica de alto voltaje y sin gases producidos, como oxígeno o nitrógeno. En este proceso las temperaturas que se generan son similares a las que existen en la superficie del sol que son más de 1500° C; así se obtiene el plasma que es un estado de la materia en forma de gas que sus átomos han perdido o ganado electrones; de esta manera los residuos quedan como átomos inofensivos debido a que los átomos han ganado o perdido electrones (Leal, 2004).

Seguido de este paso la materia orgánica del sobrante se transforma en un gas de síntesis llamado “syngas”, el cual se compone de hidrógeno y monóxido de carbono el cual puede utilizarse para generar energía o combustibles líquidos. Los residuos inorgánicos resultantes pueden ser fundidos en el fondo del reactor obteniendo como producto un material vitrocerámico que puede utilizarse en la fabricación de productos abrasivos como relleno de bases de carreteras, baldosas arquitectónicas o ladrillos para la construcción (Taboada, 2009).

2.5 Historia de la basura en la ciudad capital de Guatemala

En el año de 1879 se inició el control de la disposición final de los desechos sólidos, se decidió que estos serían incinerados en un crematorio que se construyó en la 7ma calle final, zona 1, en este mismo año se inauguró en la ciudad el denominado “Tren de aseo”. Con el crecimiento poblacional y por ende de la ciudad, las personas particulares optaban por verter sus desechos sólidos en

las afueras de la ciudad, en barrancos aledaños a la ciudad, en terrenos baldíos, iniciando así los botaderos clandestinos.

En 1924 se inauguró el crematorio que fue dirigido por el constructor Camilo Carrera, este estaba situado en lo que antiguamente era llamada “calle sol”, hoy en día 7ma calle, zona 1 y línea férrea. Con el pasar de los años el horno dejó de funcionar, lo que provocó que nuevamente se optara por verter los desechos sólidos en barrancos y terrenos baldíos ubicados en las zonas 4, 5, 6 y 12, generalmente dichos lugares tiempo atrás servían como sitios de extracción de material para preparar adobe y teja (CEUR, 1996).

En el año de 1953 la Municipalidad de Guatemala inició un plan de Relleno Sanitario localizado en la 30 calle final zona 3. En el mes de abril de 1957 se intentó ejecutar un nuevo relleno sanitario en la 20 calle y 30 avenida de la zona 5; pero en el año de 1960 se contrató a Ingenieros Sanitarios para la organización de un servicio de limpieza; en este año se estableció el botadero ubicado en el barranco de la zona 3, actual basurero de la ciudad capital.

En el año 1961 se tomó la decisión de utilizar dos nuevas locaciones para realizar un relleno sanitario localizado en el puente Belice Zona 6 y el barranco aledaño a la zona 3 de la 7ma avenida. Actualmente se trabaja únicamente con el relleno sanitario de la zona 3 al final de la 30 calle (CEUR, 1996).

2.5.1 Situación actual de los desechos sólidos en Guatemala

La problemática nacional relativa a los desechos sólidos se debe en parte a la falta de planificación, una institucionalidad y gobernabilidad débil con falta de políticas que exijan el reciclaje y la reutilización de los desechos sólidos, debido a esto en el país la gestión es insuficiente (IARNA, 2009).

Según IARNA en el área metropolitana del departamento de Guatemala se produce cerca del 30% del total de desechos sólidos generados anualmente en el país. En el país son producidas anualmente 456,484 toneladas de desechos sólidos, de estas solo se llega a recolectar el 75%; de este porcentaje la mayor parte es trasladada al basurero de la zona 3 la generación diaria de residuos

sólidos en Guatemala se estima que está alrededor de 4,242 toneladas, de estas el 54% es producido en las zonas urbanas y el 46% restante es producido en zonas rurales (IARNA, 2012).

El Programa Nacional de Cambio Climático estima que por efecto de los desechos sólidos, Guatemala emitió a la atmósfera 41,480 toneladas de CH₄ y 570 toneladas de N₂O durante el año 2000 con respecto a emisiones de los mismos gases en 1990, para el CH₄ hubo un incremento de 73% y para el N₂O hubo un incremento del 80% (IARNA, 2012).

2.5.2 Aspectos determinantes en proyectos de manejo de desechos sólidos en Guatemala

En el año 2006 el Programa Regional de Manejo de Desechos Sólidos (PREMADES) realizó la evaluación de doce iniciativas nacionales; el fin de dicha evaluación fue evaluar aciertos y desaciertos que son clave en el éxito o fracaso en los programas de manejo de desechos sólidos (PREMADES, 2006).

Las lecciones aprendidas fueron las siguientes:

- a) Una de las principales debilidades es que las municipalidades no crean capacidades propias en cuanto al manejo de desechos sólidos y dependen de instituciones cooperantes que brinden apoyo.
- b) Las municipalidades invierten en maquinarias y equipo para el tratamiento de desechos sólidos sin tomar en cuenta la capacitación y disponibilidad de personal. Además las municipalidades ven como opciones los planes de manejo de desechos sólidos y ejecutan planes que no son de acuerdo a la realidad nacional.
- c) La participación política y compromiso de las autoridades es importante en los proyectos de desechos sólidos. Los municipios no tienen como prioridad el manejo de desechos sólidos.

- d) En los municipios no se tiene en cuenta un presupuesto acorde al tipo de proyecto que se ejecute y desconocen los costos de operación y mantenimiento de los proyectos.
- e) No se cuenta con planes a largo plazo; tampoco hay un reglamento que de lineamientos para una gestión municipal constatare en el país (PREMADES, 2006).

2.6 Marco legal e institucional

Está establecido en la Constitución de la Política de Guatemala y sus reformas en el acuerdo Legislativo No. 18-93, como también la normativa suprema del Estado, cuales son los Organismos del Estado y que funciones le corresponden a cada uno.

El Estado de Guatemala cuenta con una estructura de tres niveles que son el nivel nacional, regional y local. Cada uno de ellos cuenta con diferentes órganos que ejecutan diferentes funciones según sea el mandato que le corresponda.

El Congreso de la República de Guatemala quien representa al pueblo tiene entre sus principales funciones dictar nuevas leyes y tener el control político sobre el poder ejecutivo y todos los organismos públicos, modificar y derogar leyes, aprobar presupuestos del Estado, entre otras funciones (PNUMA, 1999).

2.6.1 Marco legal

Constitución Política de la República de Guatemala

El principal marco legal en Guatemala es la Constitución Política de la República de Guatemala; esta rige y debe regir (entre muchas otras acciones), las acciones ambientales del país, los desechos sólidos, ya que la Constitución dice en el artículo 253 como también el Código Municipal, Decreto 12-2002 en el artículo 68 que compete a las municipalidades el establecimiento, regulación, y la atención de los servicios públicos locales, como también dice que deben ser partícipes en la promoción de la salud y el saneamiento ambiental; también el artículo 97 de la Constitución obliga al Estado, municipalidades y habitantes del territorio

guatemalteco a velar por el desarrollo social y equilibrio tecnológico para prevenir el deterioro ambiental en el país (IARNA, 2012).

Ley de protección y Mejoramiento del Medio Ambiente

Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente emitido en el año de 1986 en este se expresa que la protección y mejoramiento del medio ambiente es pieza clave para lograr un desarrollo social y económico en el país de manera sostenible (Congreso de la República de Guatemala, 1986).

El artículo 8 del mismo dice que para todo tipo de obra, proyecto, industria o actividad que por sus características sea un riesgo para el medio ambiente previamente a su desarrollo debe realizar una evaluación de impacto ambiental y en caso de omitir dicho mandato la persona responsable será acusada de evadir deberes y será sancionado (a) con una multa de Q.5,000.00 a Q.10,000.00 de no cumplirse el requisito de la evaluación de impacto ambiental, la actividad o negocio que se esté realizando, será clausurada mientras no cumpla con el requisito de dicho artículo.

El artículo 38 dice que las Municipalidades de Guatemala deben hacer caso a las normas que dicte el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (Congreso de la República de Guatemala, 1986).

Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos

La finalidad de esta política, es que tanto el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, (MARN) y la Comisión Nacional para el Manejo Integrado de Desechos Sólidos, (CONADES) asuman las responsabilidades que les compete en el manejo integral de los residuos y desechos sólidos, como también brindar apoyo a las municipalidades.

Entre los objetivos de la política, se destacan: la reducción en los niveles de contaminación ambiental producidos por los desechos sólidos y que así Guatemala sea un país más limpio y ordenado.

También se destaca una serie de objetivos enfocados al área política, social, económica, ambiental y salud; los cuales buscan que las instituciones competentes en el tema de los desechos sólidos cumplan con su deber, cambio de hábitos en la población, propiciar valoración económica a los residuos de los servicios de recogida, lograr la creación de instrumentos económicos que estén destinados a la mejora de las condiciones de producción y manejo de los desechos sólidos (Presidencia de la República, 2005).

Para esto la política está dividida en secciones, denominadas programas, estos son las áreas de acción de la política; entre las cuales destacan:

Principios y valores de la política:

El desarrollo sostenible es el eje central de los principios de esta política, seguido por la responsabilidad, ya que esta es necesaria para un manejo integral de los residuos y desechos sólidos eficiente, donde toda persona tiene el derecho de vivir en un ambiente adecuado para su bienestar y desarrollo.

Un principio que cabe resaltar es que el que contamina paga, la persona, entidad o empresa que genere desechos debe pagar el costo del manejo externo de los integral de estos y si se cometieran daños, debe pagar por cada uno de estos.

Cuando haya peligro de daño grave o irreversible contra el medio ambiente, la molestia causada es suficiente motivo para que las autoridades competentes tomen cartas en el asunto, con el fin de prevenir desastres mayores y así proteger el medio ambiente (Presidencia de la República, 2005).

Programas de diseño de la política:

Entre estos se destaca el fortalecimiento de la institucionalidad, lo que busca la plena funcionalidad de las instituciones relevantes que inciden el manejo integral de los desechos sólidos, sean públicos, privados o sociales. También se destaca el fortalecimiento de la capacidad institucional municipal, donde las capacidades municipales son reguladas y donde se aclara que acciones competen a estos

entes, la más importante es la generación de una cultura de pago por parte de la población (Presidencia de la República, 2005).

Construcción de infraestructura:

En esta acción se plantea el incentivar a la construcción de infraestructura acorde al manejo intermedio u final de los desechos sólidos.

Educación social urbana y social:

En esta sección se resalta hacer consiente a la población (productores y consumidores) de los efectos ambientales de su propio actuar y así reforzar el compromiso de cambio de hábitos negativos para el ambiente y la salud (Presidencia de la República, 2005).

Reglamento de limpieza y saneamiento ambiental para el municipio de Guatemala

La Municipalidad de Guatemala cuenta con el “Reglamento de limpieza y saneamiento ambiental para el municipio de Guatemala”, según el Acuerdo Municipal del 4 de enero de 1982, en los artículos 1, 4 y 6 se le asigna a la Municipalidad de Guatemala la función de prestar los servicios de limpieza, de las calles de la ciudad, aseo, barrido, recogida, disposición final, control técnico de los desechos sólidos en rellenos sanitarios y el tratamiento de los mismos (CEMAT, 2003).

El artículo 5 del mencionado Acuerdo Municipal dice que al Alcalde le corresponde velar por el cumplimiento del reglamento y el Departamento de Limpieza de la Dirección General de Servicios debe ejecutar programas de salubridad acordados por la Municipalidad (PNUMA, 1999).

El artículo 8 del mismo reglamento dice que es obligación de centros comerciales, edificios de oficinas y apartamentos y restaurantes, contar con contenedores que tengan gran capacidad de almacenaje para los desechos sólidos (CEMAT, 2003).

El artículo 20 hace mención a que el almacenamiento de desechos sólidos en instituciones públicas o privadas y demás lugares que produzcan desechos será aprobado por el Departamento de Limpieza Municipal; las instituciones que no cumplan con los requisitos exigidos serán consignados al Juzgado de Asuntos Municipales (PNUMA, 1999).

Sobre la disposición final de los desechos sólidos el capítulo VII, en el artículo 48 hace saber que el sitio autorizado por la Municipalidad de Guatemala para la disposición final de los desechos sólidos es el Relleno sanitario de la zona 3 y 7 y otros que sean designados por dicha autoridad, los sitios que no estén autorizados por la municipalidad serán considerados como “botaderos clandestinos ilegales” y la persona o personas que hicieran uso de estos sitios cometen faltas graves ante el Reglamento de limpieza y saneamiento ambiental para el municipio de Guatemala, Código de Salud de Guatemala y Código Penal de Guatemala, entre otros (CEMAT, 2003).

Código de salud

El artículo 38 dice que las municipalidades de Guatemala deben acatar las normas dictadas por El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MINSAL en todo lo relacionado a servicios de limpieza, tratamiento, recolección y disposición de desechos sólidos (PNUMA, 1999).

La sección IV del Código de salud es especialmente para todo lo referente a los desechos sólidos, así pues, algunos de sus artículos se explican a continuación:

El artículo 102 es uno de los más importantes en la materia de desechos sólidos en el país, ya que dice claramente que las municipalidades tienen la responsabilidad de encargarse del servicio de recolección de desechos sólidos, tratamiento y disposición de los mismos; también se aclara que las municipalidades pueden disponer lugares para la disposición de los desechos sólidos o para la construcción de rellenos sanitarios con un dictamen y supervisión del Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

El artículo 103 trata sobre la disposición de los desechos sólidos, hace saber que no es permitido arrojar desechos sólidos en cualquier lugar, solo en lugares autorizados, como también dice que estos no pueden ser arrojados donde se afecte a la población, su salud y al ornato o al paisaje; con relación a la disposición, el artículo 104 hace saber que si el Ministerio de Salud encontrara sitios que no cumplan con los requisitos del Código de Salud, los desechos sólidos contenidos en el lugar deben ser transportados a otros sitios que llenen los requisitos establecidos en dicho Código.

El artículo 105 hace saber que los propietarios de predios, sitios o espacios abiertos (terrenos) deben cercarlos y mantenerlos libres de desechos sólidos, malezas o aguas estancadas y que las Municipalidades son el ente encargado de hacer cumplir dicho artículo (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

2.6.2 Marco institucional

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

En Guatemala una de las principales instituciones y con mayor importancia a nivel ambiental es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, el decreto No. 90-2000, reformado por el decreto 114-97, origina a dicho ministerio (MARN, 2003).

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) está para ejecutar y hacer cumplir políticas respectivas a su área, proteger y prevenir el deterioro del medio ambiente como también prevenir la contaminación del medio ambiente.

Las principales funciones del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN son:

- Formular la política de conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente y ejecutar dicha política con las autoridades que competen respecto al tema.
- Juntamente con el Ministerio de Educación diseñar una política nacional de educación ambiental y velar por que esta misma se cumpla.

- Hacer cumplir las normativas de control y supervisión del ambiente y recursos naturales cuidando la seguridad humana y ambiental.
- Aprobar Evaluaciones de Impacto Ambiental y así prevenir el deterioro del medio ambiente e imponer sanciones cuando el caso así lo requiera (MARN, 2003).

CONADES

Anteriormente era el Consejo Nacional para el manejo de los Desechos Sólidos (CONADESCO), pero el acuerdo gubernativo No. 234-2004 lo sustituyó por la Comisión Nacional para el Manejo Integrado de Desechos Sólidos, (CONADES); este es el órgano encargado de consultar y asesorar políticas nacionales de desechos sólidos; esta división trabaja juntamente con representantes del sector público y privado; funciona como una división del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, (MARN); la función primordial de CONADES es la coordinación intersectorial e interinstitucional de organismos de estado y públicos que desarrollen programas relacionados con los desechos sólidos (ONU, 2006).

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

Tiene como misión central garantizar el derecho a la salud de todos los ciudadanos guatemaltecos, gobernando al sector salud del país, mediante la conducción, coordinación y regulación de los servicios de salud en Guatemala.

Según el Decreto 114-97 “Ley del Organismo Ejecutivo” las funciones del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social respecto a los desechos sólidos son formular y dar seguimiento a políticas y planes de salud pública y proponer una normativa de saneamiento ambiental, como también vigilar la aplicación de dicha normativa (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

2.7 Antecedentes

En investigaciones anteriores dentro de la Universidad Rafael Landívar el ingeniero López (2013) realizó la caracterización de los edificios M, J, L, O, H, área de cafetería y Tecnológico Landívar en el primer ciclo de estudios del año 2009. La caracterización que se realizó en ese periodo permitió conocer la

cantidad de desechos sólidos que se generan en los puntos anteriormente mencionados, el tipo de desechos sólidos que se generan, los tipos predominantes en peso y volumen por puntos. Basándose en los resultados obtenidos de su estudio López generó una propuesta de manejo de los desechos sólidos proponiendo alternativas de uso que mejor se acoplaran a las capacidades de la Universidad.

López, en su investigación, utilizó el método de cuarteo con el cual determinó por medio de fórmulas el volumen de desechos, peso, densidad y generación per cápita de los puntos que estudió. Además, determinó las posibles respuestas a las variaciones de cantidades encontradas en diferentes puntos de muestreo.

Para López el edificio donde más desechos sólidos se generaron durante el estudio fue el edificio H, con un total de 500 kg de desechos sólidos por semana y por día un promedio de 84 kg; además concluyó que el tipo de desecho sólido que más se generó fue el papel, con un total de 22.22 kg semanales, debido a que es un edificio donde se realizan en su mayoría labores de oficina. Además López determinó que el volumen obtenido en el edificio H se debe entre las causas más sobresalientes que la cafetería está contenida dentro del mismo edificio. Entre los edificios de mayor generación de desechos sólidos en segundo lugar está el TEC, el cual durante su estudio generó 301 kg semanales y 50 kg diarios de desechos sólidos en promedio; López establece que esto fue debido a que el área de cafetería de este edificio es mayor a la del edificio H y hay más espacios de estar, además de tener en sus instalaciones laboratorios de computo. En tercer lugar López concluyó que el edificio M genera 322 kg de desechos sólidos por semana teniendo siempre la tendencia que el papel es el tipo más producido. Además López concluyó que la ubicación de dicho edificio influye en la generación de desechos sólidos ya que está próximo al parqueo 4 (López, 2011).

En otro estudio realizado en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar, el arquitecto Passarelli (2007) realizó un estudio donde clasificó todas las áreas de desechos sólidos de las facultades del Campus Central de Universidad Rafael Landívar, como también el funcionamiento del tren de aseo en la misma.

Determinó que cada facultad y oficina administrativa clasifica el papel por fines económicos, para la venta del material para reciclaje, ahorro en el consumo y así reducir el gasto del mismo. Así mismo, determinó que materiales como latas de aluminio y envases de vidrio son separados de todos los desechos sólidos producidos en el campus por parte del personal de mantenimiento para la reventa del mismo.

Además determinó que la unidad de salud y laboratorios de las facultades de Medicina y Ciencias Ambientales y Agrícolas, como también laboratorios Concalidad tienen un convenio de recolección de desechos sólidos de tipo especial con la compañía ECOTERMO. Los desechos sólidos bioinfecciosos son depositados en el bote que les corresponde que es de color rojo el cual está debidamente identificado.

Pasarelli determinó que las medidas del basurero general del Campus Central de Universidad Rafael Landívar son de 3.60 metros de largo, por 1.20 metros de ancho, por 1.20 metros de profundidad. A la vez, realizó cálculos donde determinó la capacidad total del basurero general del Campus Central el cual es de 8.64 metros cúbicos. Además diseñó un plano donde propuso 6 rutas de recolección para los desechos sólidos dentro del campus (Passarelli, 2007).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Definición del problema y justificación del trabajo

La generación de desechos sólidos aumenta diariamente debido al acelerado incremento en el consumo por parte de las personas, actividades domésticas e industrias, lo cual es un problema serio. Parte de la solución a este problema es que el ser humano debe centrarse en generar la mínima cantidad de desechos sólidos posibles con la finalidad de reducir el consumo de materias primas y por ende reducir la explotación de los recursos naturales para proteger y asegurar la existencia de los mismos (IARNA, 2009).

Guatemala no se queda exenta a esta masiva generación mundial y aporta casi dos millones de toneladas anuales de desechos sólidos al ambiente.

El departamento de Guatemala genera la tercera parte de la basura total del territorio nacional; la generación diaria de desechos sólidos está estimada en 4,242 toneladas y el 54% se produce en áreas urbanas.

Se ha detectado que el crecimiento poblacional es una fuerza impulsora del aumento de la generación total de desechos en el país (IARNA, 2006) (MARN, 2007).

En el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar la población estudiantil, personal administrativo y docente sigue el mismo patrón de crecimiento poblacional que el país. Sin ir muy lejos, el número de estudiantes en el Campus Central en el año 2009 era de 11,529 respecto a los 15,700 estudiantes inscritos en el primer ciclo de 2014 (Cubos estadísticos URL, 2014). Esta situación por ende se refleja en el incremento de la generación de desechos sólidos en la institución. Según López, el total de desechos sólidos generados dentro del establecimiento en el primer ciclo de 2009 fue de 1,775.72 kg/semana y en promedio se generaron 50 kg de desechos sólidos por día en cada uno de los edificios contabilizados. Dicha generación afecta a los recursos naturales del país ya que los desechos sólidos producidos en el Campus Central tienen como destino el basurero de la zona 3, llamado “relleno sanitario”, que no es más que un botadero autorizado (López, 2011).

La caracterización realizada con anterioridad no abarcó todos los edificios y además no incluyó los laboratorios donde podrían encontrarse desechos no municipales, es decir desechos de tipo no ordinario (guantes de latex, reactivos, herramientas, etc.). La información obtenida en la investigación anterior brindaba información de la generación de desechos de ciertos edificios. No se podía pensar en una generación total del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.

Por esta razón, surge la necesidad de conocer las características de los desechos sólidos que se generan en la Universidad (cantidad, tipo, etc.). Esto permitirá determinar acciones al respecto y proponer un plan de manejo en donde los beneficiados primordialmente sean los alumnos; ya que estos aprenderán sobre la importancia del valor de materiales de desecho; y como segundo beneficiado, será el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar con la imagen que tanto se desea alcanzar; ser un campus sustentable. A la vez, cumplir con los objetivos de ser una universidad con valores, dando el ejemplo a otras instituciones y personas. Además, la comisión de Campus Sustentable, el departamento de infraestructura y mantenimiento, como también la unidad de Responsabilidad Social Académica (RSA) tendrán a su disposición la caracterización de todo el Campus Central, con datos verídicos, los cuales serán de ayuda en futuras gestiones de manejo de los desechos. Es de importancia que en la Universidad se enseñe a los alumnos que los recursos naturales son limitados, ya que estos escasean cada vez más para satisfacer las necesidades cotidianas de las personas.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Generar una propuesta de gestión y manejo adecuado de los desechos sólidos, dentro del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.

4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la composición de los desechos sólidos generados en todos los edificios del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.
- Determinar la cantidad de desechos sólidos que se generan en todos los edificios del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.
- Proponer un plan que permita un manejo integral de los desechos sólidos que se generan en el Campus Central.

V. METODOLOGÍA

5.1 Ambiente (lugar de trabajo)

La investigación se hizo en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar, ciudad de Guatemala (ver figura 3). En específico, todos los edificios del Campus. La ubicación geográfica del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar es latitud norte $14^{\circ} 35' 27''$ a $14^{\circ} 35' 56''$ y longitud oeste $90^{\circ} 28' 52''$ a $90^{\circ} 29' 21''$.



Figura 3. Ubicación del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar (Google Maps, 2015).

5.2 Unidades de análisis

El principal sujeto a analizar fueron los desechos sólidos generados en todos los edificios del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.

5.3 Tipo de investigación

Esta investigación corresponde al tipo descriptiva, se realizaron caracterizaciones para conocer la composición y cantidad de los desechos sólidos generados en todos los edificios del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar y en base a los resultados obtenidos se planteó una propuesta para el mejoramiento en la gestión de los mismos. Como documento de apoyo se utilizó la información generada en el trabajo de tesis del ingeniero Jorge López para los edificios M, J, L, O, H, área de cafetería y Tecnológico Landívar y se generó nueva información para los edificios A, B, C, D, E, F, G, Q, P, TEC Landívar, M, J, L, O, H y área de cafetería.

5.4 Instrumentos

Se realizaron mediciones físicas de peso utilizando una balanza, un tonel, y fórmulas de volumen y peso. Se utilizaron guantes y mascarillas como protección física durante todo el proceso de caracterización, como también un plástico de dos metros por cuatro metros, ancho y largo (2m x 4m) para proteger el suelo vegetal y bolsas plásticas para los desechos sólidos trabajados.

Como documento de apoyo se utilizó la información generada en el trabajo de tesis del ingeniero Jorge López para los edificios M, J, L, O, H, área de cafetería y Tecnológico Landívar. Se realizó una caracterización de la basura generada en todos los edificios del Campus Central.

5.5 Procedimiento

5.5.1 Consulta documental

Se consultaron libros de conocidos autores expertos en el tema como Tchobanoglous; se realizaron visitas a las diversas bibliotecas de las universidades de la ciudad capital de Guatemala, se consultaron revistas científicas, manuales universitarios internacionales, documentos del Programa de

las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), del Programa Regional sobre el Manejo de los Desechos Sólidos para los Pequeños Municipios en Centroamérica (PREMADES), se consultaron diversas publicaciones del Instituto de Agricultura y Recursos Naturales (IARNA). Se utilizaron datos generados con anterioridad de previas caracterizaciones de desechos sólidos en el Campus Central de Universidad Rafael Landívar, entre otras fuentes importantes de información nacional e internacional.

5.5.2 Fase de campo

Primera fase, Categorización

En esta etapa se definieron las categorías que iban a formar parte de la boleta de cuantificación del trabajo (ver anexo 1). Las categorías fueron escogidas siguiendo el principio de uniformidad que norma la definición de macroaproximaciones de una categorización.

Debido a que ya existen precedentes (tesis del ingeniero Jorge López) se mantuvieron las categorías y se aumentaron las subcategorías en función a los objetivos de este trabajo. Esto permitirá comparar los resultados de este estudio con los del trabajo anterior. En el cuadro 2 se observan las categorías y subcategorías que fueron utilizadas en este trabajo.

Cuadro 2. Categorías y subcategorías de clasificación de desechos.

Papel y cartón	Papel y cartón no contaminado
	Papel y cartón contaminado
Plástico	PET
	Bolsas
	Plásticos otros
Aluminio	Latas
Orgánico	Restos de comida, verdura, fruta, etc.
No clasificable	Duroport
	Tetrabrick
	Snacks
	Bolsitas de Ketchup
	Otros

Cabe mencionar que la boleta generada fue presentada a la unidad de Responsabilidad Social Académica (RSA) y actualmente es considerada la boleta oficial de cuantificación de desechos. Actividad que esta unidad, organiza en algunos cursos para concientizar del problema de los desechos en el país.

La subcategoría de papel y cartón no contaminado fue diseñada con la finalidad de conocer cuánto papel y cartón en buenas condiciones llega al basurero de la zona 3. La subcategoría de papel y cartón contaminado, surge de la necesidad de conocer cuánto papel y cartón se contamina al estar revuelto con diferentes desechos en los botes de basura.

Para la categoría Plástico, se han creado tres subcategorías, estas tienen la finalidad de dar a conocer el consumo de plásticos en el Campus Central; para la subcategoría PET se deseaba conocer cuánta es la cantidad que se genera en un día en cada uno de los edificios del recinto. Para la subcategoría Bolsas se deseaba conocer cuánto es el aporte que los diferentes restaurantes y comercios ubicados dentro del recinto hacen a la generación de desechos de la institución. En la subcategoría Plásticos otros, se deseaba conocer el valor de la generación de diferentes materiales de plástico que son generados dentro de la institución.

La subcategoría latas fue diseñada específicamente para conocer cuánta es la generación de latas de aluminio en un día dentro del Campus Central. De la categoría Orgánico, surge la subcategoría Restos de comida, verdura, fruta, etc. Esta subcategoría pretende dar a conocer qué cantidad de productos sobrantes de tipo orgánico son generados dentro del recinto, los cuales tienen como destino final el basurero de la zona 3.

Para la categoría No clasificable, fueron diseñadas cinco subcategorías con la función de conocer cuánto aportan en la generación de desechos las personas y restaurantes dentro de la institución a cada una de estas subcategorías.

Segunda fase, Caracterización

Se solicitaron los permisos con las autoridades del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar para trabajar con los desechos sólidos generados dentro de la institución. Se coordinó con las personas encargadas de limpieza que los desechos sólidos recolectados durante todo un día de cada área identificada fueran transportados y almacenados en un sitio específico que se encuentra al final del Estacionamiento 4 en las afueras del edificio Q.

Antes de iniciar el proceso de caracterización se obtuvo el equipo protector adecuado que constó de guantes de látex (gruesos para mejor protección), botas de hule, lentes protectores, mascarilla para prevenir partículas y salpicaduras.

Las caracterizaciones se realizaron del 29 de marzo al 26 de abril del año 2014, ya que es la fecha con mayor población estudiantil en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.

En el procedimiento de las caracterizaciones, se vertió todo el contenido de las bolsas de desechos de un área de estudio acumulados por un día en un plástico de dos metros por cuatro (2m x 4m). El uso del plástico fue para prevenir el vertido de lixiviados al suelo vegetal. De acuerdo a las categorías y subcategorías definidas en la boleta de caracterización, los materiales se clasificaron en bolsas limpias. Al concluir las caracterizaciones los desechos fueron llevados al contenedor correspondiente de desechos sólidos en la institución.

Las caracterizaciones se realizaron al siguiente día después de la acumulación en el espacio destinado. Esto para evitar la propagación de vectores y mal olor.

Determinación de peso y porcentaje en peso

Por categorías

Realizada la separación de desechos por subcategorías de un edificio a estudiar, se pesó cada bolsa y se encontró el valor de peso de cada subcategoría. Se realizó este procedimiento en los 15 edificios del Campus Central.

Una vez obtenidos los valores de peso de cada subcategoría, de cada edificio se procedió a determinar el total en peso de cada subcategoría. Esto se refiere a la sumatoria de las subcategorías de cada edificio. Esto para identificar cuál es la subcategoría que más se genera en la Universidad.

También se determinó el porcentaje del total de cada subcategoría, para saber en porcentajes cuánto aporta cada subcategoría al total (100%) de desechos que se producen en la Universidad. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

Porcentaje del total en peso de cada subcategoría (%) =

$$\frac{\sum p_i}{pt} \times 100$$

p_i = Sumatoria de peso de una subcategoría (de todos los edificios)

pt = Peso total (sumatoria del peso total de generación en la Universidad)

Para determinar el peso total de la generación en la Universidad en un día normal, (un día con asistencia regular de estudiantes, personal docente y administrativo), se sumaron los valores del total en peso de cada subcategoría generada en cada edificio.

Por edificios

Obtenidos los valores de peso de cada subcategoría en los edificios se determinó el total en peso de cada edificio. Es decir, la sumatoria de las subcategorías en un edificio; esto se aplicó para cada edificio, con el propósito de saber qué edificio genera más desechos en la Universidad.

También se determinó el porcentaje del total de cada edificio para saber en porcentaje cuánto aporta cada edificio al total (100%) de desechos que se producen en la Universidad. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

Porcentaje del total en peso de cada edificio (%) =

$$\frac{\sum p_i}{pt} \times 100$$

p_i = Sumatoria de peso de un edificio (de todas las subcategorías)

p_t = Peso total (sumatoria del peso total de generación en la universidad)

Determinación de volumen y porcentaje en volumen

Por categorías

Para su determinación se requiere de una balanza digital y un tonel. La balanza digital permite determinar el peso del tonel, dato a utilizar en la determinación.

La siguiente fórmula es utilizada para tal efecto:

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

Como puede verse en la figura 4, la fórmula anterior se interpreta de la siguiente manera: Volumen es igual a la multiplicación de 3.1416 multiplicado por el radio al cuadrado por la altura.

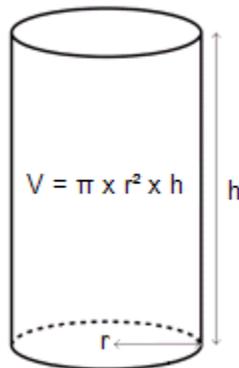


Figura 4. Obtención de volumen de un tonel.

Para hacer uso de la fórmula de volumen como primer paso se debe medir desde el suelo del tonel la altura del desecho contenido en este (subcategoría), seguido debe medirse el ancho del tonel y dividir el valor obtenido por dos para obtener el radio del cilindro. Teniendo estos datos se procede a sustituir los datos en la fórmula anterior.

Cabe mencionar que el volumen debe ser expresado en metros cúbicos (m^3).

Obtenidos los valores de volumen de cada subcategoría de cada edificio se procedió a determinar el total de volumen de cada subcategoría. Esto se refiere a la sumatoria de los volúmenes de las subcategorías de cada edificio. Con estos valores se determinó que subcategoría tiene un mayor volumen en la Universidad.

También se determinó el porcentaje en volumen del total de cada subcategoría para saber en porcentajes cuanto aporta cada subcategoría al volumen total (100%) de desechos que se producen en la Universidad. Para esto se utilizó la siguiente fórmula:

Porcentaje del total en volumen de cada subcategoría (%) =

$$\frac{\sum v_i}{v_t} \times 100$$

v_i = Sumatoria del volumen de una subcategoría (de todos los edificios)

v_t = Volumen total (Sumatoria del volumen total de generación en el Campus)

Por edificio

Con los valores de volumen de cada subcategoría en los edificios se determinó el total en volumen de cada edificio. Es decir la sumatoria de los volúmenes de las subcategorías en un edificio; esto se aplicó para cada edificio, con el propósito de saber en qué edificio hay mayores volúmenes de desechos en la Universidad.

Seguido se determinó el porcentaje en volumen del total de cada edificio para saber cuánto aporta cada edificio al volumen total (100%) de desechos producidos en la Universidad. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

Porcentaje del total en volumen de cada edificio (%) =

$$\frac{\sum v_i}{v_t} \times 100$$

v_i = Sumatoria de volumen de un edificio (de todas las subcategorías)

v_t = Volumen total (sumatoria del volumen total de generación en el Campus)

Determinación de la generación per cápita actual

Se procedió a determinar el promedio de generación de desechos sólidos per Cápita en la Universidad; para obtener dicho valor se utilizó la siguiente fórmula:

Generación per Cápita de desechos sólidos (GPC):

$$\text{GPC} = \frac{\text{sumatoria de kg totales recolectados}}{\text{Número total de estudiantes}} = \text{kg/estudiante/día}$$

Al obtener los valores de la generación per cápita, estos deben ser expresados así:

kg/estudiante/día que indican los kilogramos diarios que produce un estudiante en la Universidad.

Proyecciones de la generación per cápita dentro de 10 años

Se realizaron operaciones matemáticas para conocer el aumento en la generación per cápita que en diez años tendrá el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar. Se sabe que la población estudiantil tiende a aumentar cada año, y este incremento poblacional repercute directamente en la generación de desechos sólidos.

Determinación de la tasa de crecimiento anual

Se calculó la tasa de crecimiento poblacional anual (del año 2010 al año 2014) en el Campus Central, para esto, se utilizó la siguiente fórmula:

Antes, para dar efecto a la fórmula, debe conocerse la población de dos años: el año inicial y el año final.

En la fórmula siguiente, n indica el número de años entre población final e inicial, (del año 2010 al año 2014). Debe dividirse la población final e inicial para luego sacar la raíz cuadrada a este valor al que luego se le restará 1, el cual es una constante matemática.

$$TC = 100 \times \left(n \sqrt[n]{\frac{\text{Población final}}{\text{Población inicial}} - 1} \right)$$

Determinación de la población para el año 2024

Se realizó una proyección de la población del Campus Central a diez años. Para encontrar este valor se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Población 2024} = P_o \cdot (1+r)^n$$

La fórmula anterior se describe de la siguiente manera: P_o indica el año 2010, 1 indica el año que se desea saber (2024), r corresponde al porcentaje obtenido en la tasa de crecimiento anual. El valor de n corresponde a 10, este valor son los años que desea conocer el valor final, en este caso el año 2024.

Determinación de la GPC para el año 2024

Se realizó una proyección para la generación per cápita del año 2024 en el Campus Central, para tal efecto, se utilizó la siguiente fórmula:

$$GPC_{2024} = GPC_{\text{inicial}} + (GPC_{\text{inicial}} \cdot 0.1)$$

Determinación de la generación total para el año 2024

Para lograr tal efecto se realizó una operación matemática simple,

$$GT_{2024} = GPC_{2024} \cdot \text{Población estudiantil 2024}$$

5.6 Análisis de la información

Realizados los pasos anteriores descritos en la fase de campo se procedió a estudiar e interpretar todos los valores obtenidos y se plantearon opciones para un manejo adecuado de los desechos sólidos en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las actividades realizadas dentro del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar son variadas, tales como: docencia, labores de oficina, deportes, jardinería, manualidades, herrería, cocina, etc. Cada actividad realizada dentro de la institución genera desechos sólidos. Durante este estudio la generación total de desechos en la institución fue de 509.25 kilogramos (1,120.35 libras), en lo que corresponde a un día normal de actividades en la Universidad, donde haya afluencia normal de estudiantes, personal docente y administrativo (ver anexo 2 y 3).

6.1 Actividades de valorización de materiales en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar

6.1.1 Reciclaje de papel

En el Campus Central de la institución, en el área de oficinas, hay basureros destinados para la recuperación de papel y cartón de desecho, de parte de Recickla. Esta es una iniciativa de parte de Kimberly Clark, empresa que se dedica a la producción de papel y cartón a base de material para el reciclaje.

Durante el periodo en el que se realizó el estudio de este trabajo, en el Campus Central se estuvo trabajando con RED ECOLÓGICA, (una empresa con características similares), que recolectaba el papel y cartón de descarte generado dentro de la institución proveniente de oficinas y departamentos, con el propósito de producir papel y cartón de diversas clases.

6.1.2 Compostaje

Los invernaderos San Ignacio, (ubicados al final del Estacionamiento 4), están destinados para la producción hortícola de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. A un costado de los invernaderos hay tres lombricomposteras de las cuales una se encontraba en uso en la fecha que se realizó el presente estudio. Los desechos generados en los invernaderos son llevados a la lombricompostera que se encuentra en uso, estos se utilizan para la producción de lombricomposta

de lombriz coqueta roja, *Eisenia foetida*. El cual luego es utilizado en cultivos de dicho invernadero.

6.2 Peso de desechos generados en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar

En la figura 5 se observa el tipo de desechos que más se genera en el Campus Central; como puede verse claramente, el 48.88% de los desechos que se generan en la institución corresponden a papel y cartón contaminado, siendo éste el desecho de mayor generación en todo el Campus. En un día normal de actividades en la Universidad, es decir un día con asistencia de estudiantes, catedráticos, personal docente y administrativo, la generación de esta categoría corresponde a 248.90 kilogramos (547.58 lb). Esto principalmente se debe a la utilidad que tienen estos materiales en múltiples actividades de la Universidad; entre estas destacan estudios, empaque de productos, afiches, etc. Esta situación demuestra claramente que se trata de una institución educativa.

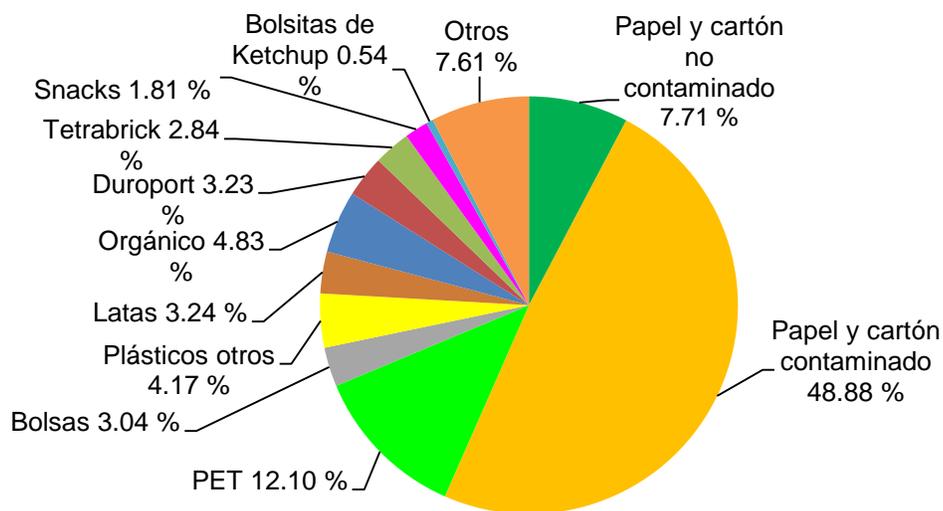


Figura 5. Composición de desechos generados en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar por peso.

Cuando las hojas, tareas, cuadernos, afiches y papelería en general se desechan, éstos se mezclan con los diferentes desechos contenidos en los botes de basura, por lo cual su estado apto para el reciclaje queda totalmente anulado. Esta situación podría evitarse si en la Universidad existiera una separación en fuente

clara y seria. En este sentido, al realizar las caracterizaciones en cada uno de los edificios del Campus, se observó que aproximadamente un 74.72% de los 248.90 kilogramos (547.58 lb) de desechos de papel y cartón no contaminado generados en la institución, podrían entrar nuevamente a su ciclo de vida y no terminar en el basurero de la zona 3; aunque no todo el material generado es reciclable; por ejemplo; empaques de comida sucios, vasos, servilletas, etc.

En las caracterizaciones se observó papelería en buenas condiciones, la cual estaba mezclada con desechos múltiples contenidos en las bolsas de desechos que llegan al basurero general del Campus. Al no estar presente RED ECOLÓGICA, (ahora Recikcla), en todas las áreas de la Universidad, el papel y cartón pasan desapercibidos y son enviados al basurero de la zona 3. RED ECOLÓGICA (Recikcla) es una iniciativa que es desconocida para la mayoría de estudiantes del Campus y por este motivo es desaprovechada por ellos, ya que únicamente trabaja en oficinas dentro de la institución.

Si se compara la generación de desechos del año 2009 con la del 2014, (analizando únicamente los edificios M, L, J, H, O y TEC), se observa que la generación ha aumentado. En la figura 6, se observa que en el año 2014 la generación de desechos en estos edificios fue mayor comparada con la generación del año 2009. En comparación con la generación del año 2009, en el año 2014, la generación de desechos sólidos aumentó un 38.70%. El aumento en la generación de desechos está influenciado por el crecimiento estudiantil. Para el año 2009 la población estudiantil era de 12,338 estudiantes teniendo una generación per cápita de 0.025 kg/estudiante/día (0.11 lb/estudiante/día), mientras que en el primer semestre del año 2014 el número de estudiantes fue de 15,700 con una generación per cápita de 0.028 kg/estudiante/día (0.012 lb/estudiante/día, tomando en cuenta únicamente a la población estudiantil del Campus Central); cabe mencionar que el crecimiento de población en estos cinco años (2009 a 2014) fue de 3,362 estudiantes, lo cual puede ser que haya influido en el aumento de la generación de desechos dentro del Campus Central de la institución.

En la figura 6 puede observarse claramente que el único edificio donde la generación disminuyó con respecto a la caracterización del año 2009, fue el edificio O. Esto puede deberse a que es un edificio donde la mayoría de espacios, son utilizados como oficinas y cuenta con pocas aulas destinadas a la docencia de cursos para estudiantes, esto demuestra que en este edificio la presencia de RED ECOLOGICA (Recikcla) ha sido efectiva, debido al enfoque que se le da al edificio.

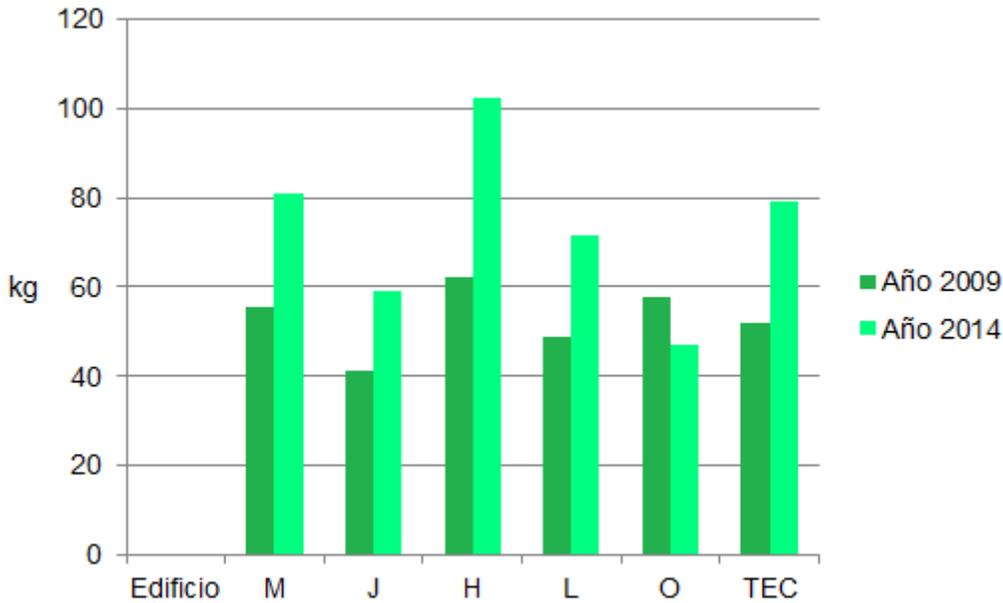


Figura 6. Generación de desechos Campus Central año 2009 vs 2014.

En la figura 7 se observa el porcentaje con el que aporta cada edificio de la Universidad a la generación de estos 509.25 kilogramos (1,120.35 lb). Como se observa, el edificio H es aquel edificio en la Universidad donde se genera la mayor cantidad de desechos. En un día este genera el 20.15% de los desechos en la institución, lo que en peso tiene un valor de 102.59 kilogramos (225.69 lb).

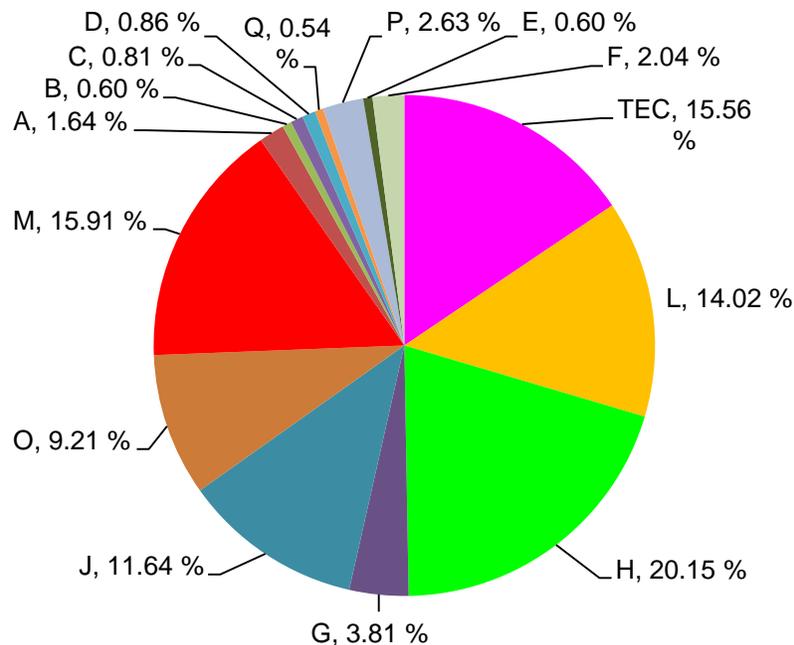


Figura 7. Porcentaje de generación de desechos por edificios en el Campus Central, de acuerdo al peso.

La alta generación de desechos en el edificio H es debido a la función que se le da al edificio. Es un espacio que brinda servicios, entre éstos se destaca el área de restaurantes y cafetería, siendo éste el punto central de encuentro y consumo de alimentos en la institución.

En la figura 8 se observa que los desechos de mayor generación en este edificio son: papel y cartón contaminado 53.43 kg (117.54 lb), PET 13.48 kg (29.65 lb) y Duroport 7.84 kg (17.24 lb). Cabe mencionar que el peso del que se habla corresponde a un día de generación. Como se puede ver, la generación de estos desechos está relacionada directamente con el tema de alimentos y bebidas consumidos en el área de cafetería generando desechos provenientes de materiales altamente empleados en la industria de alimentos.

En la figura 7 se observa que el edificio M ocupa el segundo lugar en generación. En este edificio se generó el 15.91% de desechos sólidos; mientras que el edificio TEC ocupa el tercer lugar de generación con el 15.56% de desechos de la generación total del Campus.

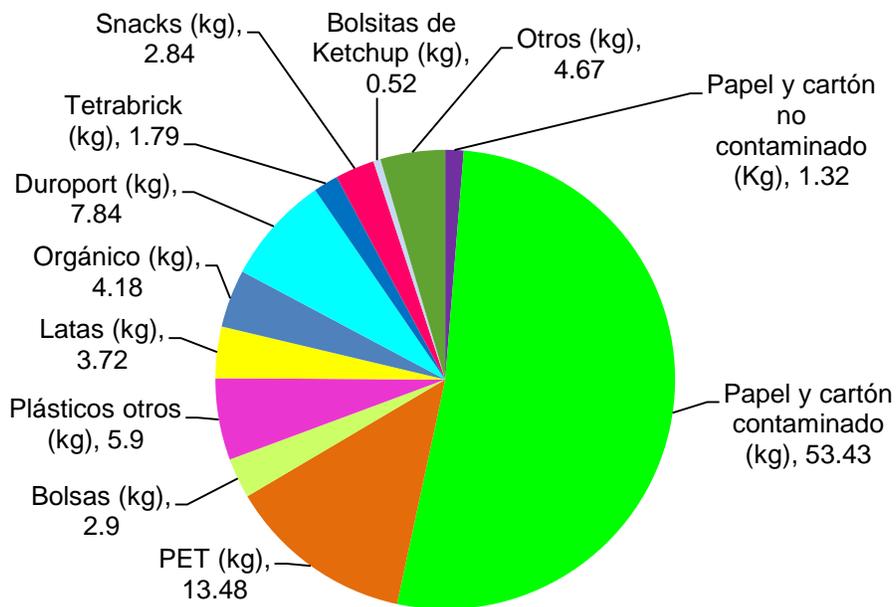


Figura 8. Porcentaje de generación de desechos en el edificio H, de acuerdo al peso.

El edificio M y TEC contribuyen en gran manera a la generación de papel y cartón contaminado, PET y papel y cartón no contaminado (figura 9 y 10).

La generación de desechos en el edificio M, segundo lugar en mayor generación en la institución, se atribuye a que en la planta baja, donde popularmente se le conoce como “el peladero”, es un área concurrida por los estudiantes para platicar y consumir alimentos. Además, a un costado de este edificio, está situado el Estacionamiento 4, punto de entrada y salida de parte de estudiantes, ya sea que salgan o ingresen, éstos depositan desechos en los basureros de este edificio.

En el caso del edificio TEC, la generación se atribuye a que éste es un edificio separado del área de edificios interconectados como el M, J, L. Por la distancia que el edificio tiene del área de restaurantes y su concurrencia, se ha observado que muchas personas optan por llevar los alimentos comprados en el área de restaurantes del edificio H, consumirlos en el edificio TEC cuya concurrencia es menor, y luego verter los desechos en los basureros de este edificio.

Otra causa que se atribuye a su alta generación es que a un costado de este edificio se ubican edificios y oficinas (A, B, C, etc.) que alimentan el flujo de personas al lugar. Además, en el TEC, hay servicios varios como impresiones y fotocopias, máquinas dispensadoras de alimentos y un pequeño restaurante.

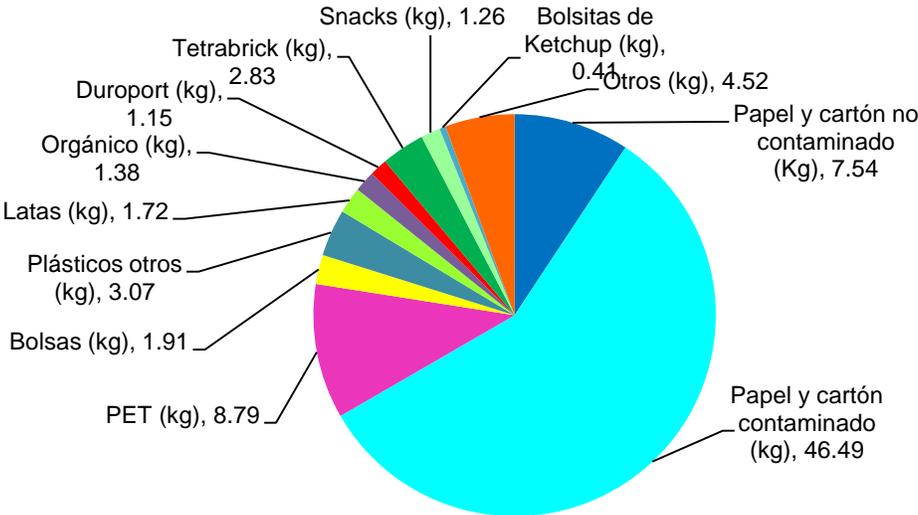


Figura 9. Porcentaje de generación de desechos en el edificio M, de acuerdo al peso.

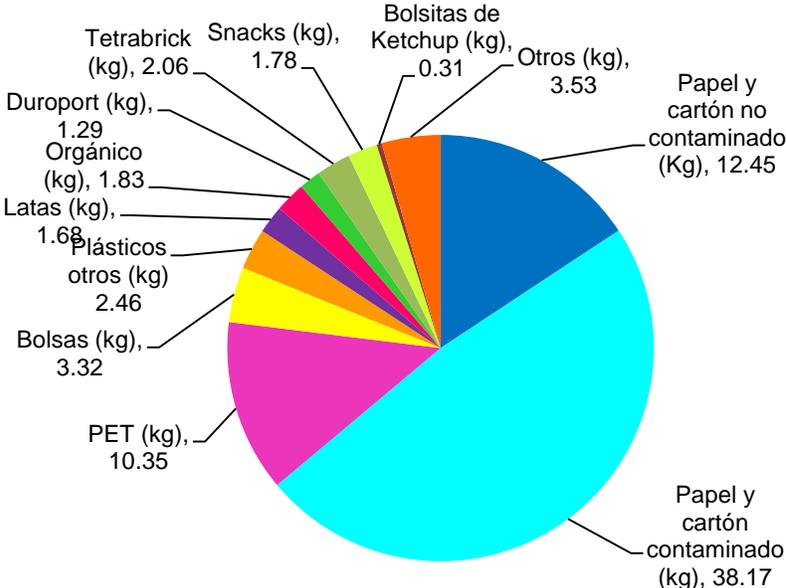


Figura 10. Porcentaje de generación de desechos en el edificio TEC, de acuerdo al peso.

Por otro lado, en términos totales, la caracterización realizada anteriormente en el Campus Central en el año 2009 dio a conocer que los desechos más generados en la institución eran papel, aluminio y plástico.

El patrón de generación se ha mantenido en esta caracterización realizada en el 2014, únicamente con el papel, ya que actualmente este es el desecho que tiene una mayor generación. Sin embargo, la cantidad generada del mismo aumentó significativamente en comparación a la caracterización anterior. En el año 2009, el peso del papel generado en una semana era de 109.36 kg (240.59 lb) y en el estudio actual la generación total de papel y cartón (contaminado y no contaminado), fue de 262.10 kg (576.62 lb) en un día (haciendo la comparación con la generación en los edificios M, J, L, H, O y TEC únicamente ya que fueron los únicos estudiados en aquel entonces). El aumento en la generación de papel puede deberse al incremento en la población estudiantil.

En el año 2009, los desechos de aluminio ocupaban el segundo lugar en generación; actualmente el segundo desecho de mayor generación es el PET con una generación de 61.61 kg (135.54 lb) por día. El cambio de patrones de generación en estos dos desechos puede deberse al incremento en el precio de venta del aluminio versus el costo de venta de bebidas contenidas en envases de PET, teniendo estas un precio más accesible para los estudiantes y personal docente y administrativo.

El plástico era el desecho que ocupaba el tercer lugar de generación en el año 2009. Actualmente el papel y cartón no contaminado es el desecho que ocupa el tercer lugar en generación dentro del Campus. Esto puede deberse a la situación comentada anteriormente sobre el incremento poblacional dentro de la institución el cual influye sobre la generación de este tipo de desechos.

En la figura 11 se ve claramente que los edificios H, M y L son los que más contribuyen a la generación de papel y cartón contaminado, categoría de mayor generación en todo el Campus.

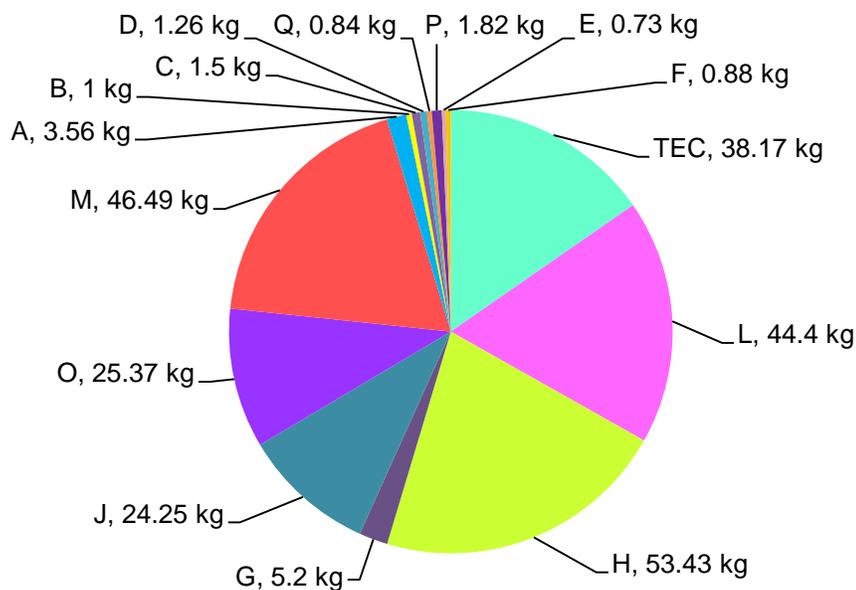


Figura 11. Generación de papel y cartón contaminado en los edificios del Campus Central, de acuerdo al peso.

En la figura 12 puede observarse que la mayor generación de PET está en los edificios H, TEC y M; categoría que ocupa el segundo lugar en generación en la institución.

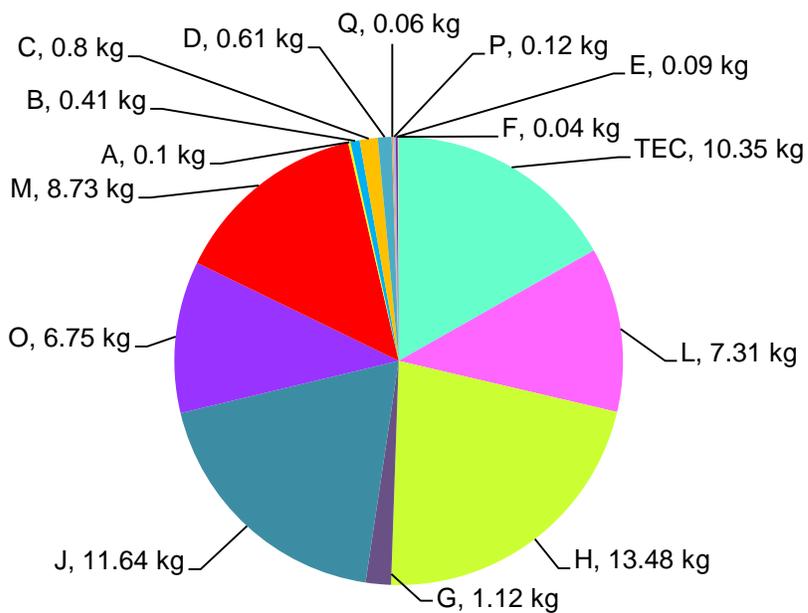


Figura 12. Generación de PET en los edificios del Campus Central, de acuerdo al peso.

Como se observa claramente en la figura 13, los edificios TEC, M y G son los edificios que tienen una mayor contribución en la generación de papel y cartón no contaminado, categoría que ocupa el tercer lugar de generación en todo el Campus.

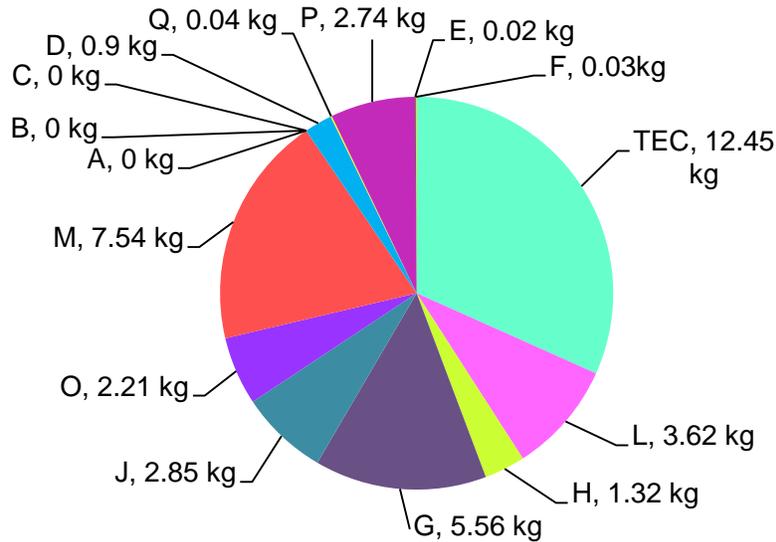


Figura 13. Generación de papel y cartón no contaminado en los edificios del Campus Central, de acuerdo al peso.

6.3 Volumen de desechos generados en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar

En la figura 14 se observa claramente que el desecho que ocupa mayor volumen en su eliminación en la Universidad es el papel y cartón contaminado. Del 100% que ocupan los desechos generados en el Campus, el 24.52% lo ocupa esta subcategoría, pues no solo es papelería (que hasta cierto punto es compacta), sino una gran parte corresponde a vasos, envoltorios de comida, servilletas, platos, cajas, etc. que en su descarte no tienen ninguna compactación y hacen que el volumen de este desecho sea mayor.

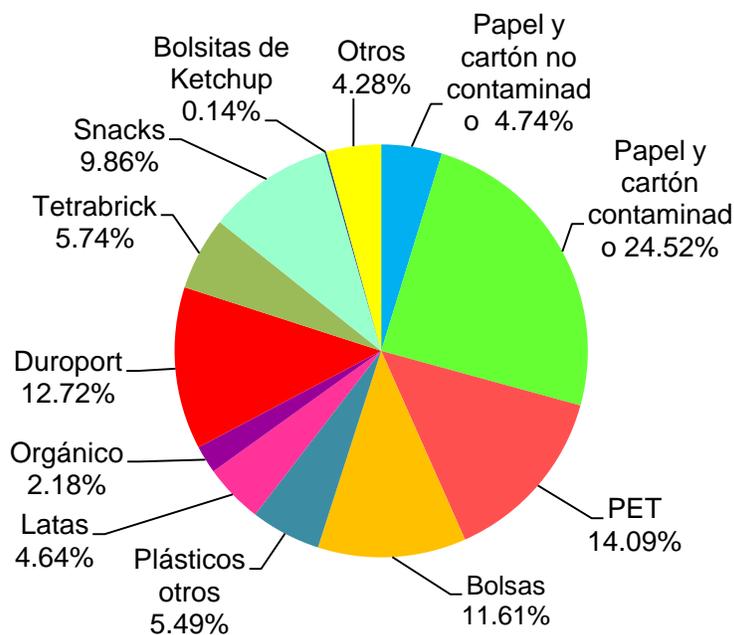


Figura 14. Porcentaje en volumen de desechos generados en todo el Campus.

A esto, le siguen el PET y el Duroport. Del 100% que ocupan los desechos generados en todo el Campus, 14.09% y 12.72%, corresponden a estas categorías respectivamente. Estos dos materiales tienden a presentar resistencia a la compactación debido a su composición química, razón por la cual tienden a ocupar un gran volumen en los basureros, reduciendo la capacidad de almacenamiento de desechos contenidos en los basureros.

En lo que se refiere a volumen de desechos generados por edificios (figura 15), el edificio H representa el 17.44% del volumen de generación de desechos dentro del Campus. Los desechos generados en este, en su mayoría son desechos que no se prestan a la compactación, lo cual aporta al volumen generado.

Los desechos generados en el edificio L ocupan el 15.44% de los desechos dentro de la institución. En este edificio destaca en volumen generado el papel y cartón contaminado. Esto se atribuye a que el L es un edificio que conecta directamente con el edificio J, el cual proviene de la cafetería y el volumen obtenido viene directamente de productos adquiridos en el área de cafetería y restaurantes. Cabe mencionar la presencia de un restaurante de nombre conocido que se ubica en la

planta baja del edificio L, el cual se dedica a la venta de café y crepas donde en los materiales de empaque se utiliza papel y cartón.

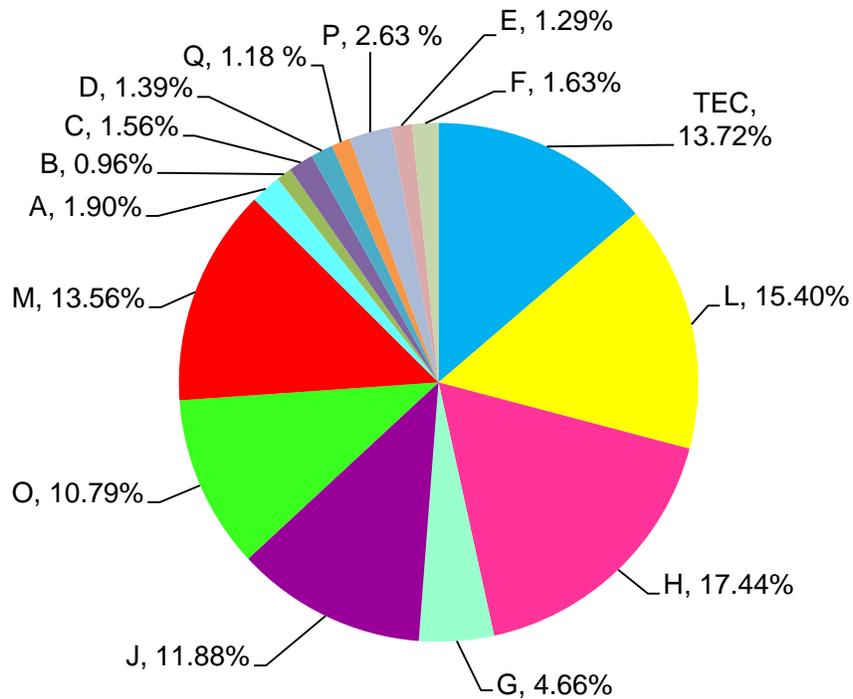


Figura 15. Porcentaje en volumen de generación de desechos por edificios en el Campus Central.

Como se ha mencionado con anterioridad, las caracterizaciones realizadas en cada uno de los edificios del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar, fueron realizadas una vez por edificio. Esto debido a la logística por parte del Departamento de infraestructura y mantenimiento, en el manejo de los desechos sólidos dentro del Campus, ya que la acumulación constante significaba un retraso en la eliminación de factores no deseados dentro del Campus (desechos sólidos), como también alteración al ornato del recinto.

Al no haber realizado repeticiones en la caracterización de los desechos sólidos generados en el Campus, da lugar a posibles fallos en los resultados obtenidos ya que los valores pudieron verse afectados por factores como afluencia regular o irregular de alumnos, tendencias de mercado, días festivos, actividades extraordinarias, promociones, estado económico de estudiantes, época del mes,

estado del tiempo, etc. estos factores pudieron interferir en el tamaño de la muestra estudiada y por ende alterar de una u otra manera los resultados de este estudio.

6.4 Determinación de la generación per cápita anual (GPC 2014)

Un estudiante en promedio dentro de la Universidad Rafael Landívar (Campus Central) genera diariamente 0.45 kg al día (1 lb).

$$GPC_{2014} = 509.25 = \frac{0.45 \text{ kg/estudiante/día}}{11,400}$$

6.4.1 Proyecciones de la generación per cápita dentro de 10 años

Determinación de la tasa de crecimiento anual

Población inicial: población del año 2010 (10,640 estudiantes)

Población final: población del año 2014 (11,400 estudiantes)

TC = tasa de crecimiento

$$TC = 100 \times \left(4 \sqrt[4]{\frac{11,400}{10,640}} - 1 \right) = 1.7\%$$

Del año 2010 al año 2014, la población estudiantil en el Campus Central creció un 1.7%

Determinación de la población para el año 2024

La proyección de población estudiantil, estima que para el año 2024 los estudiantes del Campus Central serán 13,493.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$11,400 * (1 + 0.017)^{10} = 13,493 \text{ Estudiantes.}$$

Determinación de la GPC para el año 2024

La generación per cápita estimada para el año 2024 es de 0.5 kg/estudiante/día (1.10 lb por estudiante al día).

$$\text{GPC}_{2024} = 0.045 + (0.045 * 0.1) = 0.5 \text{ kg/estudiante/día}$$

Determinación de la generación total para el año 2024

Se estima que para el año 2024 la generación total del Campus Central será de 674.65 kilogramos diarios (1,484.23 lb), esto representa un incremento en la generación de desechos de 165.40 kilogramos (363.88 lb) diarios dentro del Campus.

$$\text{GT}_{2024} = \text{GPC}_{2024} * \text{Población estudiantil}_{2024}$$

$$0.05 * 13,493 = 674.65 \text{ kg/día}$$

6.5 Limitantes al estudio

Los valores de la generación total de papel y cartón no contaminado en El Campus Central no representan el 100% de la generación de este material.

El papel y cartón generado en áreas de oficina, departamentos facultades, etc. no se tomó en cuenta para ser caracterizado, este material fue dispuesto a RED ECOLÓGICA (ya que existen acuerdos administrativos). Por lo que el valor total de generación por edificios no es real, es un estimado. No se sabe con exactitud cuánto es el valor total del peso y volumen de papel y cartón no contaminado que se genera diariamente en el Campus Central.

De igual manera, no se sabe cuánto es el valor total de la generación diaria de peso y volumen de latas de aluminio y vidrio, ya que estos materiales son aprovechados por el personal de limpieza del Campus (como un ingreso mensual extra), lo que pudo generar una fuga de materiales en la caracterización, este factor, altera los valores totales, esto repercute en los valores planteados en este estudio, dichos valores se representan como un estimado de la generación diaria de estos dos materiales.

6.6 Propuesta técnica de manejo de desechos sólidos en el Campus Central

Con base a los resultados obtenidos durante la caracterización realizada en el primer ciclo del año 2014 se plantea un programa cuyo objetivo principal se centra en la valorización de los desechos generados en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar a través de la institución de un programa de separación en fuente, que es lo que más va acorde al tipo de generación que se tiene. Esto permitirá, lógicamente, la reducción del volumen de los desechos sólidos que llegarán a un destino final, en el caso del Campus Central se refiere a la reducción de los desechos que irán a parar al basurero de la zona 3 de la ciudad capital, y que por ende, contribuye a reducir problemas que esta situación conlleva. Para lograr estos objetivos se debe también empezar a trabajar en la educación ambiental de alumnos, catedráticos y colaboradores pertenecientes a la institución.

6.6.1 Reducción de desechos

Existe la necesidad de implementar planes de reducción de desechos por parte de la institución, para lograrlo, debe haber políticas internas que establezcan límites en el uso de materiales con potencial de generar desechos. Actualmente los catedráticos tienen establecido un número mensual de impresiones y fotocopias para uso de docencia y labores personales, esto con la finalidad de reducir gastos de materiales y generar un menor volumen de materiales de desecho.

Otras medidas que se podrían implementar para lograr la reducción de desechos son:

Exigir a los alumnos el uso del portal en la entrega de trabajos; estos se podrían realizar y entregar en formato digital (exámenes, tareas, etc.). Así mismo el portal posee las herramientas para la elaboración de exámenes y pruebas cortas, lo cual reduciría mucho el consumo de papel. El papel aunque es reciclable, utiliza muchos recursos naturales en su fabricación y tiene un limitante grande en su reciclaje, puesto que cada vez el material producido es de menor calidad, el cual irá a los vertederos irremediablemente después de un tiempo.

En el tema de sanitarios, el uso de toallas de papel, según la consultora Environmental Resources Management, el promedio de uso es de 2 toallas por persona, estas podrían sustituirse por la implementación de secadores de aire en todos los baños del Campus Central; de preferencia aire frío ya que estos tienden a consumir menos energía y acumular menos bacterias. La energía que alimente estos aparatos podría ser a través de paneles solares instalados en la terraza de cada edificio (Álvarez, 2010).

Para los restaurantes ubicados dentro del Campus Central, se propone que estos NO utilicen recipientes de duroport al entregar los diversos alimentos que ofrecen, ya que el duroport es uno de los desechos más contaminantes y sin ninguna posibilidad de reciclaje. Se podría implementar el uso de vajillas lavables, y darle la opción a la clientela de llevar su propio plato o recipiente donde le sean servidos los alimentos y reducir en un porcentaje el valor en la compra, por ejemplo: ahorras 2 Quetzales en tu consumo al traer tu propio recipiente.

Un factor que es de importancia que sea implementado, es la reducción de bolsas plásticas en las compras. En las caracterizaciones realizadas, las bolsas plásticas fueron uno de los desechos con una presencia elevada y éste desecho no es reciclable y causa muchos problemas en los ecosistemas y a las especies. Los restaurantes y comercios ubicados dentro de la institución NO deben dar bolsa plástica para la entrega de sus productos.

En el tema de comercios ubicados dentro del Campus Central, se propone la implementación de facturas electrónicas por parte de comercios, con la finalidad de reducir los desechos enviados al basurero de la zona 3.

6.6.2 Separación de desechos *in situ*

La valorización de los desechos generados en el Campus Central iniciará con la implementación de un proceso de separación de desechos *in situ* y disposición clasificada. De esta manera se obtendrá provecho de los materiales que pueden reciclarse y tengan la característica de ser reincorporados en un ciclo de vida.

Analizando los resultados de generación de la Universidad se propone que hayan cinco clasificaciones de desechos en el Campus, estas son: papel y cartón, plástico, orgánico (frutas y verduras), aluminio y metal, y no separable, dichas categorías se explican detalladamente más adelante. Se realizó esta selección específica, debido a los materiales que tienen potencial para el reciclaje o el reuso dentro de los desechos generados en la institución.

Los desechos electrónicos generados en el Campus Central, son recolectados por E-Waste de Guatemala. Esta es una empresa dedicada al acopio y selección de desechos electrónicos, generados en cualquier institución que solicite el servicio. Entre las labores de recolección de materiales eléctricos, hay actividades extras de parte de la empresa, como la educación ambiental a personas de toda edad sobre el manejo adecuado de los desechos electrónicos, como también información de la toxicidad y contaminación que causa el mal manejo de los desechos electrónicos al ser humano y el medio ambiente.

La recogida de los desechos electrónicos generados en el Campus Central, se realiza en tres contenedores de 0.27 m³ especiales para el manejo de este tipo de desechos los cuales están situados en distintas ubicaciones en el Campus: dos en la plaza techada del edificio H y uno en el primer nivel del edificio TEC. Los desechos se recolectan en el Campus Central cada mes, estos son recogidos como desechos, la Universidad no recibe ningún pago por estos, como tampoco paga a dicha empresa por el servicio de recogida y manejo especial.

Los desechos electrónicos recolectados por E-Waste (ya sea dentro o fuera del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar) se utilizan como material de reciclaje, los aparatos eléctricos que se recolectan se desarman y los materiales que sean útiles o que cumplan con características impuestas por la compañía son utilizados en materia de reciclaje de materiales electrónicos y son enviados a Suiza y África.

Por la experiencia y servicio brindado hasta la fecha en el Campus Central, se recomienda continuar con los servicios de acopio, recogida y manejo adecuado de desechos electrónicos ofrecidos por esta compañía.

6.6.3 Inorgánico reciclable

En la figura 5 se observaba que el 79.14% de los desechos que se generan en el Campus Central de la Universidad tienen la capacidad de ser reciclados. Según la cuantificación realizada en este trabajo, los materiales que tienen esta capacidad son: papel, cartón, plástico, vidrio, aluminio y metal. Basado en estas cifras, se ha considerado que la separación *in situ* de los desechos generados es la mejor alternativa, ya que se le da un aprovechamiento posterior a los recursos que así lo permitan, reduciendo el consumo de materias primas en la obtención de nuevos productos y la cantidad de estos enviados hacia la zona 3, como ya se ha mencionado. En este sentido, se ha realizado un análisis exhaustivo sobre empresas recicladoras y el material que compran, ya que a partir de la demanda que ofrezcan se plantean los tipos de separación.

El alcance a nivel nacional que las industrias recicladoras tienen sobre el manejo de los materiales desechados es elevado en la ciudad capital. En el manejo de estos materiales, todo desecho generado dentro del Campus que pueda ser valorizado dentro de las condiciones que esta industria presenta, debe ser dispuesto para ese fin. Con las ganancias obtenidas el proyecto podrá auto sostenerse, realizar pagos de mantenimiento, mano de obra, reemplazos (ya sea por desgaste o accidentes) comprar insumos como bolsas de plástico para los basureros, limpiadores, trapos, etc. Cabe destacar que el proyecto propuesto no tiene un enfoque comercial, este tiene un enfoque de servicio (ya que es para toda persona dentro del Campus), es decir, para su ejecución este debe ser subsidiado por la Universidad Rafael Landívar.

6.6.4 Diseño de basureros por clasificación

Con base en las categorías de separación *in situ* planteadas, se diseñó una estación de botes, que separa los desechos generados en la Universidad en los cinco diferentes grupos expuestos anteriormente.

La figura 16 muestra el diseño de la estación. Como se observa, hay tres botes de basura que tienen el propósito de contener los desechos que son demandados por las recicladoras en el departamento de Guatemala que son papel y cartón, plástico (PET) y metales (aluminio). El cuarto bote contempla la fracción orgánica y el quinto, todo aquello que no pertenezca a ninguna de las categorías anteriores. El patrón de colores propuestos fue tomado del análisis de clasificación de desechos en países desarrollados, donde cada bote de clasificación de basura tiene un color específico diferente.

La estación comenzó con el diseño del recipiente de “No separable”, cuyo tamaño, capacidad y forma se determinó tomando como parámetro los recipientes actuales que hay en el Campus, los cuales tienen un volumen de 0.27m^3 y medidas de $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} \times 1.15\text{m}$ ancho, largo y alto respectivamente. Posteriormente se tomó como referencia inicial el volumen de generación de los desechos “No separables” total por día en el Campus, que corresponde a un promedio de 7.62m^3 por día y el ancho del recipiente de esta categoría, que son 0.50m para calcular cuál debía ser el ancho de las demás categorías (ver figura 16), basado en un modelo de estación de volúmenes diferentes, por lo cual se realizaron las siguientes operaciones:

$$\text{Papel y cartón} = \frac{(5.06\text{m}^3 \times 0.50\text{m})}{7.62\text{m}^3} = 0.33\text{m}$$

$$\text{Plástico} = \frac{(2.44\text{m}^3 \times 0.50\text{m})}{7.62\text{m}^3} = 0.16\text{m}$$

$$\text{Metales} = \frac{(0.8\text{m}^3 \times 0.50\text{m})}{7.62\text{m}^3} = 0.05\text{m}$$

$$\text{Frutas y verduras} = \frac{(0.38\text{m}^3 \times 0.50\text{m})}{7.62\text{m}^3} = 0.025\text{m}$$

En las tres últimas operaciones, se observa que el ancho obtenido para cada una de las categorías es menor del mínimo requerido para el ingreso de la mano en un recipiente de desechos, razón por la cual se utilizó automáticamente el valor correspondiente a la categoría “papel y cartón” para todos los recipientes restantes, el cual es considerado el mínimo.

Por motivos de estética, todos los botes de basura son del mismo alto y ancho. Además, el espacio de entrada para depositar los desechos se diseñó para que esté a la altura del ombligo de una persona de estatura promedio en Guatemala, y el espacio de la mano sea cómodo 0.14m de alto y 0.19m de ancho; para el bote de “No separable” las medidas son 0.15m de alto y 0.28m de ancho. En cuanto al transporte, los dos tamaños de botes utilizaran el mismo tipo de bolsa, estas pueden ser las que se utilizan actualmente en los basureros de la institución, estas bolsas son ajustables ya que el basurero de “No separable” es de medida ligeramente similar a los botes de basura que existen actualmente dentro del recinto.

Se propone que estas estaciones de basureros se coloquen en todo el Campus en ubicaciones estratégicas; más adelante se detalla el proceso utilizado para la ubicación de las estaciones y cantidad de estas por edificio.

A continuación, se detalla que tipo de descarte corresponde a cada categoría:

En la categoría “Papel y cartón”, deberán verse los desechos de todo tipo de papel y cartón que tengan la capacidad de ser reciclados, como puede ser papelería de trabajo, periódicos, revistas, cuadernos, afiches, cajas, etc. El material a depositar dentro de este basurero debe estar limpio, es decir no debe tener restos de comidas, bebidas o solventes y no debe estar mojado.

La categoría “Plástico” se conforma por todos aquellos envases, envoltorios y desechos hechos de plástico, el cual tiene la característica de ser altamente reciclable. Este recipiente fue diseñado para el depósito de estos desechos, en el podrán verse botellas, botes y todo tipo de recipientes que sean de este

material, tales como cubiertos, platos, vasos, botellas, bolsas, etc. provenientes del Campus.

La categoría “aluminio y metales” tiene como preferencia las latas de bebidas contenidas en latas de aluminio, en esta categoría las latas pueden ser de cualquier bebida y tamaño y cualquier material de metal que pueda ser vendido como chatarra. La clasificación hace referencia a latas de aluminio vacías, las cuales se reincorporarán nuevamente al ciclo de vida para hacer latas de este material. Las empresas que reciben este tipo de material no trabajan con otros tipos de aluminio como papel aluminio, recipientes de este material, etc. ya que estos son de una menor densidad lo cual dificulta y eleva los costos de producción si se le compara con la densidad de las latas de aluminio.

La clasificación “Orgánico”, únicamente aceptará desechos de frutas y verduras. Estos desechos deben estar libres de grasas o sobrantes de comidas procesadas como harinas o alimentos con preservantes, colorantes y saborizantes como sobrantes de galletas, golosinas, snacks, etc. También se excluye todo tipo de carne o imitaciones de carne y líquidos de cualquier tipo. El motivo de esta clasificación estricta es debido a que se propone que los sobrantes de frutas y verduras generados en el Campus sean llevados a aboneras, las cuales trabajan con lombrices de la especie coqueta roja, *Eisenia foetida*, que solo tolera frutas y verduras libres de todo preservante y grasas (Fadaee, 2012).



Figura 16. Diseño de basureros por clasificación en fuente.

La categoría “No separables” corresponderá a todo aquel desecho que no pertenece a alguna de las categorías arriba mencionadas. Esto, como se ha dicho anteriormente, porque las recicladoras en el país tienen preferencia por ciertos materiales, y ningún interés por otros. En esta categoría deben verse los desechos comunes como duroport, sobras de comida procesada, bolsas de plástico, pajillas, bolsitas de ketchup y saborizantes, papel aluminio, vidrio, papel sucio, bolsas de snacks, servilletas sucias, etc.

Con la separación *in situ* propuesta, el porcentaje real de basura que dejaría de llegar al basurero de la zona 3 se reduciría en un 48% del volumen de desechos enviados, como también un 28.07% menos de peso enviado, lo que equivaldría a 366.27 libras por día que dejarían de llegar al basurero; dichos porcentajes se obtienen de la suma de categorías generadas en la institución, ya que al no haber un dato exacto no se puede determinar con exactitud el valor real.

Un aspecto importante a considerar, es el destino que se le pueda dar a los residuos de vidrio generados dentro del Campus Central; aunque estos se generan en la mínima cantidad (una botella de bebida y un envase de café instantáneo durante toda la caracterización realizada en este estudio, razón por la

cual no se toma en cuenta en la boleta de caracterización de la Unidad de Responsabilidad Social Académica, RSA). Si en un futuro se incrementara la generación de los desechos de vidrio, estos podrían clasificarse y ser dispuestos para que sean usados como materia prima de reciclaje de vidrio, entregándolos al grupo VICAL, que es la principal empresa en el manejo de los residuos de vidrio. Esta empresa compra los residuos de vidrio (envases de alimentos y bebidas únicamente) a un precio de Q18.00 el quintal de vidrio, (Q0.18 por libra), cuentan con servicio de recogida por un mínimo de 5 quintales (500 libras). Esta empresa se encuentra ubicada en la Avenida Petapa 48-01 Zona 12.

6.6.5 Cantidad de grupos de recipientes de desechos en edificios

Para cada uno de los edificios del Campus Central, se determinó un número específico de estaciones de basureros que ha sido propuesto anteriormente; para esta acción, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Sumatoria desechos no clasificables en un edificio}}{\text{Volumen de basurero diseñado para no clasificable}} = \frac{\text{No. de set de basureros}}{\text{en un edificio}}$$

Esta fórmula sirvió para encontrar el número de sets de basureros que debe tener cada edificio con capacidad para soportar la generación actual. Finalmente, el resultado de esta operación se multiplicó por 2 o por 1.5 con el objetivo de encontrar el número de basureros necesarios para ser llenados al 50 o 75% de su capacidad (respectivamente) considerado el continuo crecimiento poblacional en el Campus Central.

6.6.6 Ubicación de grupos de recipientes de desechos en edificios

La distribución de estaciones se realizó por simple lógica formal como regla general, es decir si al obtener el resultado de la cantidad de recipientes que debe haber por edificio se tenían 6 juegos de recipientes y el edificio tenía 3 niveles, se debían colocar 2 recipientes en cada nivel. El criterio de lógica formal no se aplicó a todos los edificios, ya que hay edificios donde este factor se ve alterado por el flujo de personas o el tipo de actividades que se realizan en los mismos (ver anexo 4).

Hay edificios que conforme a su baja generación, deberían tener únicamente una estación. En estos casos, las mismas se ubicaron en las cercanías a pasillos o lugares donde la circulación peatonal es mayor y, que con este criterio, el recipiente de desechos esté a la vista de toda persona y no exista fuga de desechos en el edificio. En el cuadro 3 se observa la cantidad de basureros que deberá tener cada edificio del Campus Central y el monto económico para cada edificio. En cuanto al costo de los grupos de basureros, estos se describen detalladamente más adelante.

Cuadro 3. Cantidad de grupos de basureros propuestos para cada edificio.

Edificio	Total de grupos de basureros	Costo por edificio (en Quetzales)
H	16	36,000.00
L	14	31,500.00
J	10	22,500.00
O	10	22,500.00
TEC	10	22,500.00
M	8	18,000.00
G	4	9,000.00
A	3	6,750.00
P	2	4,500.00
B	1	2,250.00
C	1	2,250.00
D	1	2,250.00
E	1	2,250.00
F	1	2,250.00
Q	1	2,250.00
Total	83	186,750.00

6.6.7 Orgánico

Con los desechos de tipo orgánico recolectados en el Campus Central, se propone obtener el mejor provecho que estos puedan brindar, se plantean dos opciones para el manejo y tratamiento de los desechos de este tipo;

1. La primera opción es obtener lombricomposta a base de las lombrices coqueta roja (*Eisenia foetida*) que hay en las lombicomposteras del Campus Central. Para esto, se pretende utilizar al máximo las aboneras del Campus.

La fracción orgánica en el Campus ha sido reducida ya que las lombrices coqueta roja (*Eisenia foetida*) deben llevar una dieta severamente estricta, basada únicamente en frutas y verduras libres de todo agregado inorgánico, la clasificación de los desechos de origen orgánico no puede ser obviada, ya que de lo contrario, (ya sea por descuido o por falta de interés), las lombrices pueden morir por la ingesta de desechos mezclados con agentes químicos (Acosta, 2012).

Además, para evitar pérdidas y daños a las lombrices de esta especie, todos los desechos recolectados en el Campus deben ser dispuestos a un ciclo de pre compostaje; el cual es un periodo de tiempo donde todos los desechos de tipo orgánico deben colocarse en pilas de 30 a 50 centímetros de alto en un lugar destinado para esta actividad por ocho semanas o sesenta días.

Los desechos deben apilarse en el suelo vegetal y ser cubiertos por una capa de tierra para favorecer el precompostaje, como también para evitar la intervención de animales como ratas y aves en busca de alimento. Este periodo servirá para dejar que estos inicien el ciclo de descomposición, sean liberados lixiviados que en un futuro podrían perjudicar al ciclo de la *Eisenia foetida* y también para evitar altas temperaturas en los lechos de vermicomposta lo que podría causar la muerte y reducción en la población de lombrices (Acosta, 2012).

Ubicación del área de explotación

La zona destinada para los lechos de precompostaje puede ser al aire libre, al final de la zona de cultivos, a un costado del área boscosa; en esta zona, deberá disponerse de un área plana de 15m por 10m para verter los desechos que tendrán precompostaje, por el período establecido (ocho semanas).

Los desechos deberán ser dispuestos en la dirección del viento para evitar erosión y deben hacerse canales para que corra el agua en época de lluvia y evitar exceso de humedad, la cual puede frenar o alterar el proceso de descomposición.

Características principales de sustrato de buena calidad

Antes de agregar el sustrato a los lechos, este debe cumplir las siguientes características, esto favorecerá en el proceso de obtención de compost y prolongará la vida de las lombrices *Eisenia foetida*, como también influirá en los rendimientos (Díaz, 2002).

- Muy poroso y desmenuzable
- pH de 7 o mínimamente neutro
- Alta capacidad de retención hídrica
- Con coloración marrón oscura
- Los materiales iniciales han desaparecido en su totalidad
- Temperatura no mayor a los 35°C
- Sin olores desagradables (Díaz, 2002).

Sustrato para los lechos de vermicompostaje

En las aboneras debe colocarse una capa de sustrato de aproximadamente 20 cm a 25 cm, luego deben disponerse las lombrices, para luego agregar una capa de 15 a 20 cm de materia orgánica, humedecer sin exceso el sustrato,

para luego cubrir con tierra. Es de importancia llevar un control de la humedad, ya que es uno de los factores clave en el proceso, esta debe ser de un 55% a 60%, como también llevar un control de la temperatura, la cual debe tener un promedio de 25°C. Esta temperatura influirá en el bienestar de la lombrices, ya que es una temperatura óptima para su desarrollo (Fuentes, 2006).

Capacidad de generación

Se determinó que la capacidad actual de los lechos para generación de compost del Campus es de 1.10m x 2.42m x 0.60m, ancho, largo y alto respectivamente, con un total de cuatro lechos; para la primera abonera.

En el caso de la segunda abonera las medidas son: 1.30m x 6m x 0.42m, ancho, largo y alto respectivamente con un total de tres lechos en esta abonera.

La generación diaria de desechos orgánicos aptos para el compostaje en la institución es de aproximadamente 11.32 kg (24.90 lb) diarios, mientras que la densidad aproximada de lombrices por lecho es de 4,133 unidades.

Con base a Solís, para determinar la población de lombrices por lecho se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Número de lombrices por lecho} \times \text{volumen del lecho (m}^3\text{)}}{\text{Volumen del extractor de la muestra}} = \text{Número de lombrices por lecho}$$

(Solís, 2013).

En la determinación de la población se realizó un muestro al azar en distintos puntos de cada lecho con un recipiente de volumen conocido. Se vació el contenido del recipiente para realizar un conteo de cuantas lombrices contenía el mismo, para luego aplicarlo en la fórmula. Seguido, se determinó que la generación de desechos orgánicos actual sobrepasa la capacidad de degradación de las lombrices que hay en cada lecho y que la capacidad actual permitiría tolerar únicamente la tercera parte de lo generado por día, por lo

que se propone triplicar los invernaderos de compostaje, teniendo una medida de 17m³ para tolerar el máximo generado.

Los materiales que se generen de esta categoría, serán dispuestos por el personal de limpieza en las composteras del Campus Central, éstas se encuentran ubicadas cerca de los invernaderos San Ignacio, precisamente al final del área de cultivos; actualmente son dos y se encuentran en desuso por falta de materia orgánica.

2. La segunda opción es la generación de compost a base de los desechos orgánicos.

Existen diversos métodos para la obtención de compost a base de desechos orgánicos; el sistema de compostaje a proponer es el Sistema en camellones o parvas.

Este es el nombre que se le da a la masa de residuos cuando presenta una morfología y dimensiones determinadas. Al lugar donde se procesa el material se le denomina parvas o camellones (Sztern, 2010).

Compostaje aeróbico

Este proceso consiste en la deseintegración de la materia a través de la degradación de la materia por diferentes clases de microorganismos, predominando los metabolismos respiratorios aerobios.

Además transcurren diferentes etapas mesotérmicas, que van desde los 10°C a los 40°C, con etapas termógenicas, donde la temperatura va de los 40°C hasta los 75°C. En esta etapa participan microorganismos mesófilos y termófilos, cuales en las diferentes etapas encuentran condiciones óptimas para su desarrollo (Gómez, 2015).

Características de los residuos a compostar

Para que el proceso de compostaje fluya con éxito y el producto final sea de alta calidad, los residuos deben cumplir con las siguientes características que son vitales:

- Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

En esta se expresan las unidades de Carbono por las unidades de Nitrógeno contenidas en un material. El Carbono es una de las principales fuentes de energía para microorganismos; por otro lado, el Nitrógeno es de gran importancia en la síntesis proteica; la relación adecuada entre estos dos elementos, será favorable para obtener un buen crecimiento y reproducción de microorganismos descomponedores, esenciales en este proceso (Sztern, 2010).

La relación de C/N adecuada de material a compostar debe ser de 25 unidades de Carbono por unidad de Nitrogeno; $C(25) N(1) = 25$.

- Estructura y tamaño de los desechos

La estructura física de cada material contenido en los desechos puede variar, no todas tendrán el mismo tamaño, esto puede influir de manera positiva o negativa en la velocidad con que estos sean degradados, a menor tamaño en los desechos, mayor será la degradación.

Cuando desechos leñosos y fibras vegetales sean de gran tamaño, conviene que estén mezclados con otros desechos de tamaño menor, para estimular a las bacterias descomponedoras, ya que de no estar mezclados con partículas de menor tamaño, el proceso de degradación se vuelve lento.

- Humedad

La cantidad de humedad en cada desecho, dependerá de su estructura, esta podrá variar. Cuando la humedad contenida en los desechos sea mayor al 50%, estos deben disponerse a un ciclo de precompostaje, para que pierdan

el exceso de humedad, de manera que no lleve a la fermentación y no haya alteraciones en la relación C/N.

La humedad ideal para la biodegradación en una respiración aerobia, debe estar en un rango de 15 a 35%. Cuando se presenten humedades del 40 al 60%, es recomendable revolver constantemente los desechos para aerearlos y favorecer la pérdida de humedad.

Como ya se mencionó con anterioridad, humedades mayores podrían llevar a una respiración anaerobia e influir a la fermentación. En el caso contrario, si la humedad es menor al 10% podría influir de manera negativa, ya que la actividad microbiana se reduciría y el proceso de degradación sería excesivamente lento (Sztern, 2010).

- El pH

La influencia del pH depende del tipo de bacterias, el rango es extensamente amplio. El pH recomendable debe estar en un rango ligeramente neutro cercano a neutro, con valores de pH 6,5-7,5 de ligeramente ácido o levemente alcalino asegura el desarrollo favorable de la mayoría de bacterias.

Si el pH es de 5,5, esto indica que es ácido, lo cual es perjudicial ya que esto paraliza el crecimiento de la mayoría de bacterias, frenando o retardando el proceso de descomposición (Sztern, 2010).

- Aireación

Es de los procesos más importantes en el proceso de compostaje aeróbico la buena aireación se logra por un buen sustrato en la mezcla de compostaje, la porosidad del sustrato influye positivamente en la respiración aeróbica.

Cuando hay una mala aeración, la concentración de oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20%, lo cual influye en dos procesos no deseados: la respiración anaerobia y la fermentación, la cual frena el proceso de descomposición.

Para diagnosticar fermentación, se tiene que tener atención en los olores, ya que cuando los olores son nauseabundos, estos reflejan fermentación, lo cual es un mal indicio en este proceso; en muchas ocasiones esto se debe a excesos de humedad en la mezcla (Sztern, 2010).

Precompostaje de desechos

Esto consiste en una serie de procedimientos que deben realizarse antes de la etapa de compostaje, los cuales buscan la nivelación de nutrientes, reducción en la cantidad de humedad contenida en los diferentes desechos, eliminación de otros factores que no son deseables como malos olores y aceleración en el proceso de degradación.

En el precompostaje de desechos, existen dos métodos, los cuales son:

- Inóculo con suelo fértil: Los desechos deben extenderse en capas no superiores a los 20cm y luego sobre estos deben agregarse $1.1\text{lb}/\text{m}^2$ de suelo vegetal fértil. Luego deben mezclarse homogéneamente y se forma un camellón. Este proceso es aconsejable para desechos que tienen gran cantidad de humedad.
- Inóculo por transplante: En este procedimiento es similar al anterior, se vierten los desechos en el suelo, se agregan $100\text{ g}/\text{m}^2$ de material provenientes de una pila de precompostaje con 6 semanas, esta se encuentra en etapa mesotérmica 1, que cuando los microorganismos está eliminando los microorganismos no deseados. Se debe agregar también $1.1\text{lb}/\text{m}^2$ de suelo vegetal fértil. Las tres fracciones deben mezclarse homogéneamente. La duración del proceso será de 8 semanas (Sztern, 2010).

Obtención de compost

Después del proceso de precompostaje, los desechos pueden colocarse en plásticos, formando pilas de 3m de largo por 2.4m de ancho, con una altura de 1.5m. Debe agregarse en el volumen total del camellón un 40% de agua, teniendo cuidado de no exceder la cantidad en el riego, ya que el exceso de agua puede llevar a la fermentación del producto, retardando el proceso.

Las medidas especificadas son debido a los procesos de temperatura que ocurren en el núcleo del camellón, donde los microorganismos degradan factores no deseados como semillas de todo tipo, olores, materia vegetal y como producto final queda el compost. Los camellones deben moverse para lograr la aireación, de adentro para afuera para integrar la corteza del camellón y así lograr la homogeneidad del producto y de los procesos microbiológicos.

Cuando al mover para la aireación no se vean más partículas del producto inicial, esto será un indicador que el producto está terminado y se puede proceder a utilizarlo (Sztern, 2010).

6.6.8 Evaluación de empresas recicladoras

En el anexo No. 5, se realizó una matriz evaluadora de empresas dedicadas al reciclaje, en la ciudad capital y municipios cercanos, que permitiera elegir las mejores opciones de recicladoras con las que se cuenta. En esta matriz se califican cuatro factores importantes, los cuales son: precio de compra, ubicación, servicio de transporte y desechos aceptados. Los valores obtenidos en la matriz se realizaron con base en la consulta de compañías dedicadas al tema.

En la compra se evalúan los precios ofrecidos por las diferentes compañías dedicadas al tema. La ubicación evalúa la distancia que el vehículo recolector tendría que recorrer y consumo de combustibles. En transporte se evalúa la disponibilidad de una empresa a brindar este servicio recolector. Mientras que en la clasificación de desechos aceptados se evalúa que desechos son los que las compañías aceptan y trabajan.

De todos los materiales que se generan en la Universidad observados en la caracterización, las compañías solo mostraban interés por tres tipos de desechos; papel y cartón, plástico (PET) y latas de aluminio. Por este motivo, en la matriz fueron considerados únicamente estos tres tipos. El puntaje máximo de evaluación en la matriz es de 60 puntos.

Según se observa en el anexo No. 5, la matriz hace ver que la empresa que mayores beneficios proporciona en función a los criterios evaluados es la RECICLADORA SAN JOSÉ. Esta empresa está ubicada en la 4 avenida 1-73 zona 9 Guatemala, la ubicación es cercana a la Universidad, lo que representa un factor conveniente en la recogida de los materiales a reciclar.

En cuanto al precio de compra, se paga por el papel y cartón sin importar si está revuelto 30.00 Quetzales el quintal (0.70 Quetzales por kg, Q0.30 por libra). El PET tiene un precio de compra de 100.00 Quetzales el quintal (2.20 Quetzales por kg, Q1.00 por libra), y el aluminio se compra a Q 500.00 el quintal (11 Quetzales por kg, Q5.00 por libra). Los materiales que convendría trabajar con esta empresa por el precio de compra, son: Latas de aluminio y plástico PET.

Con la matriz evaluadora también se encontraron otras empresas que podrían acudir como segundas opciones, entre ellas están RECIPA y DISO, cuyas ubicaciones y precios de compra se encuentran en un cuadro comparativo en el anexo 6.

Como se ha mencionado con anterioridad, cuando se realizó este estudio, la Universidad trabajaba los desechos de papel y cartón generado en oficinas con la empresa RED ECOLÓGICA (ahora con Recikcla). Por medio de un convenio, esta empresa (que brinda servicio de recogida a domicilio), recoge cada dos semanas los desechos de papel y cartón proveniente de oficinas dentro de la institución. RED ECOLÓGICA (Recikcla) incluye entre sus servicios, el préstamo de cajas de cartón, de 0.053 metros cúbicos, que en su interior tienen una bolsa plástica para depositar en éstas el papel y cartón desechado (revistas, periódicos, cuadernos, libros, etc.); el cual es trasladado a su planta de tratamiento y utilizado como

materia prima de reciclaje para hacer nuevamente papel de diferentes clases. El precio que se paga por el papel, (el cual está revuelto, es decir papel y cartón proveniente de oficinas), es de 25.00 Quetzales por quintal (0.55 Quetzales por kg, Q0.25 por libra).

Por cuestiones administrativas es más conveniente el trato con una sola empresa que pueda trabajar todo el material a valorizar. Sin embargo, por los servicios que actualmente RED ECOLÓGICA (Recikcla) ofrece a la Universidad, a corto plazo, se sugiere continuar trabajando con esta empresa en la recogida de este tipo de material generado en las oficinas como ha sido trabajado últimamente desde el año 2011. A mediano y largo plazo se recomienda que el papel y cartón de oficinas sea dispuesto a la recicladora SAN JOSÉ y así tener cobertura sobre todo el material de este tipo generado en el Campus Central.

La empresa propuesta ofrece un precio de compra con mayores ganancias económicas y mejores condiciones de compra. Además dicha empresa brinda servicio de transporte hacia el Campus Central por un mínimo de tres quintales (136.36 kg o 300 lb) del material que se desee vender (papel, cartón, plástico PET o latas de aluminio). Según los datos obtenidos en la cuantificación (ver anexo 2), el mínimo requerido de peso para la recolección sin costo se alcanzaría en 2 días para papel y cartón, para plástico PET en 5 días y para aluminio en 20 días.

Hacer un convenio con dicha empresa traería beneficios como la venta y remuneración por materiales de desecho, disminución de desechos hacia el basurero de la zona 3, como también una buena imagen de la institución, ya que sería la primera Universidad en Guatemala que reduce la carga de desechos que llegan a disposición final.

En cuanto a la recolección de los materiales aptos para el reciclaje, la recogida de estos sería por parte de la empresa propuesta, ellos recogerían los materiales de reciclaje provenientes de los basureros de clasificación en fuente (Papel y cartón, plástico y aluminio y metal), según el tiempo en el que los materiales vayan siendo generados. Para la categoría “orgánico”, la Universidad los manejará directamente

para la elaboración de lombricompost; y para los desechos provenientes del recipiente "No separable", el contenido de estos, debe seguir el protocolo de recolección por parte del Departamento de infraestructura y mantenimiento del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar hacia el basurero de la institución al final del Estacionamiento 4, para luego ser recolectado por el servicio municipal hacia el Basurero de la zona 3.

6.6.9 Costo de inversión; ingresos y egresos

Se realizó un análisis financiero para determinar los ingresos y egresos económicos que implica la ejecución de la propuesta planteada con anterioridad; dicho análisis se muestra más adelante, en este muestra todo lo relativo a la inversión del proyecto.

Para lograr una cobertura en la clasificación de los desechos sólidos generados en todos los edificios del Campus Central se debe adquirir un total de 83 grupos de basureros como los observados anteriormente en la figura 16.

El material propuesto para la fabricación de los basureros planteados anteriormente, por precio y durabilidad es PVC, elaborado en lámina negra, forrada de vinil adhesivo de alta resolución con estructura interna de tubo cuadrado de una pulgada. Cada set de basureros, tiene un valor de Q 2,250.00 (impuestos incluidos), y el lugar propuesto para la fabricación de éstos, es la empresa PUBLIMARKA ubicada en la 39 avenida 3-46 zona 7, quien ofrece los mejores precios.

Además, cada bote de basura que integra el "set de basureros", deberá tener bolsa del mismo color del bote, para facilitar el transporte y almacenamiento de los desechos en el basurero del Campus Central.

Se propone que el color de las bolsas sea de la siguiente manera:

- Papel y cartón, la bolsa será de color azul
- Plásticos, la bolsa deberá ser de color amarillo
- Metales, la bolsa será de color gris

- Orgánico, la bolsa deberá ser de color verde
- No separables, la bolsa será de color anaranjado

Se propone que las bolsas especiales de identificación sean hechas por la empresa ABC PLASTIC ubicada en la 9 avenida 11 calle, zona 1, Ciudad Capital, quien ofrece los mejores precios. El precio de las bolsas de color de tamaño adecuado y específico para los botes de separación es de Q2,500 (impuestos incluidos), por el mínimo de 5,000 bolsas en adelante. El material es de nylon del que se usa en las bolsas comunes de basura de tamaño grande (75cm por 87cm).

Para que el uso de los basureros planteados anteriormente sea eficiente, se propone que cada juego de basureros tenga un rotulo informativo, donde se indique brevemente cual es el propósito de la clasificación de desechos y cuál será el destino de los desechos; (el cual es la reducción de desechos enviados hacia el basurero de la zona 3 por parte de la institución; como también la valorización y recuperación de materiales de reciclaje). Para esto se propone la impresión de mantas vinílicas de 1mt², las cuales tienen un valor de Q40.00 cada una (impuestos incluidos). El lugar propuesto para la elaboración de estas es la empresa MANTAS ART DECO, ubicada en la 18 calle, 11-53 Boulevard Los Próceres, zona 10, quien ofrece el mejor precio.

6.6.10 Concientización y capacitación

Previo a la implementación de la propuesta, se debe ejecutar una campaña de concientización en el Campus Central sobre el tema de los desechos sólidos y su manejo, donde se explique los impactos que conlleva el mal manejo de estos, las consecuencias del consumo desmedido y se dé un especial enfoque a la reducción en la generación de desechos dentro de la institución y hacia el basurero de la zona 3.

Para los estudiantes puede hacerse por medio de los cursos CFI de Realidad Medioambiental, donde con la cooperación de la unidad de Responsabilidad Social Académica (RSA), realicen caracterizaciones de los desechos sólidos generados en el Campus (basura de sanitarios quedara excluida por cuestiones

de salud). Podría ser de un área en específico y una jornada en específico; por ejemplo: Los desechos generados en la primera jornada del edificio L.

Para todo el personal docente y administrativo del Campus puede implementarse como una capacitación ambiental, donde una o dos personas expertas en el tema de los desechos sólidos en Guatemala impartan charlas de la situación actual de los desechos en el país, como también un enfoque hacia la concientización del consumo desmedido y los efectos que esto causa en el medio ambiente.

El personal del Departamento de mantenimiento e infraestructura, deberá ser participe en las capacitaciones planteadas anteriormente, además se darán capacitaciones exclusivas para los integrantes de esta unidad de la siguiente manera:

1. Para el personal encargado de recoger los desechos en el campus y llevarlo al área destinada para el almacenamiento de estos. El personal aprenderá que rutas deben tomar, que bolsa corresponde a cada desecho y donde ubicar cada desecho
2. Para el personal encargado de la ubicación y separación de los materiales en el basurero del Campus Central. Aprenderán que material corresponde a cada categoría, y como separarlo y depositarlo en bolsas acorde al color específico según la categoría.

6.6.11 Recolección y almacenamiento temporal de desechos

En el tema de las estaciones de clasificación de desechos, estas contemplan únicamente la basura generada en pasillos del Campus Central. La basura generada en aulas, previo a su descarte, se depositara en basureros sin clasificación por categorías para el aprovechamiento.

Los desechos generados en aulas deberán ser transportados por el personal de mantenimiento hacia un área exclusiva para la clasificación de estos desechos. Deberá disponerse un espacio de 40.8m² para dicha actividad, donde 3 empleados capacitados realicen la clasificación de cada una de las cinco categorías y así los desechos generados en aulas del Campus Central sean

aprovechables y no exista fuga de materiales; cada uno de los empleados se propone que tenga un salario mensual de Q2,650.00 para el primer año, aumentando un 8% anual.

La recolección de los desechos de los basureros de clasificación debe ser por separado, cada desecho debe disponerse en bolsas de diferente color como las propuestas anteriormente, para que estas puedan distinguirse y el transporte al área designada para este fin sea más fácil y eficiente, como también para no contaminar los materiales y que estos puedan ser vendidos a la recicladora sin ninguna limitación.

El basurero general del Campus Central debe ser remodelado para contener cuatro áreas:

1. Para los desechos provenientes de Aulas, donde estos sean clasificados según las categorías de clasificación.
2. Para los desechos “no separables” en donde estos se almacenen mientras son recogidos por el servicio de recolección municipal, (el cual llega a diario todas las mañanas al Campus).
3. Para los desechos orgánicos, estos deberán ser almacenados en cajas plásticas cerradas para contenerlos, mientras son llevados y manejados en las lombricomposteras.
4. Para los desechos reciclables, que contendrá las categorías de los desechos por separado (papel y cartón, plástico, aluminio y metales), para almacenarlos mientras se llena la cuota mínima de colecta por parte de la empresa recicladora.

El área que se necesitaría para la separación de desechos provenientes de aulas debe ser una galera de 40.8 m² y debe estar a un costado del área de los desechos no clasificables (ver anexo 7), para ir depositando los desechos de esta categoría en este lugar. Esta área debe estar cementada para evitar la infiltración de lixiviados al suelo vegetal y tener techo de lámina, a una altura de 3.40m, sin paredes para permitir la circulación del aire y para que la temperatura del lugar

sea fresca e ingrese la luz natural, como también, es necesario que la galera tenga cuatro lámparas de luz neón de 2x40, de uso industrial, de marca SILVANIA, a un precio de Q177.25 (impuestos incluidos) cada una, de venta en CELASA, 3ra calle 3-0 zona 9. Se proponen estas lámparas, ya que la iluminación proporcionada por estas es efectiva y el consumo energético es bajo. El tiempo de construcción de la galera sería de 1 mes y una semana.

El área que se necesita para contener los materiales reciclables (BODEGA), debe estar separada y tener un área de 40.8 m². Debe contar con techo de lámina y paredes de block para proteger los materiales de la lluvia, y debe tener en el interior cuatro lámparas de luz neón de 2x40, a un precio de Q177.25 (impuestos incluidos) cada una, (ver anexo 7). Así también, la bodega debe tener divisiones plásticas móviles para poder separar las tres categorías en volúmenes variables. El tiempo de construcción de la bodega sería de 2 meses.

El costo de la construcción del área de almacenamiento (área cubierta) se puede observar en la sección de análisis financiero del proyecto.

Según los resultados obtenidos en la caracterización y el estudio de empresas recicladoras, se estableció que la empresa recoge los desechos al tener como mínimo tres quintales de cada material. Esta cuota se alcanzaría en 2 días para papel y cartón, en 5 días para plástico y en 20 días para aluminio y metales.

6.6.12 Análisis financiero

En el cuadro 4, se observa la valoración de los desechos generados en el Campus Central que son aptos para el reciclaje en la ciudad de Guatemala, estos desechos son los que se generan durante un mes en el Campus. Mientras que en el cuadro 5 se observan los ingresos y egresos que tendrá el proyecto, en este cuadro se determinó, que la inversión total del proyecto asciende a Q 385,826.31 (impuestos incluidos).

Cuadro 4. Valoración de desechos seleccionados para el reciclaje, generados en el Campus Central

Material	Generación diaria (lb)	Generación mensual (lb)	Precio en Quetzales por libra	Precio en Quetzales por libras totales	Ganancia mensual total (en Quetzales)
Papel y cartón	633.60	12,680	0.30	3,804.00	Q10,139.00
Plástico (PET)	135.42	2,710	1.00	2,710.00	
Metales (Aluminio)	36.25	725	5.00	3,625.00	
Ganancia anual					Q 101,390.00

Cuadro 5. Análisis financiero del manejo de desechos sólidos en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.

I. Ingresos:	Valor
Venta mensual de desechos reciclables	<u>(Q 10,139.00)</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Papel y cartón • Plástico (PET) • Metales (Aluminio) 	Q 3,804.00 Q 2,710.00 Q 3,625.00
II. Gastos: Siete gastos en el período	
<ul style="list-style-type: none"> • Basureros específicos de color Q 2,250.00 cada juego, (83 juegos en total). • Señalización Manta vinílica de 1m² con impresión Q 40.00 (83 Mantas en total) • Galera para lombricompost (plástico para protección de lombrices, 93 yd) • 5,000 bolsas diseñadas especialmente de colores específicos (Q2.00 por bolsa) • Construcción de Bodega para almacenamiento de materiales reciclables para la venta • Construcción de Galera para clasificación de desechos • Salario anual de tres empleados (Q2,650.00 mensual cada uno) 	Q186,750.00 Q 3,320.00 Q 930.00 Q2,500.00 Q62,501.51 Q34,424.80 Q95,400.00
Total egresos	Q385,826.31

En el cuadro 6 y 7, se observan los presupuestos estimativos de la construcción de la bodega de almacenamiento de los materiales de reciclaje y el presupuesto estimativo de la construcción de la galera de clasificación de desechos.

Cuadro 6. Presupuesto estimativo desglosado por renglones para la construcción de Bodega para almacenamiento de materiales reciclables para la venta / Noviembre 2015

No.	Descripción	ancho	largo	alto	unidad	cantidad	Precio unitario	Sub total renglón
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES							<u>Q1,177.45</u>
1.01	Limpieza y chapeo	8.00	12.00		m ²	96	Q2.80	Q268.80
1.02	Trazo y nivelación	5.10	8.00		m ²	40.80	Q7.25	Q295.80
1.03	Excavación, nivelación y acarreo de material	0.50	26.20	0.55	m ³	7.21	Q85.00	Q612.85
2.00	CIMIENTO CORRIDO, COLUMNAS, SOLERAS, DINTELES							<u>Q29,972.28</u>
2.01	Cimiento corrido	0.50	26.20	0.15	ml	26.20	Q170.00	Q4,454.00
2.02	Levantado de enrase (desde cimiento corrido hasta solera de humedad) 2 hiladas	0.15	25.00	0.40	m ²	10.00	Q105.00	Q1,050.00
2.03	Columnas, 4 unidades	0.15	12.80	0.15	ml	12.80	Q106.50	Q1,363.20
2.04	Pin 32 unidades	0.13	102.40	0.13	ml	102.40	Q62.00	Q6,348.80
2.05	Solera de humedad	0.15	26.20	0.20	ml	26.20	Q112.00	Q2,934.40
2.06	Solera intermedia	0.13	24.10	0.18	ml	24.10	Q100.80	Q2,429.28
2.07	Dintel puertas y ventanas, 6 unidades	0.15	9.70	0.20	ml	9.70	Q118.00	Q1,144.60
2.08	Solera de remate	0.15	28.20	0.20	ml	28.20	Q140.00	Q3,948.00
2.09	Levantado de muros con block de 15 cm	0.15	25.60	2.60	m ²	60	Q105.00	Q6,300.00
3.00	PISO							<u>Q7,686.78</u>
3.01	Piso de torta de concreto con electromalla y sub base de selecto compactado	4.80	7.70		m ²	36.96	Q170.00	Q6,209.28
3.02	Rampa de ingreso a puerta	2.10	2.50		m ²	5.25	Q170.00	Q892.50
3.03	Piedrín regado en caída de agua pluvial	1.00	13.00		m ²	13.00	Q45.00	Q585.00

4.00	TECHO						<u>Q17,500.00</u>
	costaneras de 4" x 2" x 1/16" apoyadas sobre muros y lámina galvanizada calibre 28	6.00	9.00	m ²	54.00	Q17,500.00	Q17,500.00
5.00	PUERTAS Y VENTANAS						<u>Q3,250.00</u>
5.01	Puerta metálica de 2 hojas	2.10	2.40	u	1	Q2,500.00	Q2,500.00
5.02	Ventanas solo marco metálico con malla	0.80	0.40	u	5	Q150.00	Q750.00
6.00	INSTALACIÓN ELECTRICA						<u>Q2,915.00</u>
6.01	Acometida y caja con contador			u	1	Q615.00	Q615.00
6.02	Tablero de flipón			u	1	Q150.00	Q150.00
6.03	Unidades de iluminación 4 lámparas neón 2x40 y 1 plafonera			u	1	Q2,150.00	Q2,150.00
Sumatoria costos directos							<u>Q62,501.51</u>

Cuadro 7. Presupuesto estimativo desglosado por renglones para la construcción de la Galera para clasificación de desechos / Noviembre, 2015

No.	Descripción	ancho	largo	alto	unidad	cantidad	Precio unitario	Sub total renglón
1.00	Trabajos preliminares							<u>Q643.80</u>
1.01	Limpieza y chapeo	8.00	12.00		m ²	96	Q2.80	Q268.80
1.02	Trazo y nivelación	5.00	8.00		m ²	40	Q7.25	Q290.00
1.03	Excavación, nivelación y acarreo de material para 6 bases de columna y solera en block "U"	0.50	0.50	0.50	m ³	1.00	Q85.00	Q85.00
2.00	Bases para columna y solera de humedad en block "U"							<u>Q4,638.00</u>
2.01	Bases para columna: 6 unidades zapata y tronco de columna	0.50	0.50	0.50	u	6	Q410.00	Q2,460.00
2.02	Solera de humedad en block "U"	0.13	24.20	0.18	ml	24.20	Q90.00	Q2,178.00
3.00	Estructura metálica y techo 6 columnas costanera doble y techo 6 columnas costanera doble y techo costanera 4" x 2" x 1/16"	6.00	9.00	2.60 a 3.20	m ²	54.00	Q18,500.00	<u>Q18,500.00</u>
4.00	Piso							<u>Q8,235.00</u>
4.01	Torta de concreto con electromalla y sub base de selecto compactado	5.00	8.00		m ²	40.00	Q170.00	Q6,800.00
4.02	Rampa	2.00	2.50		m ²	5.00	Q170.00	Q850.00
4.03	Piedrín regado en caída de agua pluvial	1.00	13.00		m ²	13.00	Q45.00	Q585.00
5.00	Instalación eléctrica							<u>Q2,408.00</u>
5.01	Acometida (viene de bodega)							
5.02	Tablero de flipón				u	1	Q350.00	Q350.00
5.03	Unidades de iluminación 4 lámparas neón 2x40				u	1	Q2,058.00	Q2,58.00
Sumatoria costos directos								<u>Q34,424.80</u>

En el cuadro 8 puede observar una proyección de los ingresos y egresos en un período de seis años, por la venta de materiales aptos para el reciclaje (según las condiciones de compra de las empresas en el departamento de Guatemala). Siguiendo las opciones de manejo de desechos y valoración de los mismos, propuestas con anterioridad, (tomando en cuenta que la generación de desechos a considerar es de diez meses de asistencia regular de estudiantes en el Campus Central, ya que en época de vacaciones puede reducirse la generación de desechos) se podrá implementar el proyecto dentro del Campus Central. Cabe destacar que el proyecto propuesto no tiene un enfoque comercial, este tiene un enfoque de servicio, ya que estará disponible para toda persona dentro del Campus Central, lo cual indica que el proyecto propuesto deberá ser subsidiado por la Universidad Rafael Landívar.

Cuadro 8. Análisis de ingresos y egresos de manejo de desechos en Campus Central de la Universidad Rafael Landívar con proyección a 6 años.

Rubro / año*	1	2	3	4	5	6	Total
I. Ingresos							
· Papel y cartón (12,680 lbs)	Q38,040.00	Q38,040.00	Q38,040.00	Q38,040.00	Q38,040.00	Q38,040.00	
· Plástico (PET) (2,700 lbs)	Q27,100.00	Q27,100.00	Q27,100.00	Q27,100.00	Q27,100.00	Q27,100.00	
· Metales (aluminio) (725 lbs)	Q36,250.00	Q36,250.00	Q36,250.00	Q36,250.00	Q36,250.00	Q36,250.00	
Total:	Q101,390.00	Q101,390.00	Q101,390.00	Q101,390.00	Q101,390.00	Q101,390.00	Q608,340.00
II. Egresos							
<u>Egresos únicos</u>							
83 juegos de basureros para la clasificación de los desechos sólidos.	Q186,750.00						Q186,750.00
Señalización, 83 mantas vinílicas con impresión.	Q3,320.00						Q3,320.00
Plástico para galeras de lombricompost (93 yd)	Q930.00						Q930.00
Construcción de bodega de almacenamiento de materiales reciclables	Q62,501.51						Q62,501.51
Construcción de galera de clasificación de desechos	Q34,424.80						Q34,424.80
<u>Egresos fijos</u>							
5,000 bolsas diseñadas con color específico	Q2,500.00	Q2,500.00	Q2,500.00	Q2,500.00	Q2,500.00	Q2,500.00	Q15,000.00
Salario anual de 3 empleados (Q2,650.00 mensual cada uno)	Q95,400.00	Q103,032.00	Q111,274.56	Q120,176.52	Q129,790.65	Q140,173.90	Q699,847.63
Total:	Q385,826.31	Q105,532.00	Q113,774.56	Q122,676.52	Q132,290.65	Q142,673.90	Q1,002,773.94
III. Diferencia	(Q284,436.31)	(Q4,142.00)	(Q12,384.56)	(Q21,286.52)	(Q30,900.65)	(Q41,283.90)	Q222,513.69

* Cada año con 10 meses de asistencia regular de estudiantes.

6.6.13 Implementación por fases

Se recomienda iniciar la propuesta por fases, la implementación del proyecto debe tener una fase de prueba para ver la viabilidad de los costos y la recuperación. Se recomienda que en la etapa de fases se inicie por el edificio H. Implementar la primera etapa en la cafetería del edificio H ya que este es el lugar donde ocurre la mayor generación de desechos en el Campus Central.

En la cafetería del Campus Central se necesitan 9 estaciones de clasificación de desechos, como puede observarse en el anexo 4. Las estaciones están diseñadas para tolerar la generación de 1 día completo en cada categoría, pero por cuestiones de higiene, la colecta de los residuos deberá ser como mínimo dos veces al día, para evitar malos olores a causa de la descomposición de los desechos.

6.6.14 Análisis financiero de implementación para la primera fase

Con base al anexo 2, se realizó el cuadro 9, en este se observan los valores estimados de generación de desechos aptos para el reciclaje, que se generan en el edificio H. El cuadro hace referencia a los gastos que implicaría realizar el proyecto como fase de prueba. En la construcción de la bodega y galera, por tratarse de un periodo de prueba, estas podrían implementarse de manera rustica a un costado del basurero del Campus. Por tratarse de una actividad de servicio a toda persona dentro del recinto, esta actividad deberá ser en su totalidad financiada por la Universidad Rafael Landívar, ya que el proyecto no tiene un enfoque de lucro.

Cuadro 9. Costos de inversión inicial en edificio H.

I. Ingresos:	Valor
Venta mensual de desechos reciclables	<u>(Q 2,392.88)</u>
• Papel y cartón	Q 722.00
• Plástico (PET)	Q 852.60
• Metales (Aluminio)	Q 818.00
II. Gastos: Siete gastos en el período	

<ul style="list-style-type: none"> • Basureros específicos de color Q 2,250.00 cada juego, (9 juegos en total). • Señalización Manta vinílica de 1m² con impresión Q 40.00 (9 Mantas en total) • Galera para lombricompost (plástico para protección de lombrices, 93 yd) • 5,000 bolsas diseñadas especialmente de colores específicos (Q2.00 por bolsa) • Construcción de Galera para clasificación de desechos • Construcción de Bodega para almacenamiento de materiales reciclables para la venta • Salario anual de un empleado (Q2,650.00 mensual sin contrato) 	<p>Q20,250.00</p> <p>Q360.00</p> <p>Q 930.00</p> <p>Q2,500.00</p> <p>Q34,424.80</p> <p>Q62,501.51</p> <p>Q31,800.00</p>
Total egresos	Q152,766.31

VII. CONCLUSIONES

- El Campus Central de la Universidad Rafael Landívar genera diariamente un carga de 509.25 kg de desechos sólidos.
- El tipo de desechos que más se genera en el Campus Central es papel y cartón contaminado, correspondiente al 57%, (porcentaje en peso), siendo éstos los desechos de mayor generación dentro de la institución. La generación diaria de estos desechos corresponde a 248.90 kilogramos aproximadamente.
- El edificio de mayor generación de desechos dentro de la institución es el edificio H. En este edificio, la generación diaria de desechos corresponde al 20.15% de los desechos generados en la institución. El peso diario generado de desechos en este edificio es de 102.59 kilogramos, siendo papel y cartón contaminado y, duroport los desechos de mayor generación.
- El 80% de la generación de desechos producidos en la Universidad es valorizable y la situación actual de manejo no permite su recuperación.
- La propuesta generada sugiere la separación en fuente, esto mediante la implementación de estaciones de basureros con clasificación separada; esto con el propósito de aprovechar el valor de los desechos que sean aptos para el reciclaje, (la cual es la mejor estrategia para el tipo de desechos sólidos que se generan en el Campus Central).
- De acuerdo a la demanda que ofrecen las recicladoras en el departamento de Guatemala, no todo el material teóricamente valorizable (inorgánico reciclable y orgánico) podrá ser recuperado, ya que éstas solo muestran preferencia hacia el papel y cartón limpio, plástico, aluminio y metal.
- La generación per cápita GPC en el Campus Central para el año 2014 fue de 0.045 kg/est/día.
- Según las proyecciones, la generación total para el año 2024 será de 674.65 kg/día, teniendo un aumento de 165.40 kg/día (363.88 lb/día) en los próximos 10 años.

- Se propuso que en el Campus Central son necesarias ochenta y tres estaciones de separación para cubrir la generación de desechos en todo el recinto.
- El proyecto no tiene un enfoque comercial, este tiene un enfoque de servicio para toda persona dentro del Campus Central.
- En la etapa de prueba serían necesarias 9 estaciones de basura para la cafetería del edificio H.
- Con el programa de manejo de desechos sólidos propuesto en este trabajo, se espera reducir en 48% la carga de los desechos sólidos que llegan a un sitio de disposición final. Valorizando el papel y cartón, el plástico y el aluminio y metales, como material de reciclaje; y verduras y frutas como sustrato para compostaje.

VIII. RECOMENDACIONES

- Implementar la Propuesta técnica de manejo de desechos sólidos en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar.
- Se recomienda que la Universidad aplique con urgencia una política de reducción de desechos sólidos con todos los landivarianos.
- Para el manejo adecuado de los desechos sólidos dentro del Campus Central, se recomienda una clasificación desde la fuente: papel y cartón, plástico, latas de aluminio y metales, desechos orgánicos, y no separables. Y para esto es necesaria la implementación de basureros de separación como los sugeridos en este estudio.
- Así mismo se recomienda implementar un tren de aseo que establezca horarios, rutas y formas de manejo de los desechos clasificados, para que puedan tener una disposición final adecuada, y en el caso de los desechos reciclables, estar separados hasta la llegada a las recicladoras.
- En la ejecución del proyecto, siempre tener en cuenta que la propuesta tiene un enfoque de servicio a toda persona dentro del Campus, siguiendo los valores éticos y morales de la institución, por lo tanto, al proyecto no se le debe dar enfoque de ingreso de ganancias.

Para ampliar la información y continuar con la colecta de datos relevantes para determinar acciones importantes en el manejo integral de los desechos sólidos en la Universidad Rafael Landívar se recomienda:

- Realizar una caracterización de desechos sólidos en las Sedes Regionales para comparar las diferencias en generación con el Campus Central.
- Realizar una nueva clasificación en papel y cartón, la cual esté subdividida en: papelería contaminada y otros, esto con el fin de conocer que cantidad se rescata de la papelería que esté siendo infiltrada para evitar hacer uso de valores estimados.
- Generar una nueva clasificación en los desechos orgánicos, que en esta, estos se dividan en frutas y verduras y así encontrar un valor real de estos

para evitar obtener los datos por medio de estimaciones como se hizo en este estudio.

- Preparar la boleta de clasificación conforme al material que reciben las empresas recicladoras en Guatemala para tener el conteo exacto de lo que se puede valorizar.
- Dar seguimiento a la caracterización general de los desechos de todo el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar, como mínimo una vez por ciclo para obtener nuevos valores, y con estos realizar comparaciones de generación de desechos por ciclo y anual.
- Con el fin de medir el periodo de descomposición en los desechos de tipo orgánico, realizar pruebas de precompostaje con éstos, y así prevenir pérdidas económicas en las aboneras.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C. (2012). Recompuesto de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. Ministerio de agricultura y ganadería. MAG. San José, Costa Rica. En Red, disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v37n01_127.pdf
- Álvarez, C. (2010). Toallitas de papel o secador eléctrico. Madrid, España. En Red, disponible en: <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/10/toallitas-de-papel-o-secador-electrico.html>
- Campos, I. (2003) Saneamiento Ambiental. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- CEMAT (Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada). (2003). Acuerdo Municipal del 4 de enero de 1982. Guatemala. Guatemala. En red. Disponible en: <http://www.cemat.org/rresid.html>
- CEUR (Centro de Estudios Urbanos y Regionales). (1996) La situación de la basura en Guatemala. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala. En red, disponible en: http://ceur.usac.edu.gt/pdf/Boletin/Bolletin_CEUR_30.pdf
- Congreso de la República de Guatemala. (2000). Reformas a la Ley del Organismo Ejecutivo. Decreto No.114-97. Guatemala, Guatemala
- Congreso de la República de Guatemala. (1997). Decreto No. 90-97 Código de Salud. Guatemala, Guatemala.
- Congreso de la República de Guatemala. (1986). Decreto 68-86 Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente. Guatemala, Guatemala.
- Cosenza, R. (2013) Propuesta para un plan de manejo de desechos sólidos para el edificio del Centro Cultural Metropolitano de la Ciudad de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- Cubos estadísticos URL. 19 de Agosto de 2014 Agosto de 2014.

Díaz, E. (2002). Guía de Lombricultura. Lombricultura una alternativa de producción. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior. Municipio de La Rioja. Argentina. En red, disponible en:

<http://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>

ENVIASEO. (2013). Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos. Municipalidad de Envigado. Envigado, Colombia. En red. Disponible en: [http://enviaseo.gov.co/content/40/img/Contaminacion% 20ambiental.pdf](http://enviaseo.gov.co/content/40/img/Contaminacion%20ambiental.pdf)

Gobierno de Chile. (2002). Gestión de residuos industriales sólidos mineros y buenas prácticas. Acuerdo marco de producción limpia sector gran minería. Buenas prácticas y gestión ambiental. Santiago. Chile. En red disponible en: http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/Recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/ProduccionLimpia/ampl_residuos_solidos.pdf

González, S. (2012). ¿Qué son las tres erres? San José, Costa Rica. En Red. Disponible en: <http://www.redcicla.org/organizacion/que-son-las-3-erres.php>

Gómez, M (2015). Compostaje. Cartagena. Colombia. En red. Disponible en:

<http://apoyoambiental.bligoo.com.co/media/users/19/973332/files/225766/CompostajeMGA.pdf>

Google Maps. (2015). Ubicación Campus Central Universidad Rafael Landívar. Imágenes consultadas el 05 de Mayo de 2015. En Red. Disponible en: <https://www.google.com.gt/maps/@14.5964365,90.4844464,812m/data=!3m1!1e3?hl=de>

Fadaee, R. (2012). A review on earthworm *Eisenia fetida* and its applications. Extraído el 28 Noviembre, 2014, de <http://scholarsresearchlibrary.com/A-BR-vol3-iss5/ABR-2012-3-5-2500-2506.pdf>

Frers, C. (2005). Los problemas de la basura y una posible solución. Buenos Aires, Argentina. En Red. Disponible en:

http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Basura__Residuos/Los_Problemas_de_la_Basura_y_una_Posible_Solucion

Fuentes, J. (2006). La crianza de la lombriz roja. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España. En Red. Disponible en:

<http://ramonhaya.webcindario.com/lombriz.pdf>

IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente). (2009). Cuenta Integrada de Residuos (CIRE) Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada de Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente). (2006). Perfil ambiental de Guatemala 2006. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente). (2008 - 2009). Perfil ambiental de Guatemala 2006. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente). (2012). Perfil ambiental de Guatemala 2010 – 2012. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). (2010). Valoración energética de RSU. Estudio de prefactibilidad situación nacional e internacional propuesta para el desarrollo local. Buenos Aires, Argentina. En red. Disponible en http://www.inti.gob.ar/e-renova/erBI/pdf/AnalisisRSU_energia.pdf

Leal, E. (2004). Plasma processing of municipal solid waste. Brazilian Journal of Physics. En red. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-97332004000800015

López, J. (2011). Caracterización de los residuos sólidos generados en el Campus Central de la Universidad Rafael Landívar y propuesta técnica de manejo. Guatemala, Guatemala.

Lund, H. (1996). Manual McGraw-Hill de reciclaje. Madrid, España. McGraw-Hill.

McGraw-Hill. (2012). Definiciones, Densidad. McGraw-Hill Interamericana de España, SL. En red, disponible en: http://www.mcgrawhill.es/bcv/tabla_periodica/defi/definicion_densidad.html

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2003). Informe nacional del estado del Ambiente. GEO Guatemala 2003. Guatemala, Guatemala. En red disponible en: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEOGuatemala2003.pdf>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2007). Proyecto cuenta con ambiente Primer informe sobre desechos domiciliarios. Guatemala, Guatemala. En red. Disponible en: <http://www.marn.gob.gt/documentos/informes/desechos.pdf>

Ministerio de Salud Pública y asistencia Social. (2001). Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios. Acuerdo Gubernativo No. 5009-2001. Guatemala, Guatemala. En red disponible en: http://www.disasterinfo.net/PEDSudamerica/leyes/leyes/centroamerica/guatemala/salud/Reglamento_para_el_Manejo_de_desechos_Solidos_Hospitalarios.pdf

Mirez, J. (2012). La pirolisis como proceso térmico de tratamiento de residuos sólidos urbanos. Lima, Perú. En red disponible en: <http://jmirez.wordpress.com/2012/07/16/j490-la-pirolisis-como-proceso-termico-de-tratamiento-de-residuos-solidos-urbanos/>

Mirez, J. (2012). La digestión anaerobia como proceso biológico para tratamiento de residuos sólidos urbanos. Lima, Perú. En red disponible

en:<http://jmirez.wordpress.com/2012/07/14/j489-la-digestion-anaerobia-como-proceso-biologico-para-tratamiento-de-residuos-solidos-urbanos/>

Organización de las Naciones Unidas. (2006). Informe Nacional sobre desechos en Guatemala. Guatemala. Guatemala. En red disponible en: www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/.../waste.pdf

Passarelli, J. (2007). Estructuras para el manejo de desechos sólidos en la Universidad Rafael Landívar. Guatemala, Guatemala.

Presidencia de la República. (2005). Acuerdo Gubernativo No. 111-2005. Política nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. Guatemala, Guatemala.

PREMADES (Programa Regional sobre el Manejo de los Desechos Sólidos para los Pequeños Municipios en Centroamérica). (2006). Fase II-Formulación del Proyecto Nacional de Manejo Integrado de Desechos Sólidos en Guatemala. Manuscrito publicado, Guatemala.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (1999). Manual de Legislación ambiental de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

SIA, MAGA. (2010). Información poblacional de Guatemala 2010. Guatemala, Guatemala.

Solís O. (2013). Precomposting of organic residues and its effect in the population dynamics of *Eisenia foetida*. Agronomía Costarricense Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca. En red. Disponible en:

http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242013000100010&script=sci_ar ttext

Taboada G, et al. (2009). La tecnología de plasma y residuos sólidos. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY. En red. Disponible en: http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen13/tecnologia_plasma.pdf

Tchobanoglous G, et al. (1993) Integrated solid waste management. Engineering Principles and Management Issues, Estados Unidos, McGraw-Hill, Inc.

UNICEN (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires). (2005). Gestión integral de residuos. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires Argentina. En red, disponible en:

<http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/esantall/q37.0/Clase%206%20-Residuos/GESTION%20INTEGRAL%20DE%20RESIDUOS.pdf>

Sztern, D, et al. (2001). Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización panamericana de la salud. Organización mundial de la salud. San José. Uruguay. En red disponible en

<http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>

X. ANEXOS

Anexo 1. Boleta de caracterización de desechos sólidos para uso oficial en el Campus Central.

Fecha: _____

Edificio a cuantificar: _____

Facultad: _____

Carrera: _____

Nombre de Alumno: _____

Curso: _____

Total de Botes de basura en el edificio: _____

Material		Peso (kg)	Peso total (kg)	Volumen (m ³)	Volumen total (m ³)
Papel y Cartón	Papel y Cartón No contaminado				
	Papel y Cartón Contaminado				
Plástico	PET				
	Bolsas				
	Otros				
Aluminio	Latas				
Orgánico	Restos de comida, verdura, fruta, etc.				
No Clasificable	Duroport				
	Tetrabrik				
	Snacks				
	Bolsitas de Ketchup, Mostaza, etc. LLENAS				
	Otros				

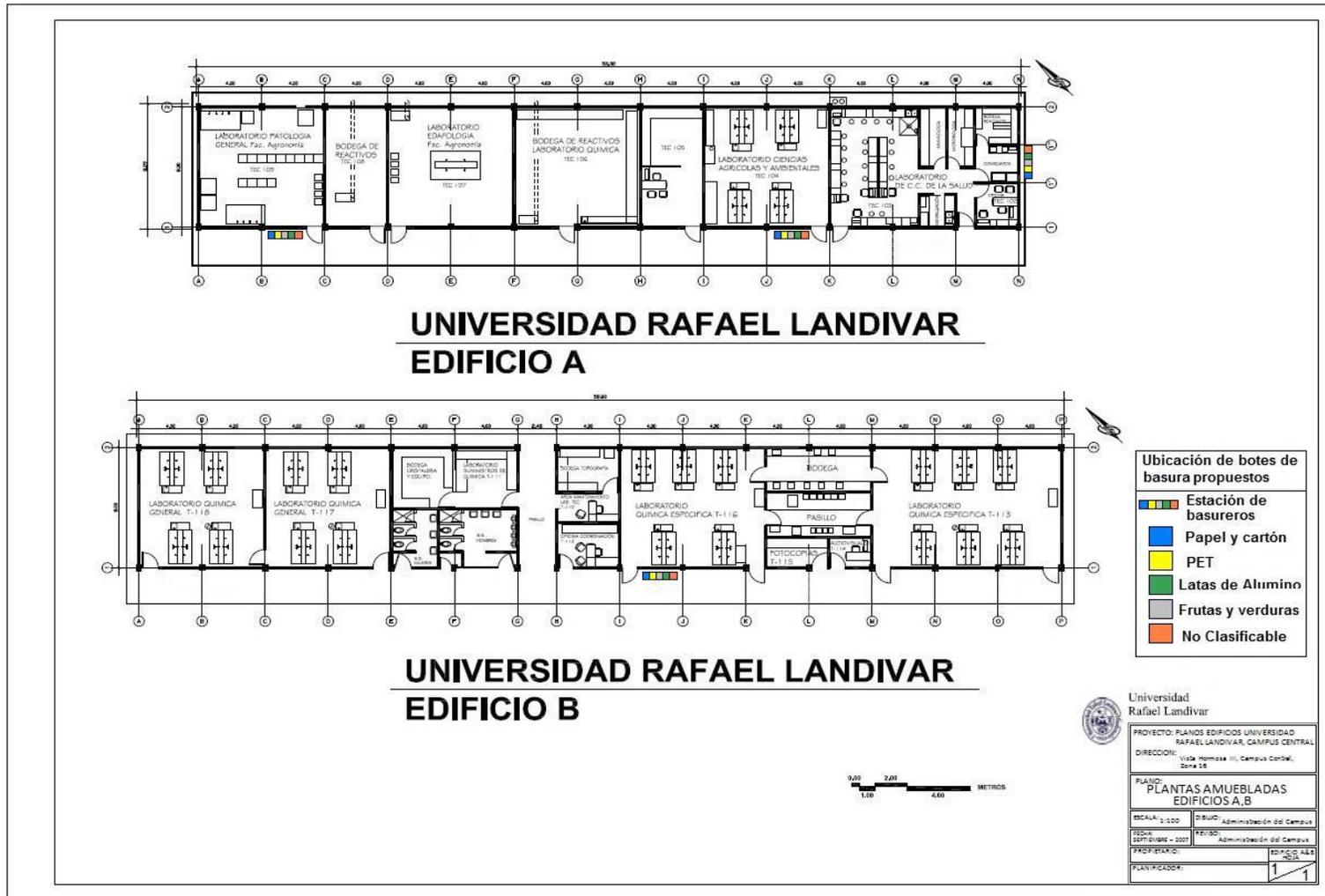
Anexo 2. Tabla de peso obtenido en cuantificación de desechos en todos los edificios del Campus Central.

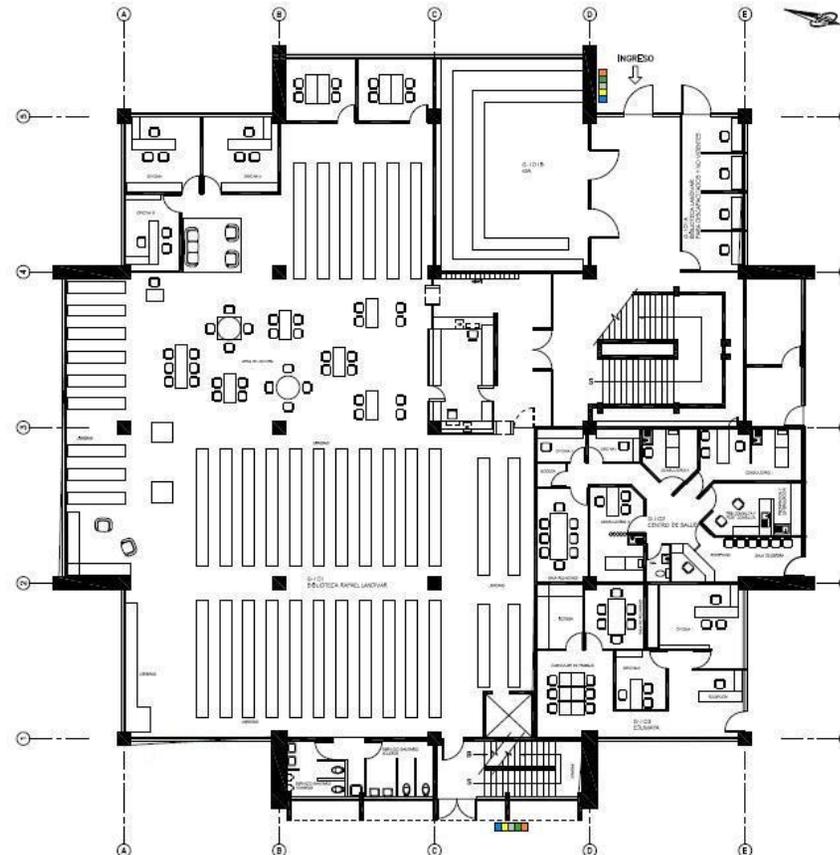
Edificio	Papel y cartón no contaminado (Kg)	Papel y cartón contaminado (Kg)	PET (Kg)	Bolsas (Kg)	Otros (Kg)	Latas (Kg)	Orgánico (Kg)	Duroport (Kg)	Tetrabrick (Kg)	Snacks (Kg)	Bolsitas de Ketchup (Kg)	Otros (Kg)	Total (Kg)	Desechos Edif. % Total.
TEC	12.4500	38.1700	10.3500	3.3200	2.4600	1.6800	1.8300	1.2900	2.0600	1.7800	0.3100	3.5300	79.2300	15.5582
L	3.6200	44.4000	7.3100	1.6100	1.1800	1.9200	2.2600	1.9600	3.3500	1.5200	0.4600	1.8300	71.4200	14.0245
H	1.3200	53.4300	13.4800	2.9000	5.9000	3.7200	4.1800	7.8400	1.7900	2.8400	0.5200	4.6700	102.5900	20.1453
G	5.5600	5.2000	1.1200	0.9000	0.4300	1.0300	0.8800	0.5800	1.0900	0.2200	0.2600	2.1200	19.3900	3.8076
J	2.8500	24.2500	11.6400	3.4900	3.3000	2.4600	2.9700	2.2800	1.9200	0.9000	0.3900	2.8400	59.2900	11.6426
O	2.2100	25.3700	6.7500	1.1100	0.6400	3.1600	1.4700	1.0400	1.1900	0.5100	0.1900	3.2500	46.8900	9.2077
M	7.5400	46.4900	8.7300	1.9100	3.0700	1.7200	1.3800	1.1500	2.8300	1.2600	0.4100	4.5200	81.0100	15.9077
A	0.0000	3.5600	0.1000	0.0500	1.2600	0.0900	0.5800	0.0500	0.0000	0.0100	0.0000	2.6600	8.3600	1.6416
B	0.0000	1.0000	0.4100	0.0200	0.4100	0.0000	0.0700	0.0200	0.0100	0.0100	0.0200	1.0700	3.0400	0.5970
C	0.0000	1.5000	0.8000	0.0300	0.7000	0.0300	0.0500	0.0300	0.0400	0.0100	0.0200	0.9000	4.1100	0.8071
D	0.9000	1.2600	0.6100	0.0300	0.2100	0.0500	0.1100	0.0400	0.0200	0.0100	0.0200	1.1200	4.3800	0.8601
Q	0.0400	0.8400	0.0600	0.0800	0.0500	0.0200	0.5200	0.0800	0.0600	0.0800	0.0400	0.8700	2.7400	0.5380
P	2.7400	1.8200	0.1200	0.0100	0.8500	0.1100	0.0200	0.0300	0.0400	0.0600	0.0600	7.5300	13.3900	2.6294
E	0.0200	0.7300	0.0900	0.0100	0.4300	0.4600	0.2900	0.0300	0.0300	0.0200	0.0300	0.9000	3.0400	0.5970
F	0.0300	0.8800	0.0400	0.0100	0.3700	0.0300	8.0000	0.0100	0.0200	0.0100	0.0100	0.9600	10.3700	2.0363
Total	39.2800	248.9000	61.6100	15.4800	21.2600	16.4800	24.6100	16.4300	14.4500	9.2400	2.7400	38.7700	509.2500	
% Subcat	7.7133	48.8758	12.0982	3.0398	4.1748	3.2361	4.8326	3.2263	2.8375	1.8144	0.5380	7.6132		

Anexo 3. Tabla de volumen obtenido en cuantificación de desechos en todos los edificios del Campus Central.

Edificio	Papel y cartón no contaminado (m ³)	Papel y cartón contaminado (m ³)	PET (m ³)	Bolsas (m ³)	Otros (m ³)	Latas (m ³)	Orgánico (m ³)	Duroport (m ³)	Tetrabrick (m ³)	Snacks (m ³)	Bolsitas de Ketchup (m ³)	Otros (m ³)	Total (m ³)	Desechos edif. % Total
TEC	0.2276	0.6481	0.3257	0.2260	0.0797	0.0681	0.0149	0.2609	0.1429	0.3290	0.0016	0.0481	2.3726	13.7224
L	0.0697	0.6880	0.3938	0.4969	0.0432	0.0864	0.0199	0.3606	0.2044	0.2791	0.0016	0.0182	2.6618	15.3950
H	0.0299	0.7578	0.4304	0.1778	0.1196	0.1711	0.0598	0.5318	0.1213	0.5151	0.0033	0.0980	3.0159	17.4430
G	0.0697	0.1113	0.0398	0.0963	0.0864	0.0465	0.0199	0.1196	0.0764	0.0448	0.0016	0.0930	0.8053	4.6576
J	0.0614	0.3157	0.4071	0.2359	0.1046	0.1146	0.0265	0.4171	0.1312	0.1861	0.0016	0.0531	2.0549	11.8849
O	0.0465	0.4487	0.1994	0.3789	0.1312	0.1346	0.0299	0.2044	0.0897	0.0980	0.0016	0.1030	1.8659	10.7918
M	0.1362	0.7761	0.5085	0.1163	0.0847	0.0664	0.0166	0.1628	0.1678	0.2293	0.0016	0.0781	2.3444	13.5593
A	0.0000	0.1146	0.0199	0.0664	0.0631	0.0132	0.0083	0.0182	0.0000	0.0016	0.0000	0.0232	0.3285	1.8999
B	0.0000	0.0498	0.0149	0.0265	0.0182	0.0000	0.0132	0.0149	0.0083	0.0016	0.0016	0.0166	0.1656	0.9578
C	0.0000	0.0814	0.0299	0.0398	0.0315	0.0199	0.0083	0.0182	0.0083	0.0016	0.0016	0.0299	0.2704	1.5639
D	0.0365	0.0548	0.0199	0.0382	0.0149	0.0149	0.0116	0.0216	0.0083	0.0016	0.0016	0.0166	0.2405	1.3910
Q	0.0016	0.0432	0.0099	0.0332	0.0382	0.0099	0.0083	0.0299	0.0083	0.0066	0.0016	0.0132	0.2039	1.1793
P	0.1362	0.0548	0.0116	0.0265	0.0681	0.0149	0.0049	0.0132	0.0083	0.0049	0.0016	0.1096	0.4546	2.6293
E	0.0016	0.0432	0.0132	0.0249	0.0365	0.0299	0.0166	0.0182	0.0083	0.0033	0.0016	0.0265	0.2238	1.2944
F	0.0033	0.0515	0.0116	0.0232	0.0299	0.0116	0.1179	0.0083	0.0083	0.0016	0.0016	0.0132	0.2820	1.6310
Total	0.8202	4.2390	2.4356	2.0068	0.9498	0.8020	0.3766	2.1997	0.9918	1.7042	0.0241	0.7403	17.2901	
% Subcat	4.7438	24.5171	14.0868	11.6067	5.4933	4.6385	2.1781	12.7224	5.7363	9.8566	0.1394	4.2817		

Anexo 4. Planos de edificios del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar con ubicación específica de estaciones de desechos.





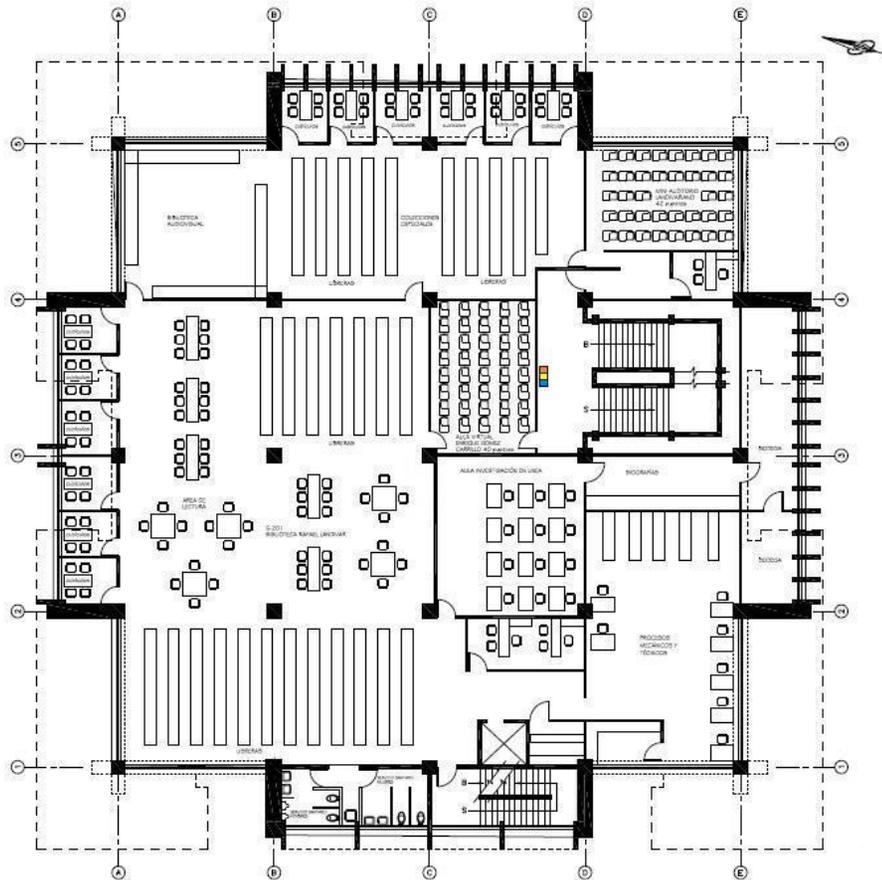
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO G, 1er nivel

ESCALA 1:100

Ubicación de botes de basura propuestos

	Estación de basureros
	Papel y cartón
	PET
	Latas de Aluminio
	Frutas y verduras
	No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vista Homosa III, Campus Central, Zona 14	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO G	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISOR: Administración del Campus
PROYECTANTE:	EDIFICIO G
PLANIFICADOR:	1 2



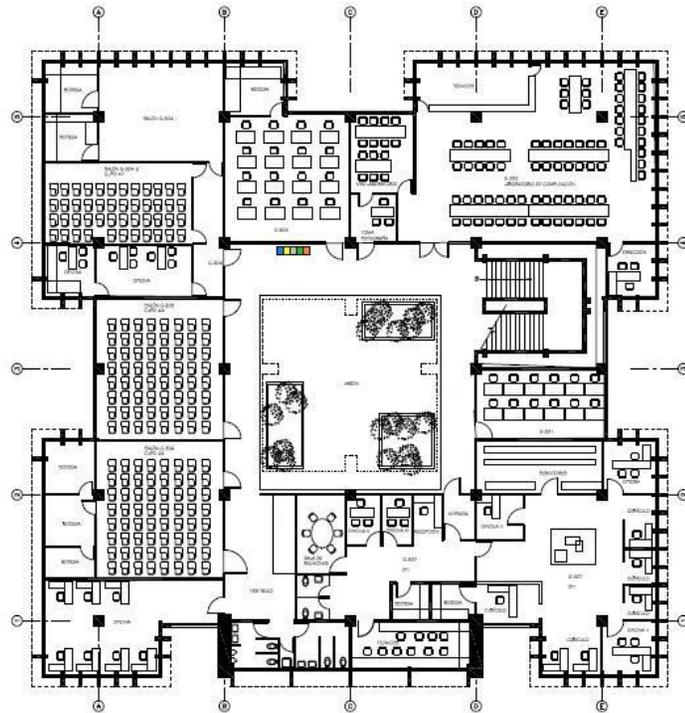
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO G, 2do nivel

ESCALA 1:100

Ubicación de botes de basura propuestos

- Estación de basureros
- Papel y cartón
- PET
- Latas de Aluminio
- Frutas y verduras
- No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vía de Homero III, Campus Central, Zona 14	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO G	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISÓ: Administración del Campus
PROYECTADO:	EDIFICIO G - 100A
PLANIFICADOR:	



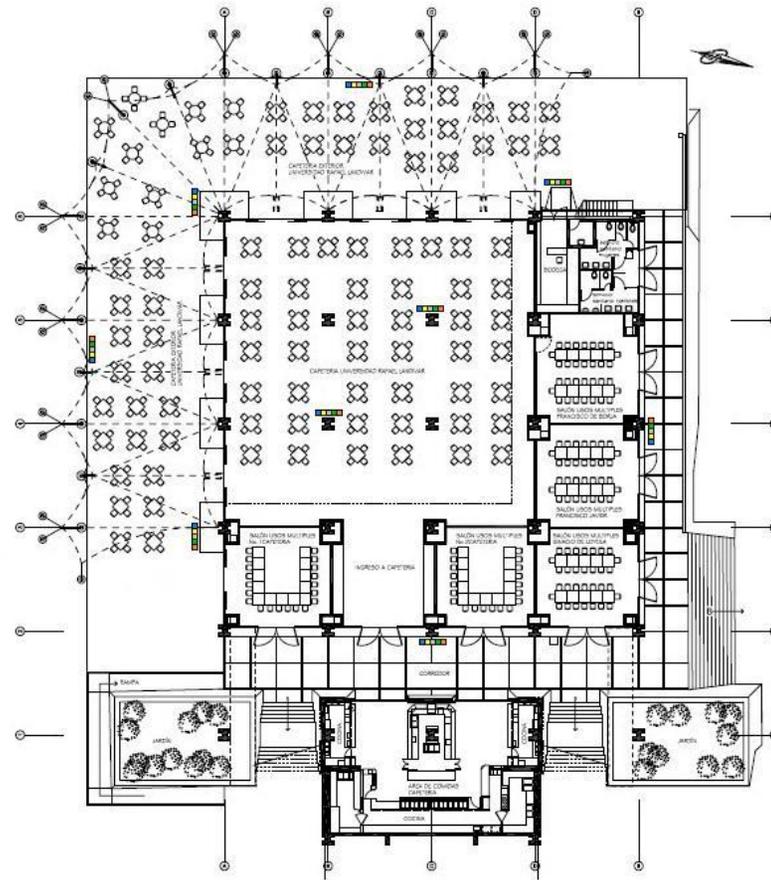
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO G, 3er nivel

ESCALA 1:150

Ubicación de botes de basura propuestos

- Estación de basureros
- Papel y cartón
- PET
- Latas de Aluminio
- Frutas y verduras
- No Clasificable

PROYECTO: PLANOS ESPEROS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vista Hermosa II, Campus Central, Zona 18	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO G	
ESTRUCTURADA	REVISTA
NOVA	REVISTA
PROYECTO	ESPESOR
COMPOSICIÓN	REVISOR



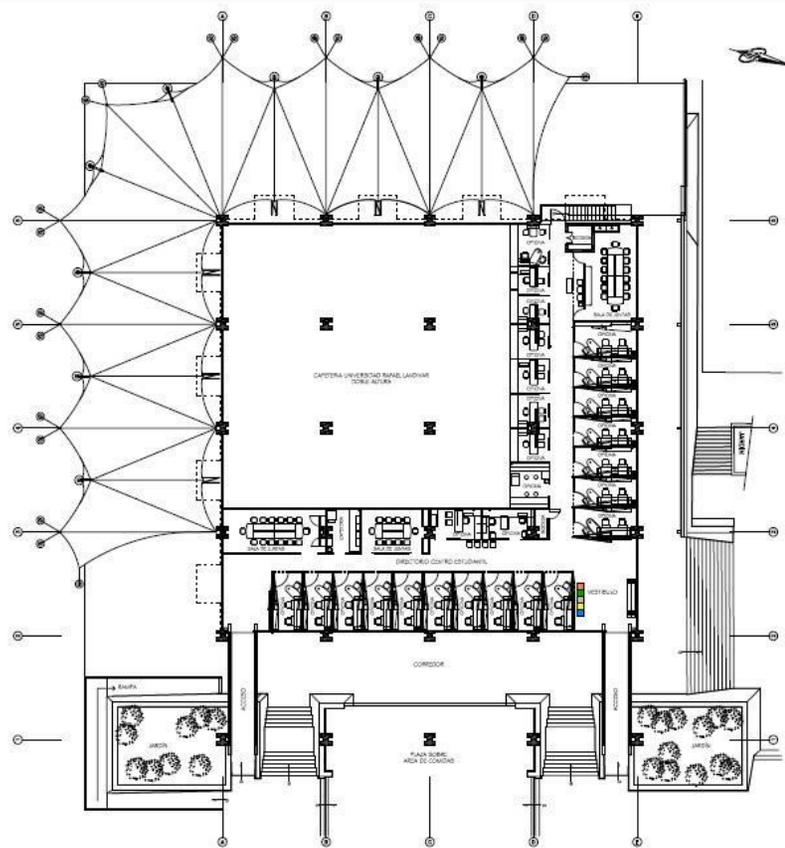
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO H, 1er nivel

ESCALA 1:150

Ubicación de botes de basura propuestos

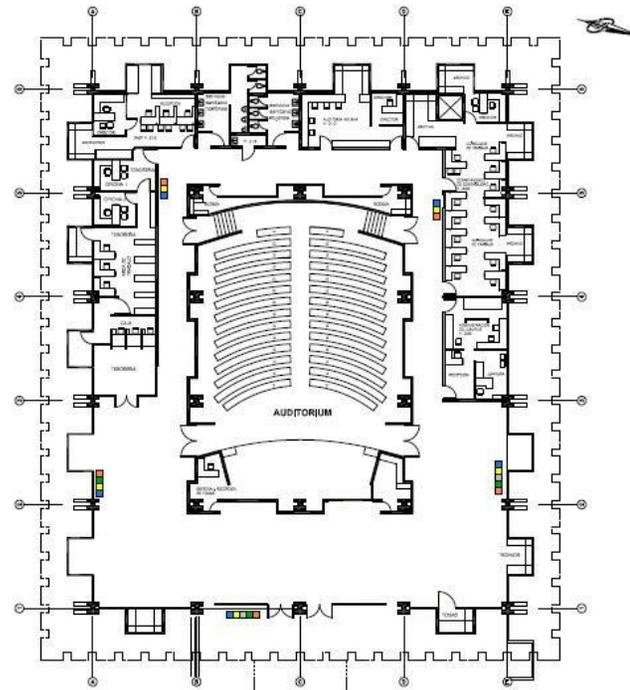
	Estación de basureros
	Papel y cartón
	PET
	Latas de Aluminio
	Frutas y verduras
	No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vía de la Amistad III, Campus Central, Zona 10	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO H	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISOR: Administración del Campus
PROYECTAR: _____	EDIFICIO H - 1er nivel
PLANIFICADOR: _____	1 / 3



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO H, 1er nivel (mezanine)

ESCALA 1:150



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO H, 2do nivel

ESCALA 1:150

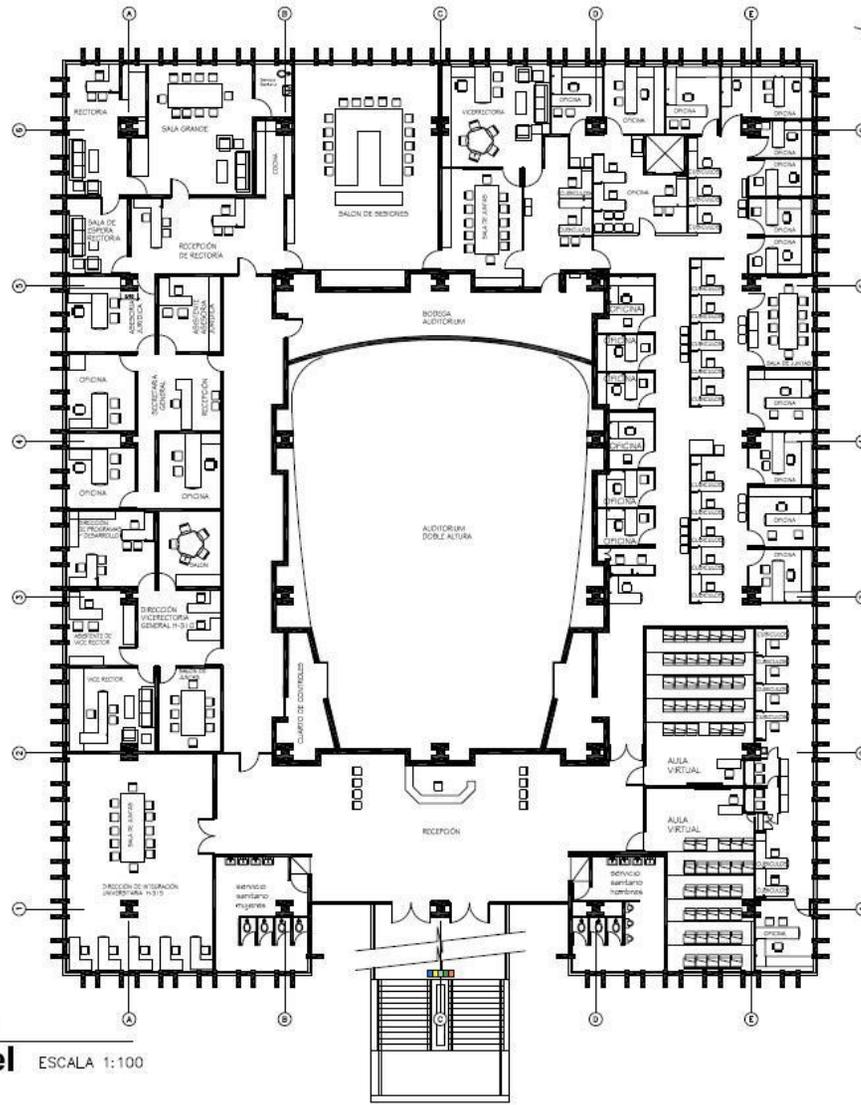
Ubicación de botes de basura propuestos

- Estación de basureros
- Papel y cartón
- PET
- Latas de Aluminio
- Frutas y verduras
- No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vía Normal III, Campus Central, Zona 10	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO H	
ESCALA: INDICADA	DIBUJO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISO: Administración del Campus
PROYECTANTE:	EDIFICIO H
PLANIFICADOR:	2/3

**UNIVERSIDAD
RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO H, 3er nivel**

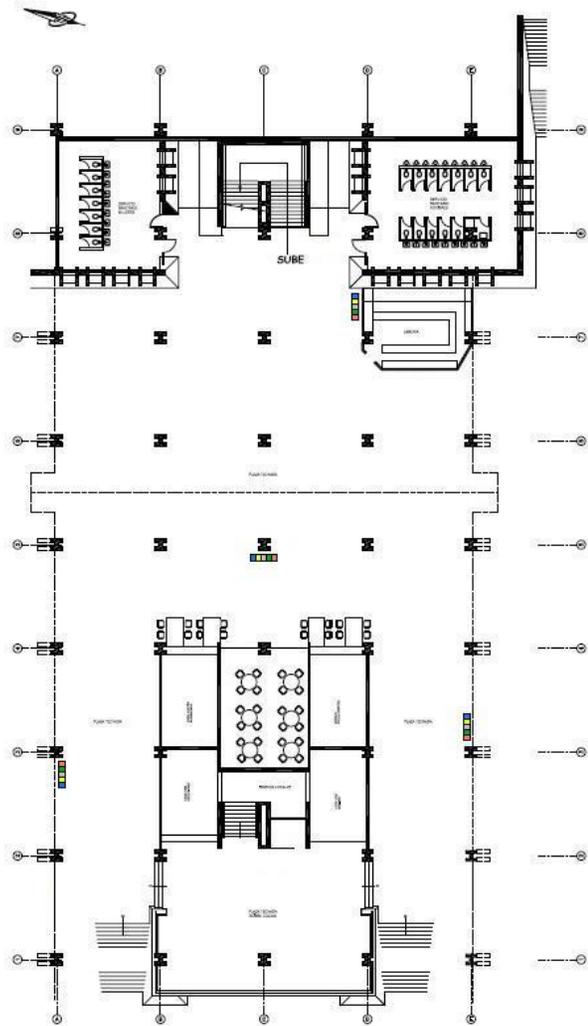
ESCALA 1:100



Ubicación de botes de basura propuestos

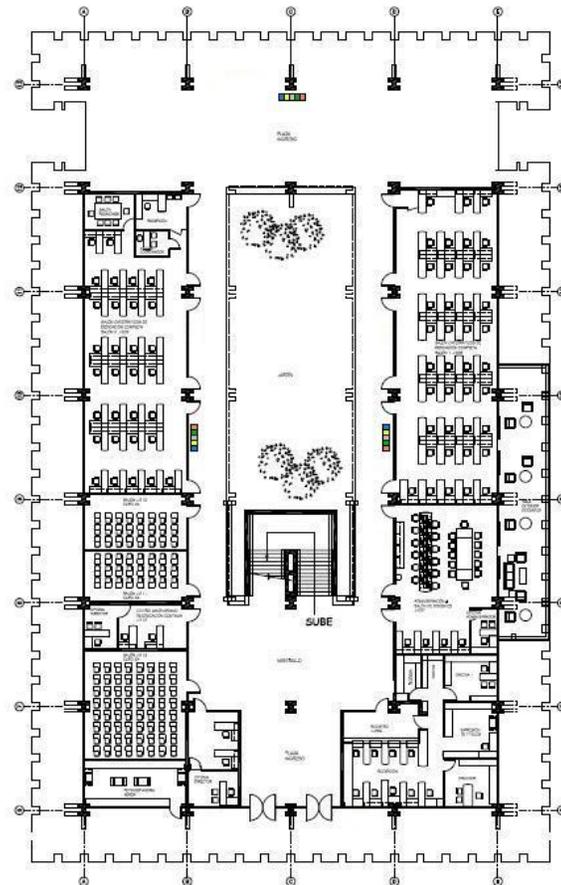
- Estación de basureros
- Papel y cartón
- PET
- Latas de Aluminio
- Frutas y verduras
- No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCION: Vialidad Homage III, Campus Central, Zona 16	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO H	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISO: Administración del Campus
PROFESORADO:	EDIFICIO H - 3
PLANIFICADOR:	3 / 3



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO J, 1er nivel - Plaza Techada

ESCALA 1:150



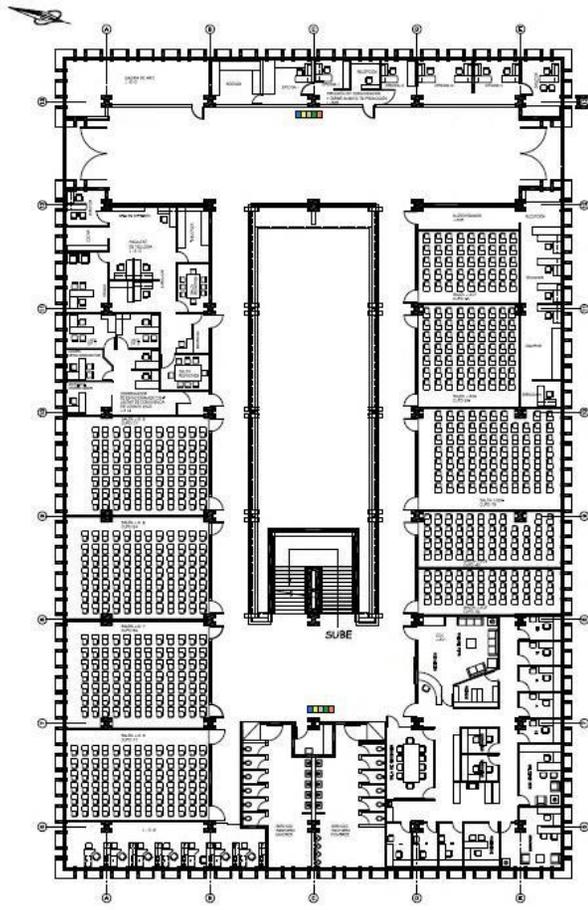
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO J, 2do nivel

ESCALA 1:150

Ubicación de botes de basura propuestos

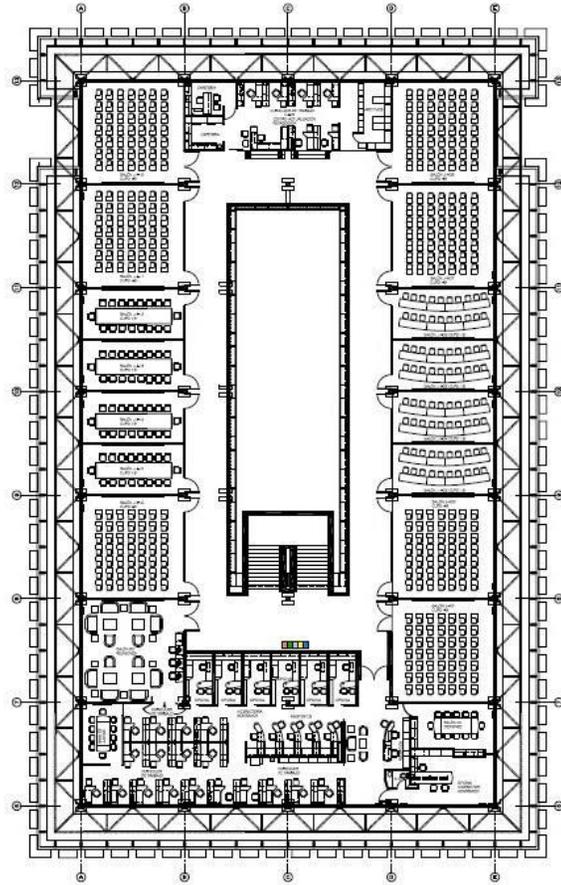
	Estación de basureros
	Papel y cartón
	PET
	Latas de Aluminio
	Frutas y verduras
	No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vista Hermosa III, Campus Central, Zona 16	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO J	
ESCALA INDICADA:	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: ESTI-DISEÑO - 2007	REVISOR: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO J
PLANIFICADOR:	NOVA



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO J, 3er nivel

ESCALA 1:150



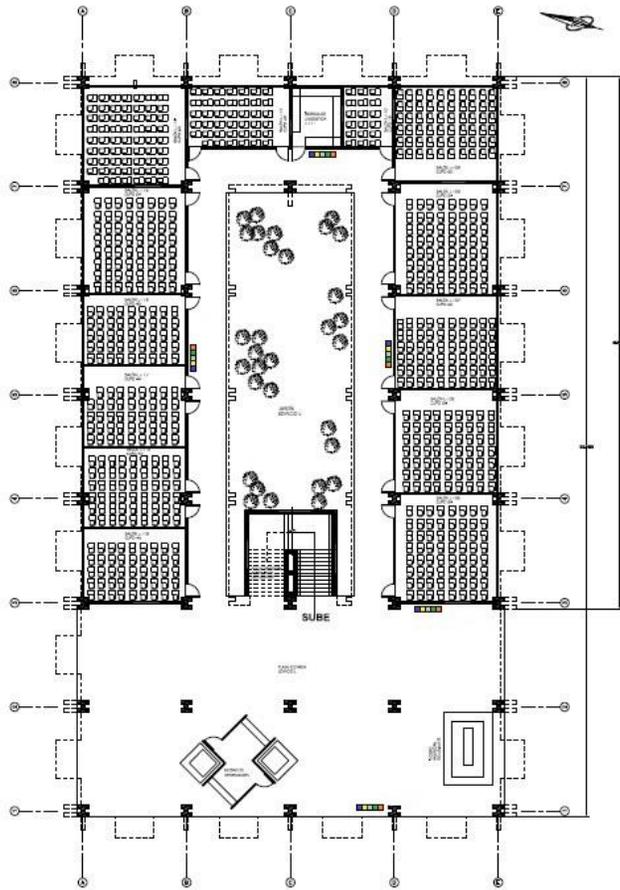
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO J, 4to nivel

ESCALA 1:150

Ubicación de botes de basura propuestos

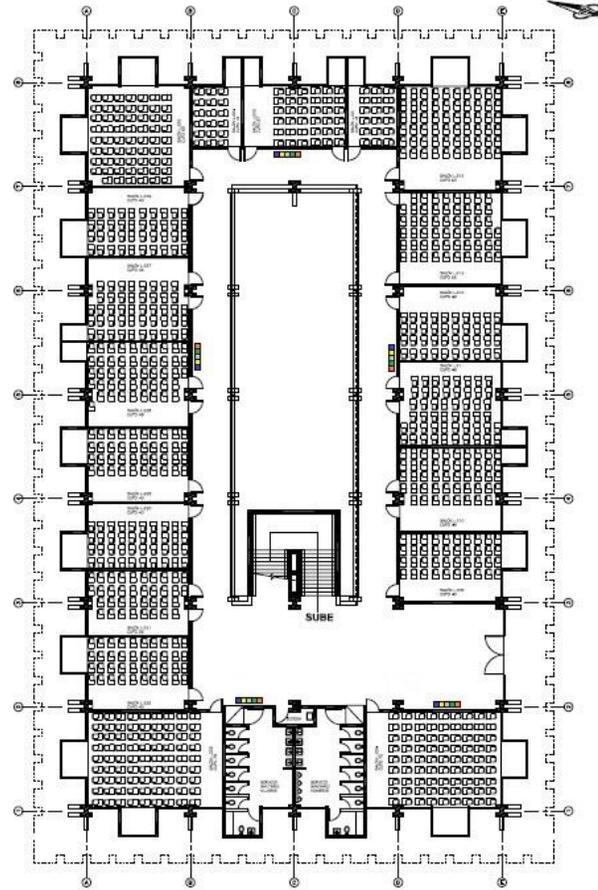
- Estación de basureros
- Papel y cartón
- PET
- Latas de Aluminio
- Frutas y verduras
- No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vía Iparraguirre (C. Campus Central) Zona 13	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO J	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	**REVISOR: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO J NO. 2
PLANIFICADOR:	2



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO L, 1er nivel

ESCALA 1:150



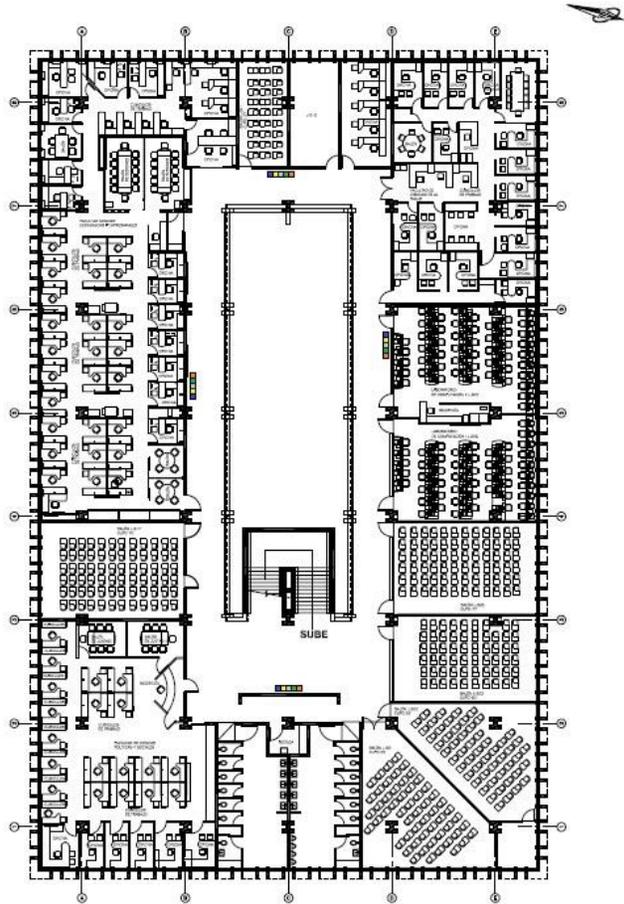
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO L, 2do nivel

ESCALA 1:150

Ubicación de botes de basura propuestos

-  Estación de basureros
-  Papel y cartón
-  PET
-  Latas de Aluminio
-  Frutas y verduras
-  No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vía de Homero III, Campus Central, Zona 12	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO L	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE = 2007	REVISO: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO L - HOJA
PLANIFICADOR:	1 2



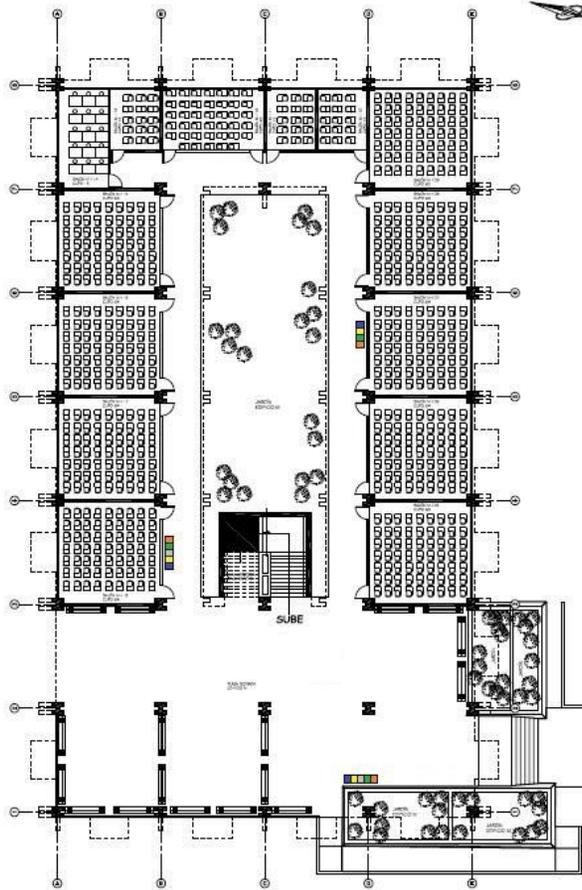
Ubicación de botes de basura propuestos

	Estación de basureros
	Papel y cartón
	PET
	Latas de Aluminio
	Frutas y verduras
	No Clasificable

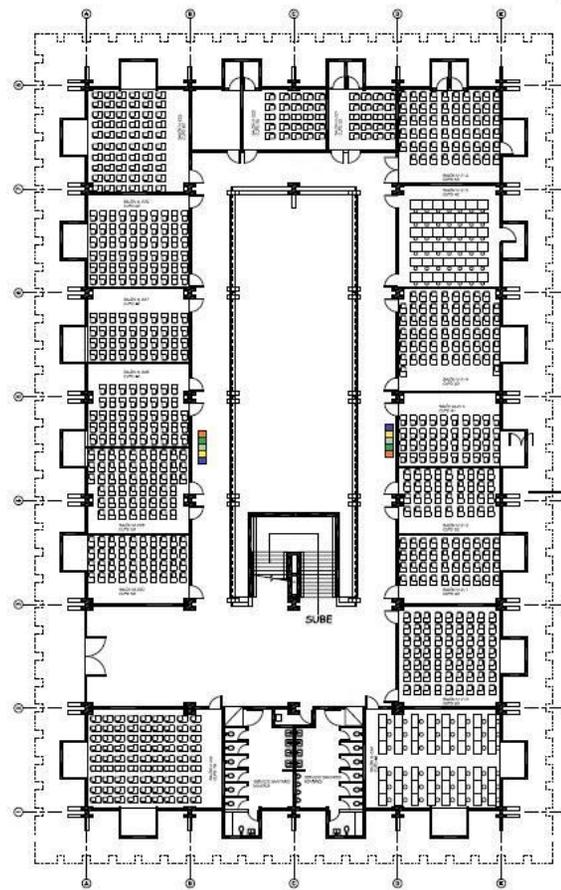
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO L, 3er nivel

ESCALA 1:150

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vía de Homage III, Campus Central, Zona 15	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO L	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISÓ: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO: L
PLANIFICADOR:	2
	2



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO M, 1er nivel

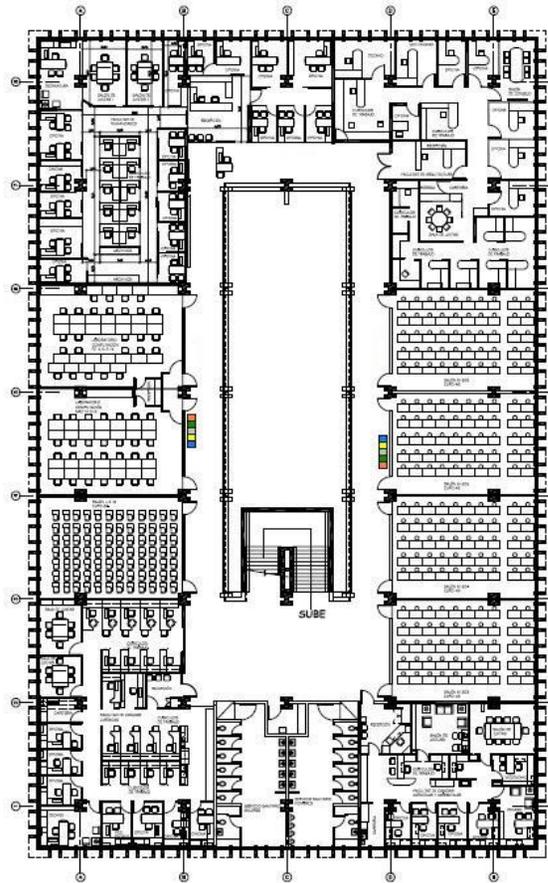


UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO M, 2do nivel

Ubicación de botes de basura propuestos

- Estación de basureros
- Papel y cartón
- PET
- Latas de Aluminio
- Frutas y verduras
- No Clasificable

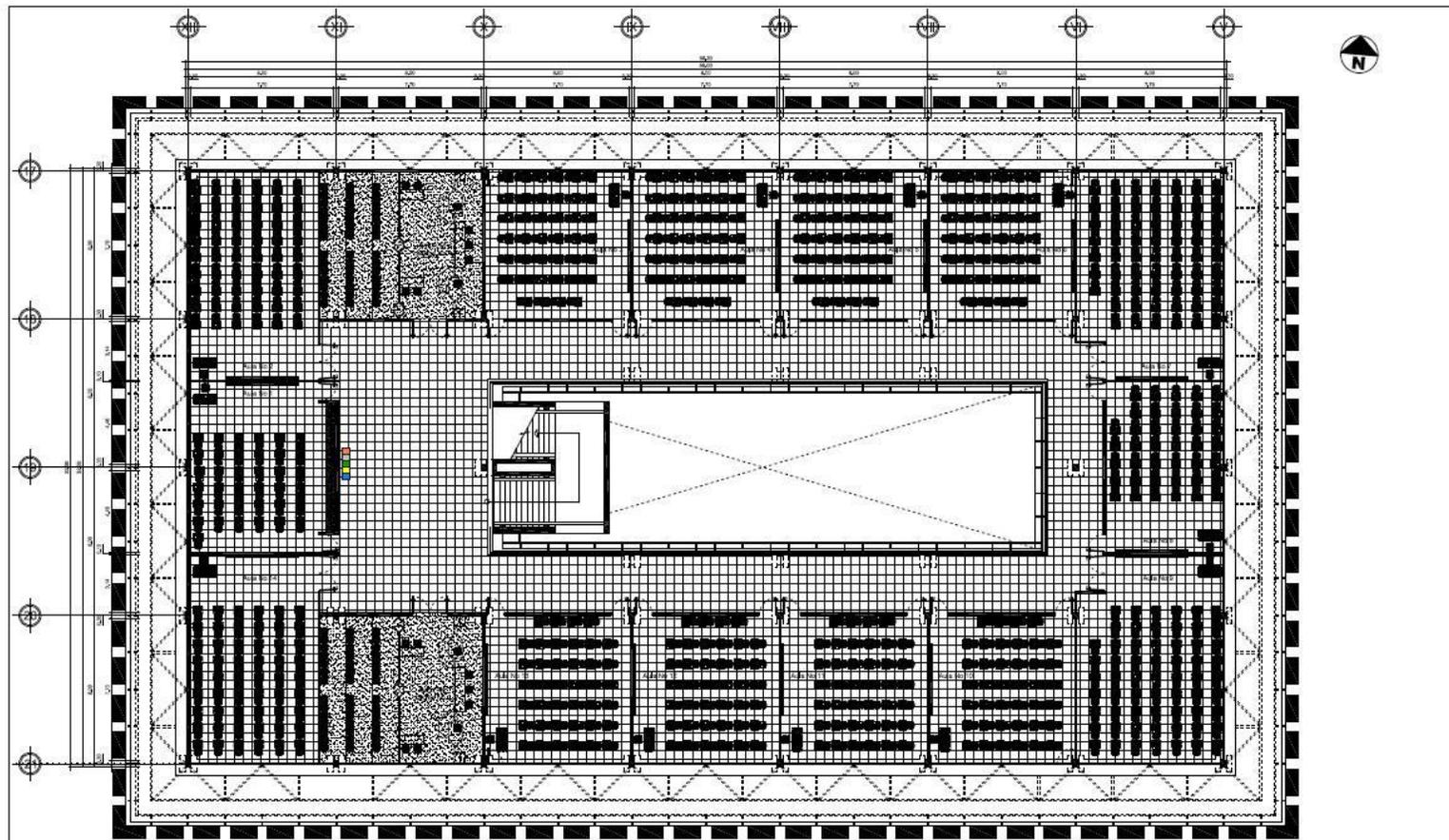
PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vista Hermosa III, Campus Central, Zona 13	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISÓ: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO L
PLANIFICADOR:	2



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO M, 3er nivel

Ubicación de botes de basura propuestos	
	Estación de basureros
	Papel y cartón
	PET
	Latas de Alumino
	Frutas y verduras
	No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vía de Normal III, Campus Central, Zona 15	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO M	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISÓ: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO: M
PLANIFICADOR:	HOJA: 2
	2



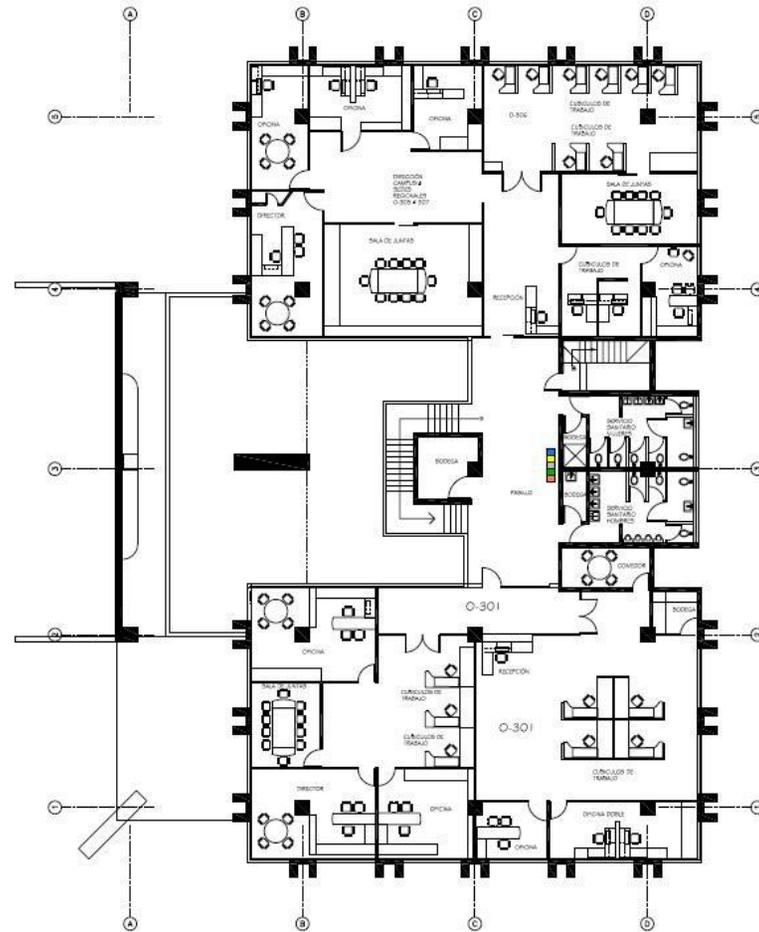
PLANTA ARQUITECTONICA EDIFICIO "M" 4to. NIVEL

ESCALA 1:100

Ubicación de botes de basura propuestos

-  Estación de basureros
-  Papel y cartón
-  PET
-  Latas de Aluminio
-  Frutas y verduras
-  No Clasificable

POSITIVO S.A.	
<small>SESERO PLANIFICADOR Y EJECUTOR DE PROYECTOS</small>	
PROYECTO: EDIFICIO "M" 4to. NIVEL	
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR	
FECHA: MARZO 2.007	INDICADA: PLANTA ARQUITECTONICA
<small>PROYECTISTA: ING. OSCAR ASTURIAS COL. 1075</small>	<small>PROPIETARIO: UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR</small>



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO O, 3er nivel

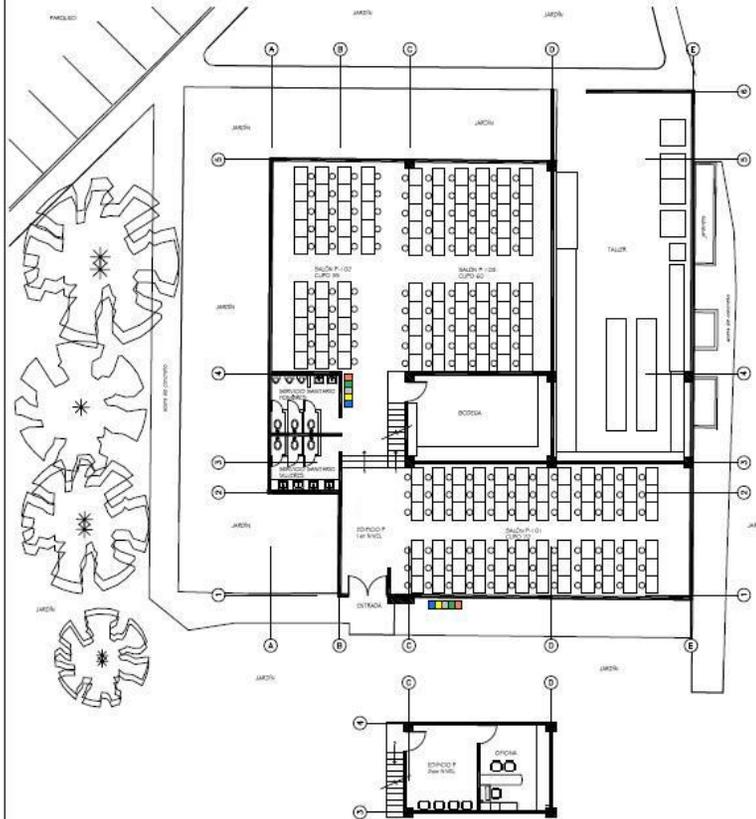
ESCALA 1:100

Ubicación de botes de basura propuestos

Estación de basureros

- Papel y cartón
- PET
- Latas de Aluminio
- Frutas y verduras
- No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCION: Vía de Homero III, Campus Central, Zona 15	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO O	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISOR: Administración del Campus
PROYECTANTE:	EDIFICIO O - 100
PLANIFICADOR:	2 / 2



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO P, 1er y 2do nivel

ESCALA 1:100



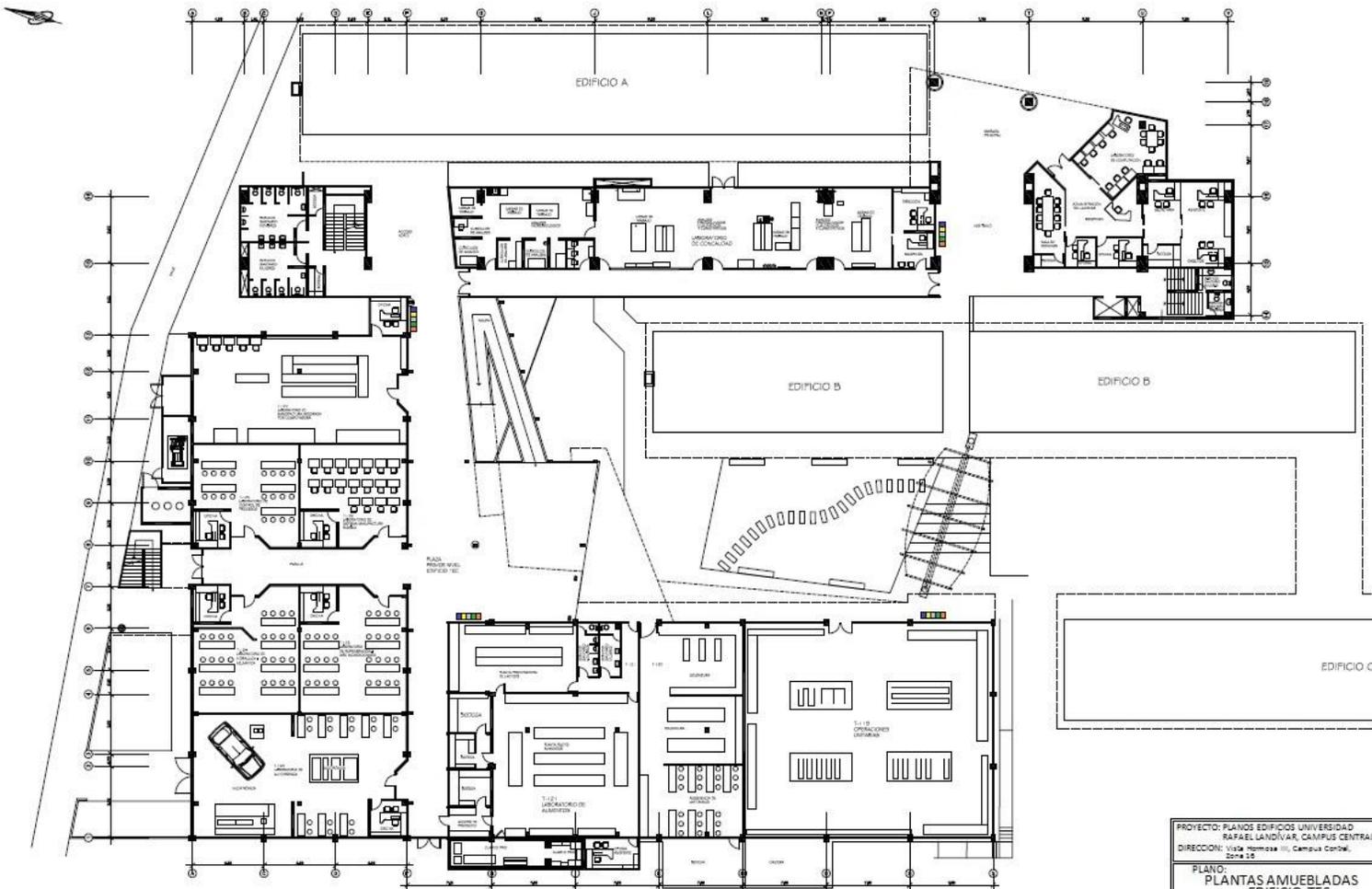
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO Q

ESCALA 1:100

Ubicación de botes de basura propuestos

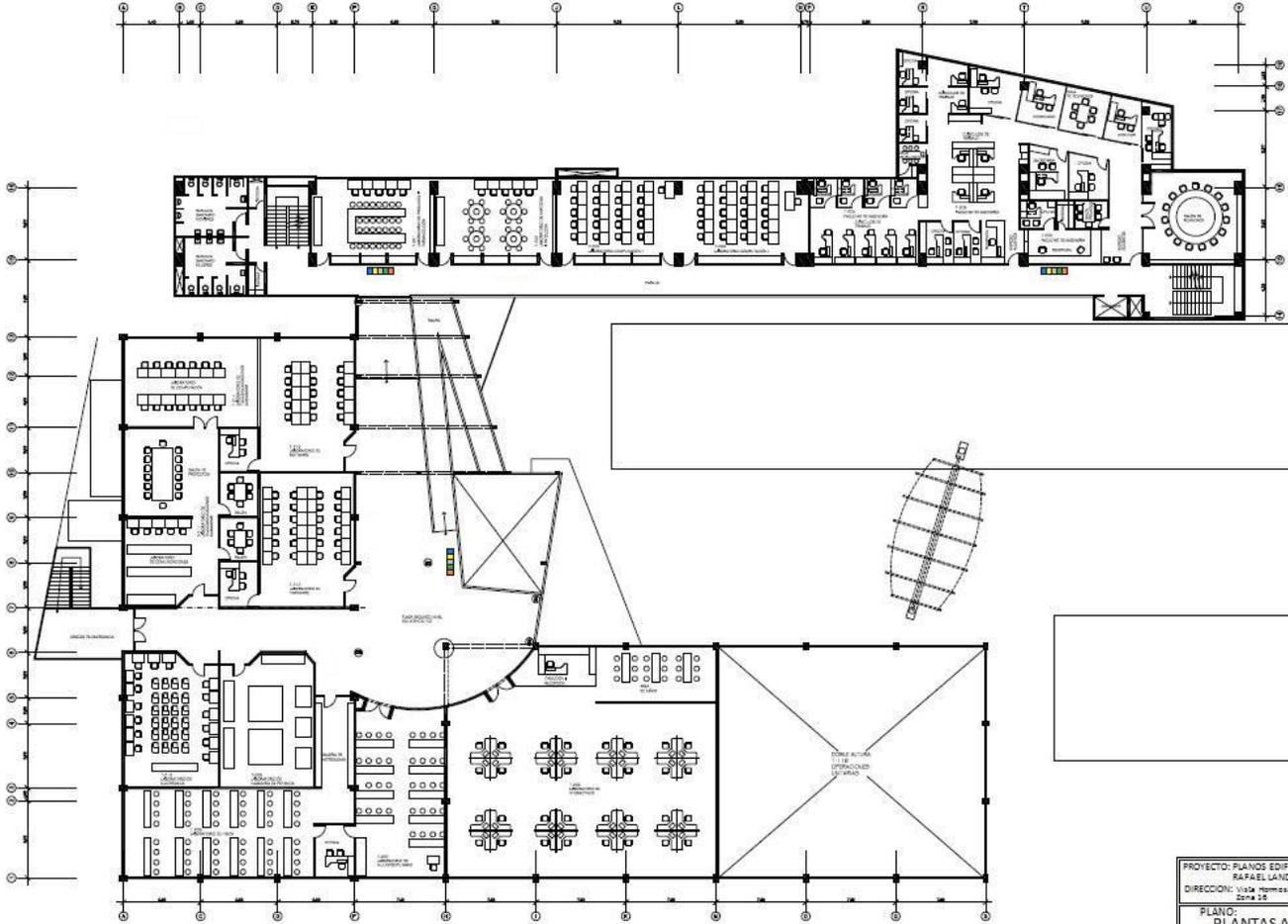
	Estación de basureros		PET
	Papel y cartón		Frutas y verduras
	Latas de Aluminio		
	No Clasificable		

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCIÓN: Vista hermosa III, Campus Central, Zona 13	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO P & Q	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISÓ: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO P & Q
PLANIFICADOR:	1
	1



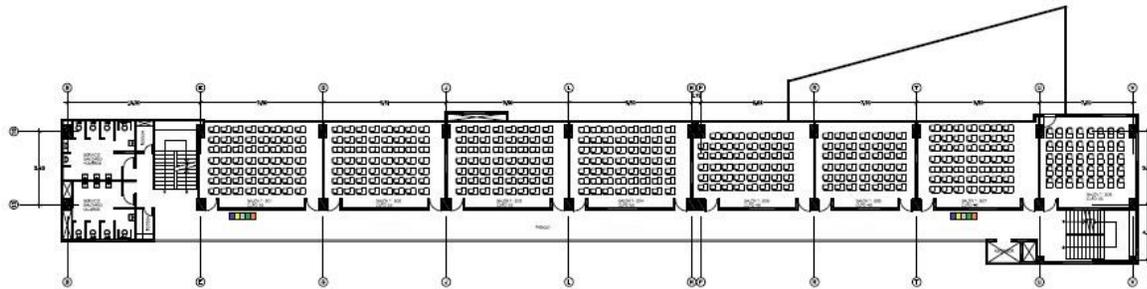
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO TEC, 1er nivel

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCION: Vista Hermosa III, Campus Central, Zona 15	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO TEC	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISOR: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO TEC
PLANIFICADOR:	1 3

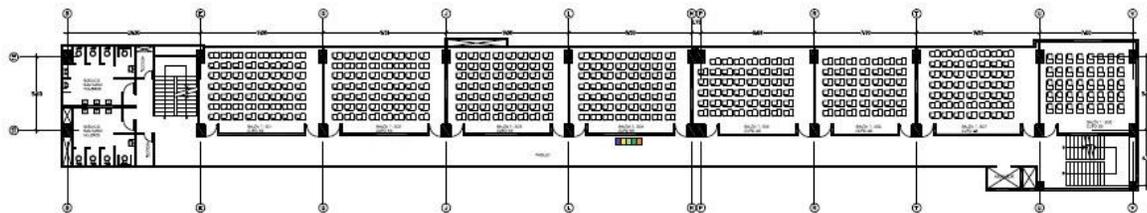


UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO TEC, 2do nivel

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCION: Vía La Horroca III, Campus Central, Zona 15	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO TEC	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISOR: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO TEC - 2da
PLANIFICADOR:	2 / 3



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO TEC, 3er nivel



UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
EDIFICIO TEC, 4to nivel

Ubicación de botes de basura propuestos

	Estación de basureros		PET
	Papel y cartón		Frutas y verduras
	Latas de Aluminio		No Clasificable

PROYECTO: PLANOS EDIFICIOS UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, CAMPUS CENTRAL	
DIRECCION: Calle Homero III, Campus Central, Zona 13	
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS EDIFICIO TEC	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Administración del Campus
FECHA: SEPTIEMBRE - 2007	REVISO: Administración del Campus
PROPIETARIO:	EDIFICIO TEC INDIA
PLANIFICADOR:	3 / 3

Anexo 5. Matriz de valoración de empresas dedicadas al reciclaje en el departamento de Guatemala.

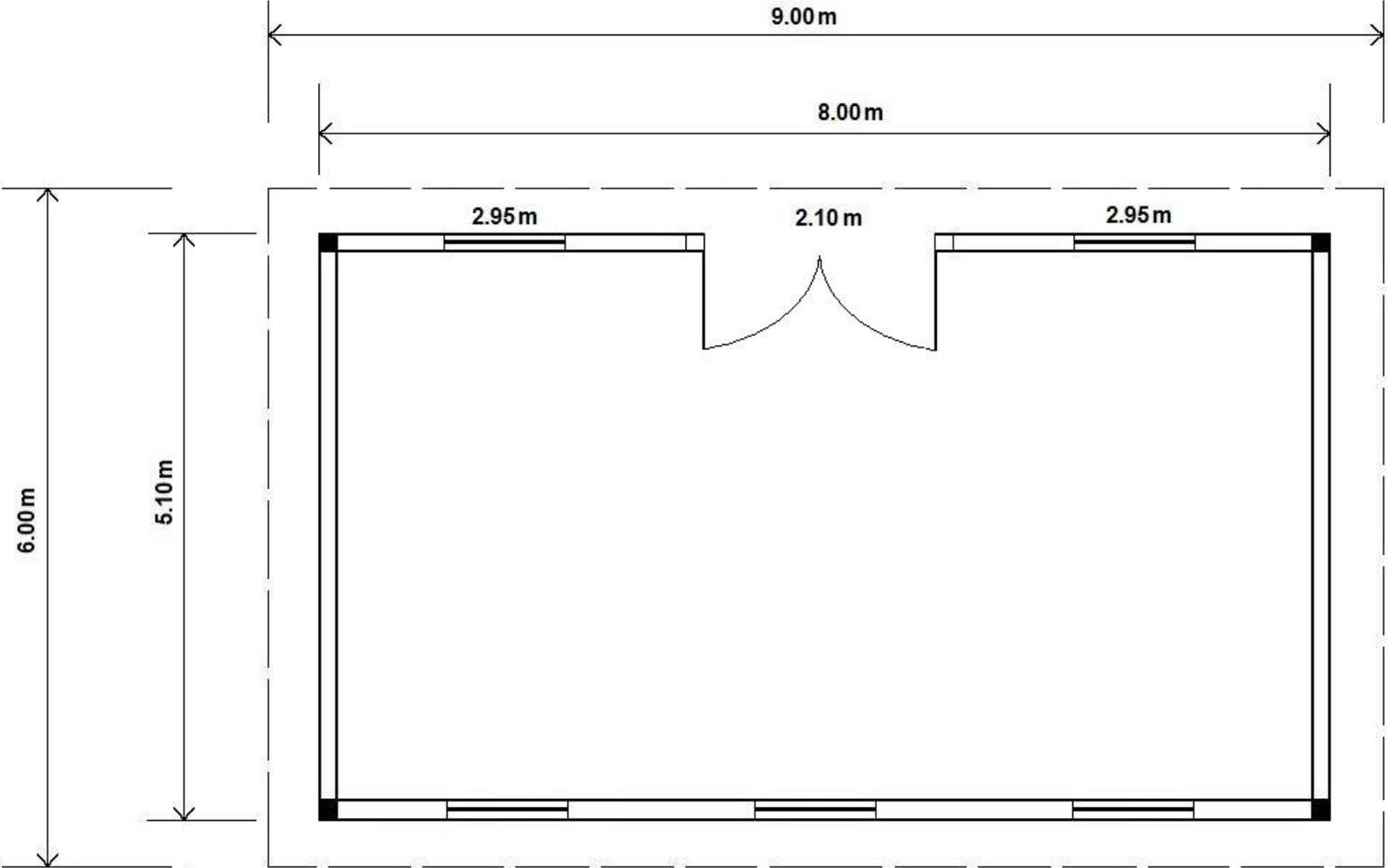
Empresa	Precio de compra	Ubicación	Transporte	Desechos aceptados			Punteo total
				Papel y cartón	PET	Aluminio	
Recicladora La Joya	5	4	9	10	10	10	49
RED ECOLÓGICA	10	7	10	10	0	0	37
Recicladora San José	9	10	10	10	10	10	59
Reciclados de Centro América	10	6	6	0	10	0	32
RECIPA	8	9	9	10	10	10	57
DISO, S.A	7	9	10	10	10	10	56
Corporación de Reciclaje de Metales	10	8	8	0	0	10	36
Reciclaje MIRANDA	7	4	6	10	10	0	37
COPROVE	4	8	10	10	0	0	32
CLAPSA	7	9	10	10	0	0	36
ECOLOGÍA TOTAL	10	4	0	10	10	10	44

Anexo 6. Tabla comparativa de empresas recicladoras de papel y cartón, plástico (PET), y metal (latas de aluminio) en el departamento de Guatemala.

Empresa	Dirección	Teléfono	Papel y cartón Precio por Quintal	Plástico (PET) Precio por Quintal	Aluminio (Latas) Precio por Quintal
SAN JOSÉ	4 Avenida 1-73 zona 9 Guatemala, Guatemala.	(502) 55239166	Q 30.00	Q 100.00	Q 500.00
RECIPA	2 Calle 2-72 zona 9 Guatemala, Guatemala.	(502) 2361-1555	Q 35.00	Q 75.00	Q 450.00
DISO, S.A.	1 Calle 1-33 zona 1 Guatemala, Guatemala.	(502) 2232-1390	Q 30.00	Q 50.00	Q 400.00
ECOLOGIA TOTAL	5 AVE B, 5-41 zona 12 Colonia Guajitos. Guatemala, Guatemala.	(502) 2449-8553 / 2449-9200	Q 20.00	Q 75.00	Q 425.00
RECICLADORA LA JOYA, S.A.	1 calle 1-85 zona 6 Colonia Los Álamos, San Miguel Petapa, Guatemala.	(502) 2448-1286	Q 40.00	Q 50.00	Q 350.00
RECICLAJE	13 Avenida "B" 1-12 zona 2 de	(502) 2250-3496	Q 25.00	Q 100.00	N/A

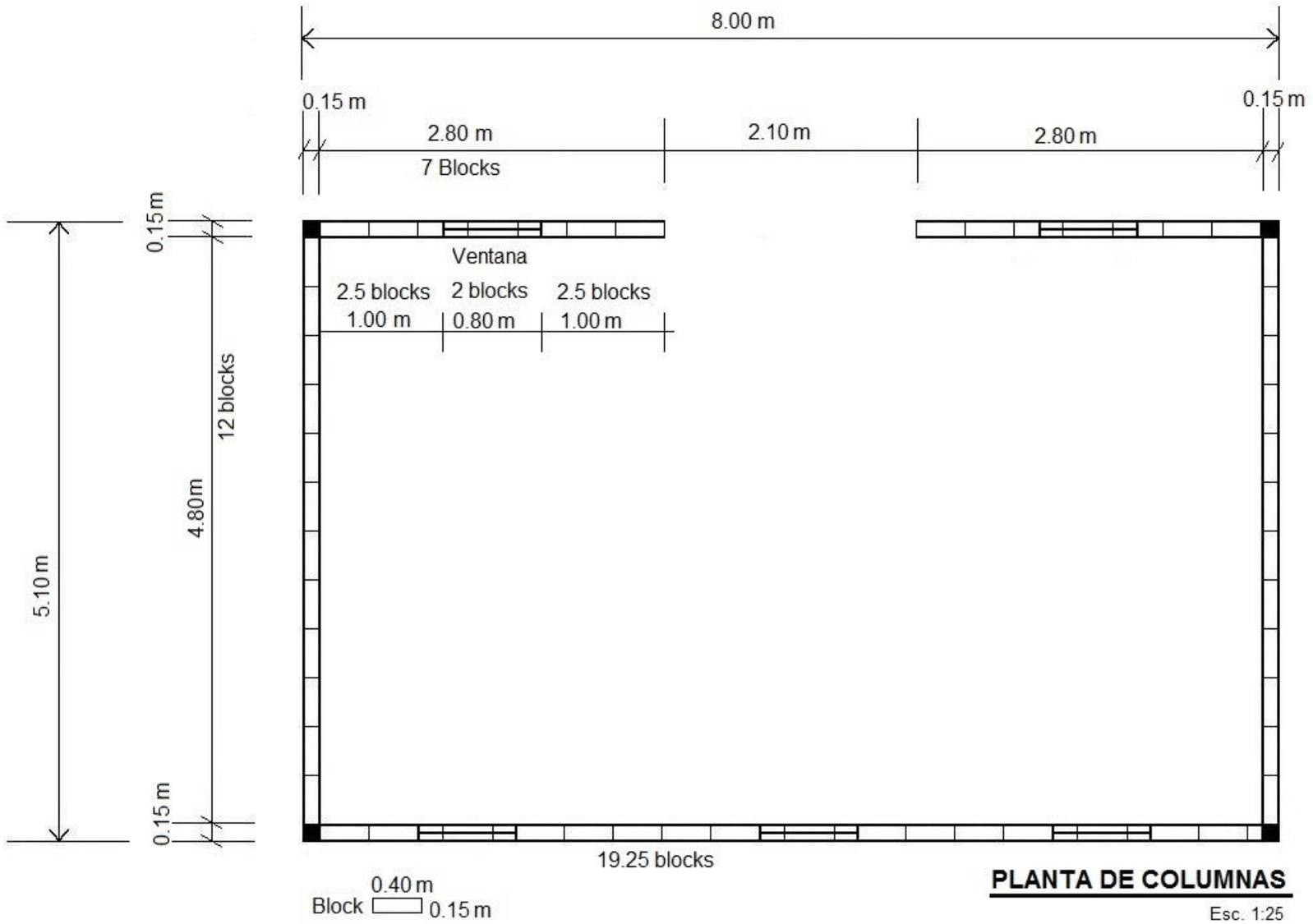
MIRANDA	Mixco, colonia La Escuadrilla.				
RECICLADOS DE CENTRO AMERICA, S.A.	Avenida Petapa y 56 calle zona 12 Guatemala, Guatemala.	(502) 2326-5760	N/A	Q 30.00	N/A
CORPORACIÓN RECICLAJE DE METALES	6 Calle 0-25 zona 12 Guatemala, Guatemala	(502) 24719446	N/A	N/A	Q 520.00
RED ECOLOGICA	Carretera al Atlántico km 10 zona 17. Apto A. Guatemala, Guatemala.	(502) 2427-1360	Q 25.00	N/A	N/A
COPROVE	26 Calle 3-53 Zona 12 Colonia Reformita. Guatemala, Guatemala.	(502) 2471-9446	Q 20.00	N/A	N/A

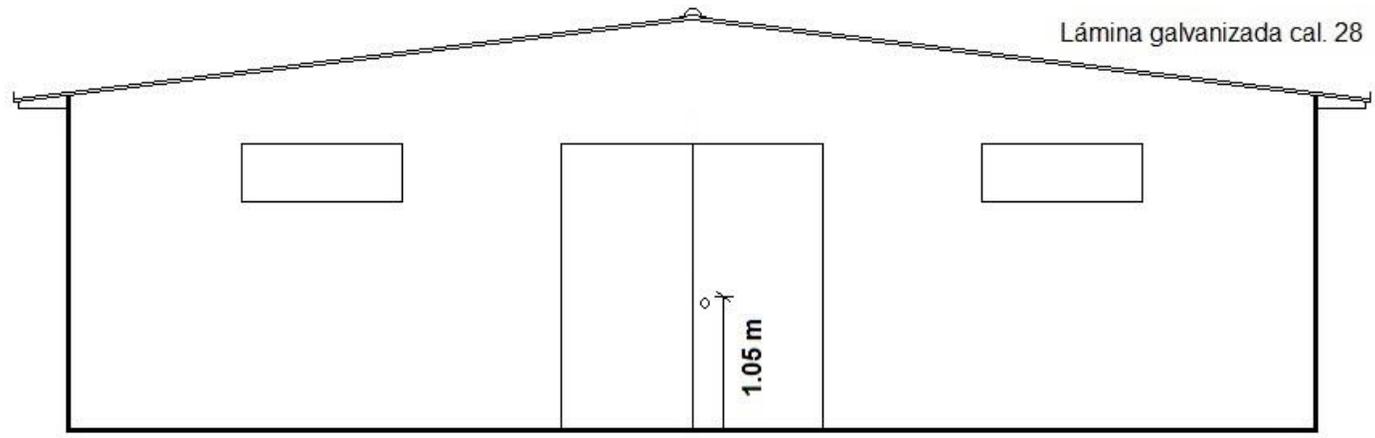
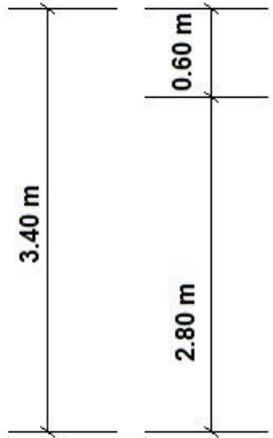
Anexo 7. Planos de galera y bodega de clasificación de materiales aptos para el reciclaje



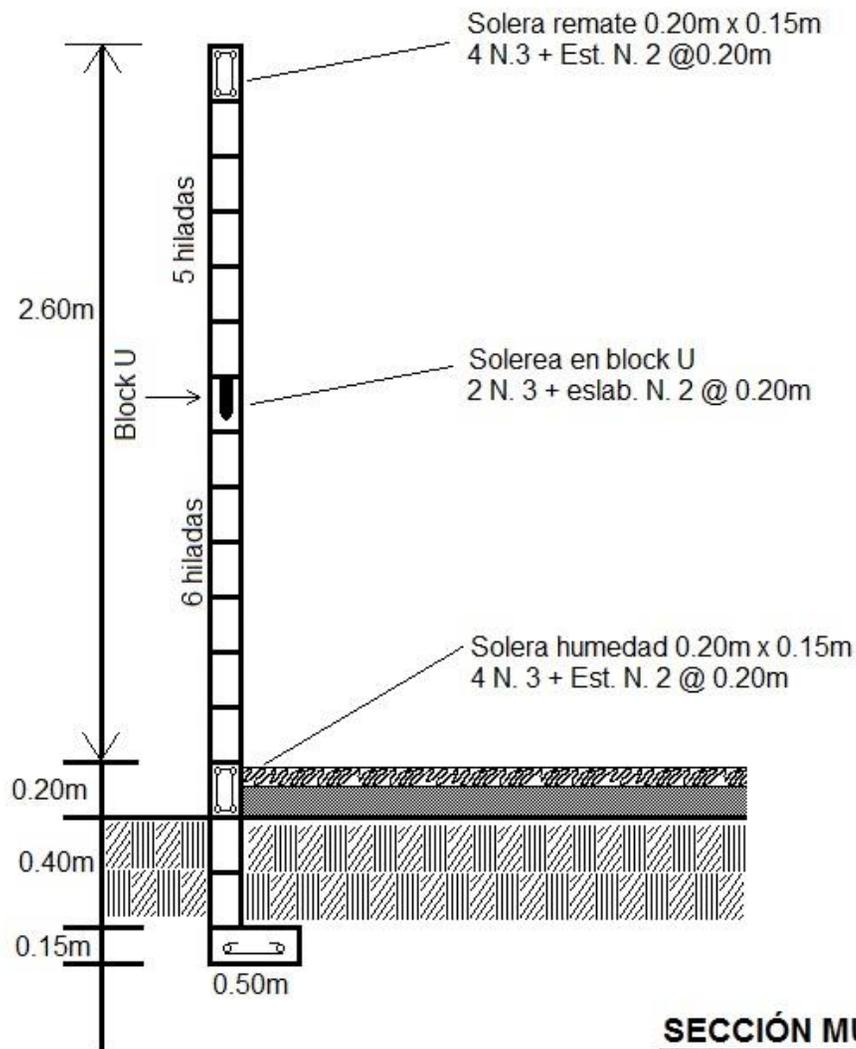
PLANTA

Esc. 1:25





ELEVACIÓN
Esc. 1:25



SECCIÓN MURO TÍPICO

Esc. 1:25