



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado.

“CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS  
CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO  
METROPOLITANO DE QUITO AÑO 2015-2016”

Realizado por.

MAURICIO JAVIER GARCÉS CEVALLOS

Director del proyecto.

ING. JORGE OVIEDO C.

Como requisito para la obtención del título de.

INGENIERO AMBIENTAL

Quito, Julio del 2016

## DECLARACION JURAMENTADA

Yo, MAURICIO JAVIER GARCÉS CEVALLOS, con cédula de identidad #172658156-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi tutoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado de calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente



Mauricio Javier Garcés Cevallos

CC: 172658156-2

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado.

“CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN  
LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO  
AÑO 2015-2016”

Realizado por.

MAURICIO JAVIER GARCÉS CEVALLOS

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

JORGE ESTEBAN OVIEDO COSTALES

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Jorge Esteban Oviedo Costales

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

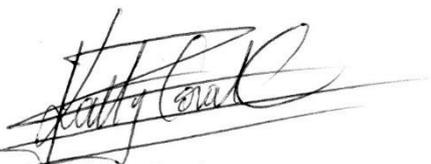
KATTY CORAL

IVONNE CARRILLO

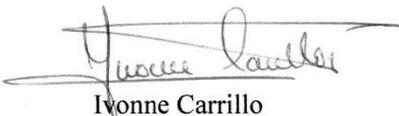
Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



Katty Coral



Ivonne Carrillo

Quito, Julio del 2016

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado principalmente a Dios, por haber sido mi guía para poder cumplir con esta meta.

A mis padres: Mauricio y Mónica por haberme apoyado en todo momento, ya que sin su ayuda, consejos y esfuerzos no hubiese podido conseguir tan importante logro en mi vida.

A mis abuelos Fernando, Irene, Gonzalo y Aída, porque han sido un ejemplo en todos estos años y han estado pendientes en cada momento de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi director de tesis, Ing. Esteban Oviedo que con su experiencia y conocimiento me ayudó a poder finalizar exitosamente el presente trabajo investigativo.

A la Ing. Katty Coral por su ayuda, colaboración durante los 5 años de carrera, en especial durante el desarrollo de esta investigación.

A la Ing. Ivonne Carrillo, quien siempre estuvo pendiente y me brindó su ayuda para poder finalizar la presente investigación.

En general a todos los profesores de la UISEK, quienes con el paso de los años se convirtieron en grandes amigos y motivadores durante toda la carrera.

A la Universidad Internacional SEK, por ser la institución en la cual he alcanzado tan importante meta en mi vida.

## RESUMEN

El constante aumento de los residuos sólidos urbanos en la sociedad dentro de sus distintas actividades, ha generado que el ser humano trate de encontrar soluciones para el manejo de los mismos; el manejo de los residuos sólidos urbanos en el Distrito Metropolitano de Quito se basa únicamente en la disposición de éstos en el Relleno Sanitario “EL INGA” sin un tratamiento indicado.

Últimamente se ha considerado a los tratamientos térmicos como una de las alternativas, esto se debe al propósito de disminuir el volumen a disponer dentro de los rellenos sanitarios y principalmente al aprovechamiento de recursos debido a su valor intrínseco para una posible valoración energética contenida en los residuos.

El presente trabajo investigativo “CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO AÑO 2015-2016” basa su estudio en analizar la viabilidad de utilizar los residuos con fin de aprovechamiento energético, evitando de esta manera su desaprovechamiento parcial o total; para ello la metodología que se aplicó fue la del Dr. Kunitoshi Sakurai que basa la obtención de muestras en campo en las dos estaciones de transferencia del DMQ, la Estación de Transferencia Norte (ETN) y la Estación de Transferencia Sur (ETS), mediante cuarteos tras la homogenización de los residuos, las cuales a su vez fueron caracterizadas para poder tener datos actuales de la composición de los residuos en el DMQ. Durante la investigación se pudo determinar que el porcentaje de humedad que contienen los RSU en el DMQ en todos los meses de estudio (Agosto del 2015 a Mayo del 2016) superó el valor óptimo de 55% establecido por Alonso, Martínez, & Olías (2003), que es el valor máximo para poder aprovechar los residuos en un proceso como la incineración, para lo cual sería necesario un secado previo para disminuir la humedad y así poder aprovecharlos. Para el porcentaje de cenizas los resultados revelaron que los valores menores fueron en los meses de Octubre (2015), Diciembre (2015) y Enero (2016) con 1,48%, 1,41% y 1,49% respectivamente, valores medios en los meses de Noviembre (2015) y Febrero (2016) con 1,63% y 1,88% respectivamente y valores altos en los meses de Marzo y Mayo del 2016 con 2,05% y 2,03% con un valor muy elevado en el mes de Abril del 2016 con 2,67%. Finalmente, en la determinación del porcentaje de reducción de peso y volumen en todos los meses de

estudio se reflejó que los valores fueron muy cercanos al 100% demostrando la efectividad del proceso de incineración para reducir el peso y volumen de los RSU.

***Palabras Clave:*** cenizas, humedad, incineración, residuo urbano.

## ABSTRACT

The constant increase of municipal solid waste in society has generated that human beings try to find solutions for the handling of them that are generated in different activities; has generated that the human being tries to find solutions for the managing of the same ones; the managing of the solid urban residues in the DMQ is based only on the disposition of these on the Sanitary Landfill " INGA " without an indicated treatment.

Recently has been considered to heat treatments as an alternative, this is because the purpose of decrease the volume available inside landfills, and especially to the exploitation of resources because their intrinsic value for a possible energy assessment contained in waste.

This investigative work "Quantification of the percentage of moisture and ash content in the municipal solid waste" based its study to analyze the feasibility of using waste to generate energy, thus avoiding its wastage, partial or total; the methodology that was applied was Dr. Kunitoshi Sakurai field in two transfer stations of the DMQ, station transfer North (ETN) and the station transfer South (ETS), by peeling after the homogenization of the waste, which in turn were characterized to have current data on the composition of the waste on the DMQ-based sampling. During the investigation it was determined that the percentage of moisture containing in the DMQ in all the months of study (August 2015 to 2016 May) exceeded the optimal value of 55% established by Alonso, Martinez, & Olías (2003), that it is the maximum value to take advantage of waste in an incineration process, which would require prior drying to reduce moisture and thus take advantage of them. For the percentage of ash results revealed that the lower values were in the months of October (2015), December (2015) and January (2016) with 1.48%, 1.41% and 1.49% respectively, average values in the months of November (2015) to February (2016) with 1.63 percent and 1.88 percent respectively and values high in the months of March and May (2016) with 2.03 and 2.05% % with a very high value in the month of April (2016) with 2.67%. Finally, in the determination of the percentage of reduction of weight and volume in all the months of study reflected values were very close to 100% demonstrating the effectiveness of the incineration process to reduce the weight and volume of the urban waste.

**Key words:** ash, moisture, incineration, urban waste.

## Índice de Contenido

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del Tema .....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Importancia del Estudio .....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo General .....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Características del sitio del proyecto .....	4
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 Estudios Previos.....	8
2.2 Marco Legal .....	10
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador (2008).....	10
2.2.2 Convenios y Tratados Internacionales .....	11
2.2.3. Ley de Gestión Ambiental (2004).....	11
2.2.4. Acuerdo Ministerial No. 097. Anexo A .....	11
2.2.5 Ordenanza Metropolitana 404 (2012) .....	12
2.3 Marco Conceptual.....	12
2.3.1 Residuo Sólido Urbano .....	12
2.3.2 Incineración.....	13
2.3.3. Humedad .....	14
2.3.4. Cenizas .....	15
CAPÍTULO III .....	16
METODOLOGÍA.....	16
3.1 Investigación Bibliográfica.....	16

3.2 Cálculo del Número de Muestras.....	16
3.3 Materiales y Equipos.....	18
3.3.1 Materiales de Muestreo .....	18
3.3.2 Equipos.....	18
3.4 Monitoreo.....	18
3.5 Muestreo .....	19
3.6 Analítica.....	19
3.6.1 Determinación del porcentaje de humedad .....	20
3.6.2 Determinación del porcentaje de cenizas .....	21
3.7 Cálculos Adicionales .....	23
3.7.1. Porcentaje de reducción de volumen en los residuos después de la incineración .....	23
3.7.2. Porcentaje de reducción de peso en los RSU después de la incineración .....	24
3.8 Tratamiento Estadístico .....	24
3.9 Procesamiento de datos.....	25
CAPÍTULO IV .....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	25
4.1 Muestreo .....	25
4.2 Levantamiento de datos en campo.....	26
4.3 Cálculos.....	51
4.3.1 Porcentaje de Humedad.....	51
4.3.2 Porcentaje de Cenizas.....	52
4.3.3 Porcentaje de reducción de volumen.....	53
4.3.4 Porcentaje de reducción de peso .....	54
4.4 Resultados Obtenidos.....	55
4.5 Datos Comparativos entre muestras mensuales.....	60
4.5.1 Caracterización de los residuos sólidos urbanos generados en el Distrito Metropolitano de Quito.....	60

4.5.2 Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en las muestras mensuales de los RSU del DMQ. ....	62
4.5.3. Cuantificación del porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU del DMQ. ....	63
4.5.4 Cuantificación del porcentaje de reducción de peso en los RSU del DMQ... ..	64
4.5.5. Cuantificación del porcentaje de reducción de volumen en los RSU del DMQ. ....	66
4.6 Análisis de resultados .....	69
4.6.1 Desviación estándar de los parámetros de estudio .....	69
4.6.2 Relación de los porcentajes de humedad y cenizas en los meses de estudio .	69
CAPÍTULO V.....	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
5.1 Conclusiones.....	72
5.2 Recomendaciones .....	74
CAPÍTULO VI.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
CAPÍTULO VII.....	80
ANEXOS FOTOGRÁFICOS.....	80

## Índice de Tablas

Tabla N° 1. Porcentaje de humedad de los residuos.....	14
Tabla N° 2. Formato de reporte de datos de laboratorio para parámetro de humedad ...	20
Tabla N° 3. Formato de reporte de datos de laboratorio para parámetro de cenizas.....	22
Tabla N° 4. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de octubre 2015 .....	27
Tabla N° 5. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de noviembre 2015 .....	30
Tabla N° 6. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de diciembre .....	33
Tabla N° 7. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de enero 2016 .....	36
Tabla N° 8. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de febrero 2016.....	39
Tabla N° 9. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de marzo 2016 .....	42
Tabla N° 10. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de abril 2016.....	45
Tabla N° 11. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de mayo 2016 .....	48
Tabla N° 12. Ejemplo de cálculo de porcentaje de humedad.....	51
Tabla N° 13. Ejemplo de cálculo de porcentaje de cenizas.....	52
Tabla N° 14. Ejemplo de cálculo de porcentaje de reducción de volumen en los RSU .	54
Tabla N° 15. Ejemplo de cálculo de porcentaje de pérdida en peso de los RSU .....	55
Tabla N° 16. Datos obtenidos mes a mes de los parámetros de estudio.....	56
Tabla N° 17. Comparación de las caracterizaciones mensuales de los residuos sólidos urbanos generados en el Distrito Metropolitano de Quito.....	60
Tabla N° 18. Cuantificación del porcentaje de humedad de los RSU del DMQ.....	62
Tabla N° 19. Cuantificación del porcentaje de cenizas de los RSU del DMQ.....	63
Tabla N° 20. Cuantificación del porcentaje de reducción de peso en los RSU del DMQ. ....	65
Tabla N° 21. Cuantificación del porcentaje de reducción de volumen de los RSU del DMQ.....	66

Tabla N° 22. Comparación mensual del porcentaje de reducción de volumen en los RSU del DMQ.....	67
Tabla N° 23. Desviación estándar del porcentaje de humedad y cenizas.....	69

## **Índice de Ecuaciones**

Ecuación N° 1. Determinación del Tamaño de Muestra .....	16
Ecuación N° 2. Determinación del Porcentaje de Humedad .....	21
Ecuación N° 3. Determinación del Porcentaje de Cenizas .....	22
Ecuación N° 4. Determinación del Porcentaje de Reducción de Volumen.....	23
Ecuación N° 5. Determinación del Porcentaje de Reducción de Peso .....	24
Ecuación N° 6. Promedio .....	24
Ecuación 7. Desviación Estándar .....	25

## **Índice de Figuras**

Figura N° 1. Ubicación de la Estación de Transferencia Norte.....	5
Figura N° 2. Ubicación de la Estación de Transferencia Sur .....	6
Figura N° 3. Ubicación del Relleno Sanitario “EL INGA”.....	7
Figura N° 4. Método de cuarteo de muestras .....	19
Figura N° 5. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de octubre 2015 .....	29
Figura N° 6. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de noviembre 2015 .....	32
Figura N° 7. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de diciembre 2015 .....	35
Figura N° 8. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de enero 2016 .....	38
Figura 9. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de febrero 2016.....	41
Figura N° 10. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de marzo 2016.....	44

Figura N° 11. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de abril 2016.....	47
Figura N° 12. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de mayo 2016 .....	50
Figura N° 13. Caracterización mensual de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito .....	61
Figura N° 14. Cuantificación del porcentaje de humedad de los RSU del DMQ .....	62
Figura N° 15. Cuantificación del porcentaje de cenizas de los RSU del DMQ .....	64
Figura N° 16. Cuantificación del porcentaje de reducción de peso por calcinación en los RSU del DMQ .....	65
Figura 17. Cuantificación del porcentaje de reducción de volumen de los RSU del DMQ .....	67
Figura N° 18. Comparación mensual del porcentaje de reducción de volumen en los RSU del DMQ.....	68
Figura N° 19. Relación de % de humedad en los 10 meses de estudio .....	70
Figura N° 20. Relación de % de cenizas en los 10 meses de estudio .....	71



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del Tema

Uno de los más grandes problemas ambientales que el mundo está viviendo actualmente es el aumento de la generación de los residuos sólidos urbanos (RSU); desde tiempos ancestrales, el hombre ha explotado los diversos recursos de la naturaleza, impactando así el ambiente en donde se ha venido desarrollando; desde entonces se han experimentado grandes avances, pero durante un largo periodo la tecnología disponible hizo imposible una explotación intensiva de los recursos de la naturaleza. En consecuencia, su impacto sobre el medio natural fue muy limitado (Flores, 2009).

Es a finales del siglo XVIII cuando se inicia la Revolución Industrial, gracias al desarrollo de la ciencia y la técnica, surgen nuevas actividades industriales y se desarrolla extraordinariamente el comercio. Se produce, entonces, una auténtica explosión demográfica y económica que se manifiesta en el imparable desarrollo de la urbanización, como resultado del descontrolado crecimiento poblacional y un estilo de vida consumista, se ha presentado una masiva generación de residuos, los mismos que requieren de grandes espacios para su disposición (Manejosolido, s.f.).

En el caso del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), el manejo de los RSU se basa únicamente en su deposición en el Relleno Sanitario “EL INGA”, es por ello que, en busca de una solución a esta problemática, se pretende realizar la presente investigación de la cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenidas en los RSU, para que éste sirva como aporte al momento de plantear un tratamiento térmico.

Para este proyecto de fin de carrera, se recolectaron muestras utilizando la metodología del Dr. Kunitoshi Sakurai (2010), del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) en las dos estaciones de transferencia del DMQ, la Estación de Transferencia Norte (ETN) y la Estación de Transferencia Sur (ETS). Las muestras obtenidas fueron tratadas en el laboratorio de la Universidad Internacional SEK, para después poder aplicar la metodología validada por Mazzilli (2014), para poder cuantificar los parámetros que se mencionaron con anterioridad.

## 1.2 Antecedentes

Los residuos sólidos existen desde los albores de la humanidad, como subproducto de las distintas actividades de la raza humana; desde luego, su composición física y química ha ido variando de acuerdo con la evolución cultural y tecnológica de la civilización (Berrezueta *et al*, 2015).

La forma más fácil que encontró el hombre primitivo de disponer de los desechos fue arrojarlos en un sitio cercano a su vivienda; así nació el botadero a cielo abierto, práctica que se ha mantenido hasta nuestros días. Sin embargo, al ir creciendo la población y distribuyéndose en grupos más numerosos, la práctica de arrojar indiscriminadamente los residuos al suelo fue haciéndose cada vez más incómoda y nociva para el ambiente, llegando hasta el punto de tener ciudades que resultaban insatisfactorias para la población. La sociedad solucionó este problema quitándolo de la vista, arrojándolo a las afueras de las ciudades, cauces de los ríos o en el mar u ocultándolo mediante enterramiento (Berrezueta *et al*, 2015).

En nuestro país, a lo largo de la historia, el manejo que se le ha dado a los residuos no ha sido de forma técnica, antes del año 2000 había un gran atraso en la disposición final de los RSU, aunque hubo una mejora en la recolección de los mismos. Para el año 2000 había un gran problema en la recolección, transporte y como se mencionó en la disposición final, para este mismo año no se había adquirido ni un solo vehículo recolector en 10 años, se mantenían los mismos viejos vehículos que ayudaban de alguna forma a recolectar los residuos de la ciudad (Vida para Quito, 2008). Para agosto del año 2000, Quito era una de las dos capitales de América, junto con Asunción, que no contaban con un relleno sanitario, ciudades como, Sao Paulo, Brasilia, Buenos Aires, Bogotá, Santiago, San José, San Juan y La Paz desde años anteriores mantenían buenos sistemas de rellenos sanitarios controlados (Mafla, 2015).

El Relleno Sanitario "EL INGA" inició sus operaciones en el año 2003, bajo la dirección de la Fundación "Vida para Quito", que estuvo a cargo de Fundación Natura. Siete años más tarde, en el año 2010, el Municipio de Quito creó la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos -EMGIRS EP-, con la finalidad de que asuma la operación del Relleno Sanitario y las Estaciones de Transferencia (Norte y Sur) (EMGIRS EP, s.f.).

El convenio entre la Universidad Internacional SEK – Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales y la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS EP), ha permitido llevar a cabo proyectos de fin de carrera que han dado la pauta para obtener datos confiables sobre los RSU dentro del DMQ (Mafla, 2015). El presente proyecto de fin de carrera “Cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito. 2016” se basa principalmente en estudios que se iniciaron en el año 2012 a través de investigaciones - estudios realizados como proyectos de fin de carrera, las cuales plantearon metodologías para la cuantificación del porcentaje de Humedad y el porcentaje de cenizas contenido en los RSU del DMQ, la primera de ellas elaborada por Dueñas en el 2012. En el año 2014 Mazzilli validó el método de cuantificación del porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas contenido en los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito establecida por Dueñas (2012).

### **1.3 Importancia del Estudio**

El manejo actual de los RSU dentro de la ciudad de Quito resulta ineficiente, esto se debe a la gran cantidad de residuos que se generan por las distintas actividades humanas y al consumismo de sus pobladores, los mismos que cada vez van en aumento. Durante largos períodos de tiempo, el único tratamiento que se realizaba a los RSU era su recolección y posterior traslado a determinados puntos alejados (Rellenos Sanitarios), donde se los depositaba sin tener ningún tratamiento previo (Mazzilli, 2014).

En caso de conservar este manejo resultaría inevitable la implementación de un nuevo relleno sanitario en un futuro no muy lejano en el DMQ, lo que conllevaría a que con el crecimiento de la población que actualmente se está experimentando, este nuevo relleno requeriría de un mayor tamaño y de igual forma el encontrar un área adecuada para la construcción del mismo resultaría muy difícil (Sánchez, 2013).

Es por esto que con el paso de los años se ha venido buscando distintos tratamientos que puedan combatir de algún modo este problema, dos de los parámetros que son importantes para poder determinar qué tipo de tratamiento pueden ser realizados son el porcentaje de humedad y de cenizas, ya que éstos son muy importantes al momento de utilizar algún tratamiento térmico, como es el caso de la incineración con fines de aprovechamiento energético.

A partir de lo mencionado, la cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenidos en los RSU del DMQ supone información relevante para plantear tentativamente una gestión integrada y un manejo de los mismos, evitando así su desaprovechamiento parcial o total. De esta manera, se pretende cubrir la falta de información existente que ayudará a tener un mejor conocimiento para la adopción de medidas y acciones para la disposición de los RSU.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Cuantificar el porcentaje de humedad y cenizas contenidos en los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito, a través de monitoreos semanales, para determinar la viabilidad de su utilización en un proceso térmico con aprovechamiento energético.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar si la incineración es un proceso técnicamente viable que permite el aprovechamiento energético de los RSU en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Determinar los porcentajes de humedad y cenizas en las Estaciones de Transferencia Norte y Sur.

## **1.5 Características del sitio del proyecto**

El presente proyecto se llevó a cabo en el Distrito Metropolitano de Quito, el mismo que cuenta con dos estaciones de transferencia, una en el norte en el sector de Zámbriza, Estación de Transferencia Norte (ETN) y otra en el sur en el sector de Santa Rosa, Estación de Transferencia Sur (ETS) y cuya recolección final de residuos depara en el relleno sanitario “EL INGA”. La gestión integral de los RSU en el DMQ está a cargo de la empresa municipal EMGIRS – EP, la misma que se encarga de las fases de transporte, transferencia y disposición final de los residuos.

La Estación de Transferencia Norte, ubicada en el sector de Zámbriza (Figura N° 1) es una estación de descarga y almacenamiento de alta capacidad, en la que se receptan los residuos generados en la zona centro-norte del Distrito Metropolitano de Quito, a diferencia de la ETS, la separación de residuos es realizada de forma manual por la Asociación “Vida Nueva”, la cual está integrada por 225 recicladores divididos en dos

turnos; en el día 150 y 75 en la noche. Los recicladores se encargan de recolectar botellas de plástico y PET, aluminio, cartón, papel y vidrio. Posteriormente los desechos que no son reciclados son evacuados, mediante la utilización de equipos auxiliares hacia los distintos camiones, que los transportan para la disposición final en el Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito “EL INGA” (EMGIRS, s.f.).

**Figura N° 1. Ubicación de la Estación de Transferencia Norte**



Fuente: Google Maps, 2015.

La Estación de Transferencia Sur, ubicada en el sector de Santa Rosa ( Figura N° 2) es una estación de carga directa de alta capacidad con compactadora de desechos, en la que se receptan los residuos generados en la zona sur del Distrito Metropolitano de Quito, los RSU que ingresan son depositados temporalmente en el galpón de transferencia y mediante una cargadora frontal se los empuja hacia una tolva, que conecta directamente con el sistema de compactación de residuos, para reducir el volumen y optimizar su transportación. En la actualidad no se realiza separación de material reutilizable, como es el caso de la ETN en la que sí se realiza una separación del material reciclable (EMGIRS, s.f.).

**Figura N° 2. Ubicación de la Estación de Transferencia Sur**



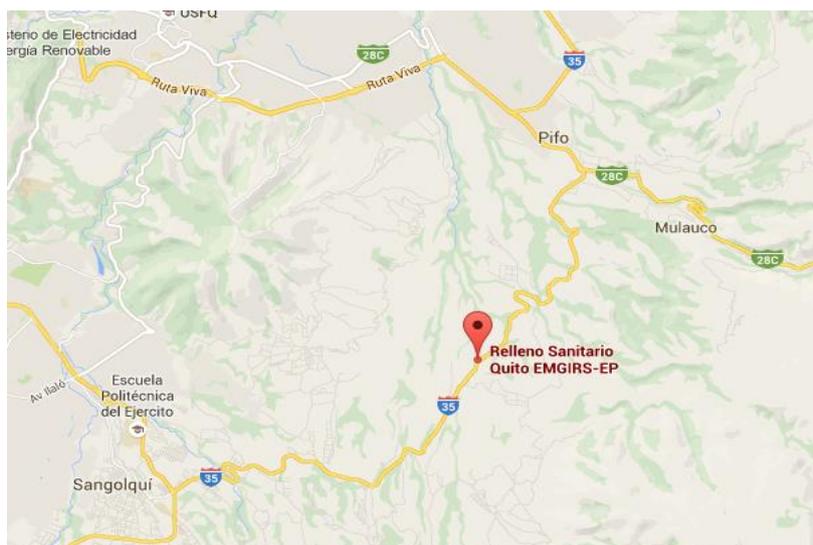
Fuente: Google Maps, 2015.

Dentro de la fase de disposición final, el DMQ cuenta con un relleno sanitario conocido como “EL INGA”, el cual se encuentra ubicado a 45 km de la ciudad de Quito, dentro de una zona industrial en el sector El Inga Bajo, la misma que se extiende en un área de 200000 m<sup>2</sup>. (Otero, 2015). Los RSU que se disponen en el Relleno Sanitario del DMQ provienen principalmente de las Estaciones ETN Y ETS de la ciudad; sin embargo, se registran descargas de residuos sólidos provenientes del Municipio de Rumiñahui y de gestores privados autorizados (EMGIRS, s.f.).

El Relleno Sanitario “EL INGA” tiene como propósito el tratamiento y la disposición final de desechos sólidos urbanos, de manera técnica y controlada, para minimizar los riesgos, las afectaciones sociales y los impactos ambientales, este relleno cuenta con celdas impermeabilizadas, con geomembranas y capa de recubrimiento de tierra; cuenta con alrededor de 20 piscinas que pertenecen a un sistema que recoge lixiviados para su post tratamiento y drenajes de recolección de aguas lluvias y aguas freáticas (Otero, 2015).

A este relleno llegan aproximadamente 1800 toneladas de desechos, el mismo es el encargado de recibir la mayor parte de los RSU que se obtienen por medio de la recolección realizada por EMASEO y es considerado como clave en todo el proceso de gestión (EMGIRS, s.f.).

### Figura N° 3. Ubicación del Relleno Sanitario “EL INGA”



Fuente: Google Maps, 2015.

En la Sierra de nuestro país el patrón climático recibe una gran influencia del clima de la Costa y el Oriente, por lo tanto, las estribaciones de los Andes Occidentales tienen el clima predominante de nuestra costa, mientras que las estribaciones de los Andes Orientales básicamente siguen el patrón climático de la Amazonía. El clima de Quito es un clima templado a lo largo de todo el año, con temperaturas que varían entre los 10°C a los 27°C y una media anual de 15-17°C. Debido a su proximidad con la línea Ecuatorial, estas temperaturas suelen ser templadas durante el día y frías en la noche (Clima-de, 2016).

Se puede decir que el clima de Quito presenta dos temporadas bien definidas, la temporada seca y la temporada de invierno o de abundantes lluvias. La temporada seca corresponde a los meses que van desde junio a septiembre, en estos meses las temperaturas suben algo más que el resto del año, son meses que rondan los 20°C de temperaturas medias durante el día, con un máximo de hasta 30°C y durante las noches estas temperaturas decaen fuertemente, así las medias se sitúan en los 9°C, hasta un mínimo de 5°C. Por otra parte, en la temporada de invierno, que se da en los meses que van de octubre a mayo, son los meses en los que se concentran las lluvias de todo el año; siendo el mes de abril el más lluvioso. Aunque se le llame invierno, éste apenas tiene una baja de temperatura notable con el resto del año, las máximas temperaturas pueden llegar a los 19°C durante el día y bajar desde 7 °C hasta 5 o 4 °C durante la noche; en esta temporada sigue manteniendo una media de 14°C (Clima-de, 2016).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Estudios Previos**

La mayor parte de la población urbana tiene, en general, una percepción muy lejana de los problemas reales que implica el tratamiento de los residuos generados, la sociedad actual es consumista, desconoce el volumen de sus propios desperdicios (residuos) y hacia dónde van; por tal motivo, la preocupación de todo individuo es que el municipio realice un servicio de recolección lo más eficaz posible para "desentenderse del problema" (Bonfanti,2004).

Incluir como opción el tratamiento térmico en un sistema de manejo integral de residuos sólidos es probable que genere más controversias que otros métodos de tratamiento. Sin embargo, la importancia del mismo radica en la existencia de tecnologías robustas desarrolladas a partir de la incineración, las cuales puedan procesar grandes volúmenes de RSU mezclados a partir de los cuales se puede recuperar la energía contenida en dichos recursos y de esta manera poder extender significativamente la vida útil de los rellenos sanitarios (Baca, 2015).

La presente investigación incluye muestras recolectadas de RSU en el Distrito Metropolitano de Quito (Estaciones de Transferencia Norte y Sur), las cuales se analizan mediante los procesos de laboratorio de incineración y secado. Los análisis realizados proporcionan datos del porcentaje de humedad y cenizas contenidas en las muestras de RSU, para de esta manera, determinar la factibilidad de gestión de los mismos mediante un sistema de tratamiento térmico.

Se han considerado aquellas metodologías previamente aplicadas a estudios de universidad sobre el manejo de residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito, éstos se mencionan a continuación:

Dueñas (2012), desarrolló una investigación titulada: "VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y PORCENTAJE DE CENIZAS CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO", la cual tuvo por objetivo aportar con la cuantificación de dos parámetros físico-químicos de los RSU del DMQ, el porcentaje de humedad y el

de cenizas, ya que dicha información es de vital importancia al momento de elegir un tratamiento térmico de los residuos.

Por otro lado, Mazzilli (2013), como continuación de la investigación realizada por Dueñas (2012), realizó la “VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y PORCENTAJE DE CENIZAS CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO 2013”; concluyó que el método de cuantificación del porcentaje de cenizas y porcentaje de humedad se valida tras análisis estadísticos mediante la utilización de intervalos de confianza. De igual forma pudo validar el “METODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai.

De igual forma, se encuentra el proyecto desarrollado por Tobar (2015) como trabajo de fin de carrera de Ingeniería Ambiental titulado, “DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS Y HUMEDAD CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”, el mismo que tuvo como objetivo el aportar con la cuantificación de dos parámetros fisicoquímicos de los RSU del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), el porcentaje de humedad y el porcentaje de cenizas, para de esta manera poder determinar la viabilidad de aplicar tratamientos térmicos a los residuos que son generados en la ciudad de Quito; para esto se recogió muestras de las dos estaciones de la ciudad, la estación de transferencia norte ubicada en el sector de Zambiza, y la estación de transferencia sur ubicada en el sector de Santa Rosa; de igual forma siguió la metodología validada por Dueñas en el año 2012.

De este modo se pudo evidenciar que la metodología establecida en la Guía HDT 17 “METODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai (2010), y aplicada en las investigaciones mencionadas, resulta óptima para la presente investigación, debido a que es una metodología validada.

Como último estudio se tiene al desarrollado por Baca (2015), titulado “CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA”, el mismo que explicó aquellas definiciones y aspectos que surgen en la relación de residuo y ambiente, este estudio se basó principalmente en

la determinación de porcentajes de humedad y cenizas para poder analizar la viabilidad de utilizar los residuos de la Parroquia de Limoncocha para un aprovechamiento energético.

La evaluación del manejo de los residuos sólidos es un tema de gran importancia ya que genera información de extrema utilidad técnica que a la postre permitirá realizar una adecuada gestión integral de los mismos, desde minimizar la generación en el origen hasta maximizar su aprovechamiento.

## **2.2 Marco Legal**

El presente marco legal aplica para Residuos Sólidos Urbanos en el Distrito Metropolitano de Quito.

### **2.2.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)**

Registro Oficial N° 1 del 11 de agosto de 1998

El artículo 15 de la Constitución de la República señala que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

El artículo 66, numeral 27 de la Constitución de la República garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, que sea ecológicamente equilibrado, libre de la contaminación y en armonía con la naturaleza.

El artículo 264, numeral cuarto de la Constitución de la República establece que los gobiernos municipales tienen, entre otras competencias exclusivas, el prestar el servicio público de manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental.

Que, el artículo 415 de la Constitución de la República establece que los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

## **2.2.2 Convenios y Tratados Internacionales**

### **Agenda 21**

Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, 1992

La Agenda 21(Capítulo 21) trata sobre la gestión de residuos urbanos, se habla de cuatro principales programas que Ecuador se comprometió a cumplir; estos son: La minimización de los desechos, el aumento de la reutilización y el reciclaje, la eliminación y el tratamiento ecológicamente racional y la ampliación del alcance de los servicios (Agenda 21, 1992; OPS/OMS, 2002).

### **Convenio de Basilea**

Ratificado: 7 de junio de 2004

En el artículo 4, numeral 2, literal (a) se señala que cada Estado debe tomar medidas que permitirán reducir la generación de desechos, teniendo en cuenta aspectos sociales, tecnológicos y económicos.

## **2.2.3. Ley de Gestión Ambiental (2004)**

El artículo 2 de esta ley señala que la gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, de igual forma a la utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

De igual forma el artículo 9 de la presente ley nos habla sobre los sistemas de control para la verificación de normas de calidad ambiental referente a la generación de desechos.

## **2.2.4. Acuerdo Ministerial No. 097. Anexo A**

Sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria

Registro Oficial Edición Especial N° 387 del 4 de noviembre de 2015

Dentro del presente acuerdo se dictaminan las directrices para una gestión integral de desechos y residuos no peligrosos y peligrosos y/o especiales, así como acciones que integran el proceso de los residuos y que incluyen la clasificación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Dichas acciones están encaminadas a proporcionar a los residuos el destino previo a la gestión final de acuerdo

a la legislación vigente, así, por ejemplo, recuperación, comercialización, aprovechamiento, tratamiento o disposición final.

Dicha normativa determina a la Gestión de Residuos como una prioridad nacional, incluye las directrices de acopio y transferencia, aprovechamiento, manejo eficiente y tratamiento y disposición final de los residuos y/o desechos sólidos no peligrosos y atribuye las competencias de su manejo y gestión a los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

Se incluye los programas enfocados a la reducción en la generación de residuos, optimización de procesos, reciclaje y manejo integral de residuos sólidos; así como también el aprovechamiento de ciertos residuos en el mismo proceso u otra cadena de producción o servicios.

### **2.2.5 Ordenanza Metropolitana 404 (2012)**

Esta ordenanza, se fundamenta en la identificación y evaluación de impactos ambientales causados por la generación de residuos peligrosos y no peligrosos; así como el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, de igual forma indica las directrices para el monitoreo de residuos generados por parte de los regulados. Así mismo se establecen multas para los causantes de residuos sólidos no domésticos, residuos peligrosos sin la debida acreditación que no realicen una buena gestión de los mismos, por último, los regulados deben presentar a la entidad de control información sobre los residuos y la gestión de los mismos.

## **2.3 Marco Conceptual**

### **2.3.1 Residuo Sólido Urbano**

La O.C.D.E. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) dice que los residuos son, aquellas materias que son generadas en las actividades de producción y consumo, que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son producidas (OCDE, s.f.).

Residuo Sólido Urbano (RSU) es todo material que sea desechado por las personas, pudiendo ser éste de origen comercial, industrial, desechos de la vía pública y los resultantes de la construcción y que no sea considerado como peligroso” (Berent et al,

2005). Los RSU, son considerados como “no peligrosos” y se excluyen de los residuos peligrosos que se encuentran dentro de la clasificación CRETIB (Berent et al, 2005).

A nivel mundial existen dos corrientes de opinión sobre el alcance del concepto de residuo, en la primera se considera residuo a aquello de lo que su poseedor se deshace, sin prever su aprovechamiento posterior. En la otra, también se considera como residuo a aquellos objetos de los que el poseedor se desprende aun previendo un aprovechamiento económico a futuro (Coral, 2014).

Los residuos, más comúnmente denominados basura, son todos aquellos materiales provenientes de las actividades humanas y que el ser humano desecha diariamente. Estos residuos se originan en los hogares, ámbitos laborales, restaurantes, industrias, etc., están compuestos de residuos orgánicos, papel y cartón, textiles, madera, vidrio, plástico, y otros (Vesco, 2006).

### **2.3.2 Incineración**

La incineración se define como un proceso térmico que conduce a la reducción en peso y volumen de los residuos sólidos urbanos, esto se da mediante la combustión controlada en presencia de oxígeno (SEDESOL, s.f.).

La incineración se utiliza tanto en la eliminación de residuos tóxicos y peligrosos como en la de residuos sólidos urbanos (RSU), permitiendo así una gran eficacia en cuanto a su reducción, su grave inconveniente es la contaminación que genera al aire. En la actualidad, las incineradoras de residuos no solo llevan a su mayor grado de oxidación a los residuos, sino que adicionalmente se trata de utilizar la energía contenida en los mismos aprovechándolos energéticamente, es decir, con la generación eléctrica a partir del aprovechamiento del calor que se genera en el proceso de combustión controlada; este aprovechamiento de los residuos resulta rentable cuando se tiene una capacidad de tratamiento igual o superior a 500 Tm/día (Coral, 2014).

La principal ventaja del proceso es que reduce el volumen y el peso de los desechos sólidos hasta en un 90%. Sin embargo, entre las desventajas se tiene que es una tecnología muy costosa y en la que no se recuperan básicamente los costos de la inversión, además de que se genera la emisión de contaminantes a la atmósfera que se acrecientan con una operación no adecuada del proceso. Aun cuando en el presente se cuente con equipos que tienen sistemas para un mayor control de las emisiones a la atmósfera, éstos incrementan

su costo hasta en un 25% con lo que resulta una tecnología casi inaccesible para países en vías de desarrollo (SEDESOL, s.f.).

Si bien un tratamiento térmico como es la incineración sería la opción más recomendable, la falta de concientización y educación por parte de la sociedad impiden aplicarla ya que no existe una adecuada separación de residuos/desechos que se realice de manera eficiente en los domicilios del DMQ.

### 2.3.3. Humedad

La humedad de los residuos sólidos es el contenido de agua que poseen los mismos, éstos contienen un porcentaje considerable de agua que varía de acuerdo a la composición del residuo, el lugar geográfico donde se genera, y la estación del año. Los RSU contienen entre un 25 y un 60% de humedad. Este contenido de agua influye directamente sobre el poder calórico de los residuos y proviene principalmente de la materia orgánica (Coral, 2014).

A continuación, se presenta la humedad típica para los residuos:

**Tabla N° 1. Porcentaje de humedad de los residuos**

<i>RESIDUO</i>	<i>% Humedad</i>
<b>Materia Orgánica</b>	<b>70</b>
<b>Papel</b>	<b>6</b>
<b>Cartón</b>	<b>5</b>
<b>Plásticos</b>	<b>2</b>
<b>Textiles</b>	<b>10</b>
<b>Madera</b>	<b>24</b>
<b>Vidrio</b>	<b>2</b>

Fuente: Garrigues, 2003.

Esta característica se debe tener en cuenta por su importancia en los procesos de compresión de residuos, producción de lixiviados, transporte, procesos de transformación, tratamientos de incineración y recuperación energética; además de procesos de separación de residuos en plantas de reciclaje. En los residuos sólidos, la humedad tiene que unificarse ya que unos productos ceden humedad a otros, esta es una de las causas de degradación de ciertos productos como el papel, que absorbe humedad

de la materia orgánica presente en los residuos y pierde características y valor en los procesos mecánicos como el reciclado (Ambientum, s.f.).

El análisis de humedad en los RSU refleja la utilidad para la aplicabilidad de un determinado proceso y la eficacia que representaría en el proceso de compostaje. Así también, los factores que inciden en el porcentaje de agua que contienen los RSU son muy variables, los cuales pueden depender del contenido de material orgánico, la climatología de la región, la procedencia y la forma en la que se presenta (González, 2008).

Finalmente, tomar en cuenta la humedad que contienen los RSU es fundamental al momento de querer enfocarse en tratamientos para su gestión, ya que puede constituir una problemática en cuanto al manejo inadecuado de los mismos, esto debido a que está relacionada con la contaminación, tanto atmosférica como del suelo y las aguas superficiales y subterráneas, que muchas veces son fuentes de abastecimiento de agua potable. Estos recursos hídricos se pueden contaminar por la afluencia de lixiviados sin tratamiento procedentes de los vertederos de RSU (Baca, 2015).

#### **2.3.4. Cenizas**

Se define como escoria o ceniza a aquel conjunto de materiales sólidos inquemados o inertes que se extraen una vez que se ha incinerado un RSU. La cantidad generada dependerá de la caracterización de los residuos sólidos, en particular de su fracción inerte. La caracterización de estas cenizas indica la composición de los mismos, que por lo general mayoritariamente están constituidas por sales de cloruros y sulfatos y, en menor cantidad, de metales pesados (Castells, 2005).

La ceniza residual es un producto de la incineración de los residuos sólidos urbanos. La porción inorgánica no combustible de los residuos sólidos, ejemplo: latas, frascos, etc. y la materia orgánica no combustible como el hollín son los constituyentes de la ceniza (CEMPRE, 2012).

Durante el proceso de incineración se generan dos tipos de ceniza, la de fondo y la ceniza suspendida en el gas de combustión; la primera, la ceniza de fondo está compuesta por el material no combustible que pasa por la cámara de combustión, esta ceniza constituye de 75 a 90% de toda la ceniza que es generada, esto dependiendo de la tecnología que se

emplee. La ceniza suspendida en el gas de combustión es un material más ligero que se recolecta en el equipo de control de la contaminación (CEMPRE, 2012).

La gestión adecuada de la ceniza implica el manejo apropiado que se le debe dar desde su generación en el proceso de combustión, hasta su disposición final; la ceniza de incineración debe ser adecuadamente analizada, para comprobar la naturaleza de la misma (CEMPRE 2012).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Investigación Bibliográfica**

Para el presente estudio, se investigaron tesis relacionadas al tema de investigación, las mismas que fueron desarrolladas como trabajos de fin de carrera en la Universidad Internacional SEK, de igual forma se investigó publicaciones científicas que se relacionan con el tema propuesto. De esta forma se obtuvo información actualizada y veraz.

#### **3.2 Cálculo del Número de Muestras**

Para poder determinar el tamaño de la población, es decir el número de muestras a tomar en el presente estudio, se utilizó la fórmula estadística aplicada para poblaciones finitas, es decir menos de 99.999 individuos. Se puede tomar como población un período de tiempo o de toneladas de RSU, para este caso se tomó como población los 365 días del año, ya que una población de 2000 toneladas diarias implicaba una toma de muestras de varias toneladas al día, lo que era logísticamente imposible (Dueñas, 2012).

La fórmula a utilizarse para el cálculo es:

#### **Ecuación N° 1. Determinación del Tamaño de Muestra**

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{Z^2 P Q + N z e^2}$$

Fuente: Webster, 1998.

En donde:

n= Tamaño de muestra

Z= Nivel de confianza

P= Probabilidad de que ocurra el suceso

Q= Probabilidad de que no ocurra el suceso

N= Tamaño de la población

e= Error muestral

Se decidió tomar para el nivel de confianza un valor estandarizado del 95.0 %, donde se obtuvo valores de  $Z=1.96$  y  $e=0.05$  con un error del 5%. Así mismo, se utilizaron valores estándares para P y Q asignando valores de 0.5 para ambos, siendo estos valores la probabilidad de éxito y de fracaso que significan el 50% respectivamente (Mafla, 2015).

**Datos:**

Confiabilidad: 95%

Valor de Z ajustado a la confiabilidad: 1.96

Error permisible: 5%

Probabilidad de que ocurra el suceso: 0.5

Probabilidad de que no ocurra el suceso: 0.5

Tamaño de la población: 365

**Cálculo:**

$$n = \frac{(1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 365}{(1.96^2 \times 0.5 \times 0.5) + (365 \times 1.96 \times (0.05)^2)}$$

$$n = 186$$

El número de muestras a tomar en un año son 186 por cada estación de transferencia, en la investigación actual se realizaron 70 muestreos en total, lo que quiere decir que se realizaron 35 muestreos en cada estación. Sin embargo, la cantidad de muestreos requeridos serán cubiertos por otro investigador en razón de que se continuará con el trabajo hasta cumplir este requerimiento.

### **3.3 Materiales y Equipos**

#### **3.3.1 Materiales de Muestreo**

A continuación, se presenta una lista de los materiales que se utilizaron durante la etapa de muestreo en ambas estaciones de transferencia:

- Casco
- Mascarilla
- Gafas de protección
- Guantes Irrompibles
- Chaleco Refractivo
- Guantes de látex
- Botas punta de acero
- Balanza de Campo
- Fundas plásticas
- Palas

#### **3.3.2 Equipos**

A continuación, se presenta una lista de los equipos que se utilizaron en la etapa de laboratorio, para la determinación de los parámetros de interés:

- Mufla
- Estufa
- Triturador de alimentos
- Crisol 50 mL
- Probeta de 1000/10mL y 15mL
- Refrigerador
- Balanza Analítica

### **3.4 Monitoreo**

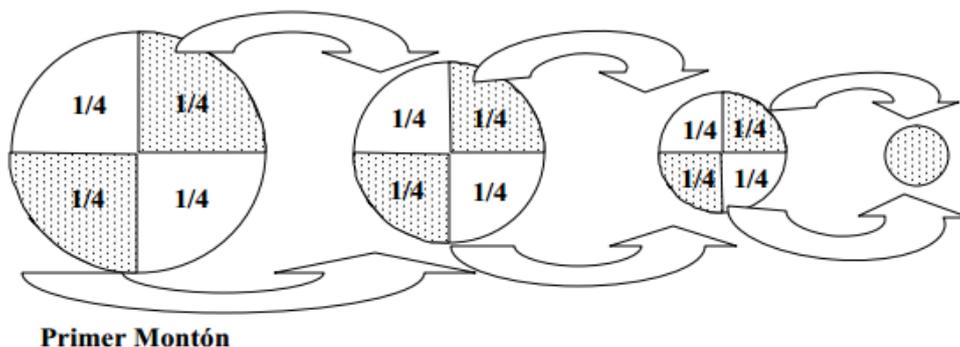
Para el presente estudio se planificó tomar muestras semanales, una en cada estación de transferencia (ETN y ETS), esto debido al tiempo que se requiere en laboratorio para el análisis de los parámetros a investigar (porcentaje de humedad y cenizas).

### 3.5 Muestreo

La toma de muestras en la fase de campo (Estaciones de Transferencia Norte y Sur) se realizó siguiendo la metodología desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai en el año 2010, la cual está descrita en la Guía HDT 17 “MÉTODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2010).

Una vez en las estaciones de transferencia, el procedimiento consistió en tomar fundas de basura al azar, romperlas y posteriormente mezclarlas con la finalidad de conseguir una muestra homogénea y alcanzar un total de 50 kg en peso de RSU, posteriormente, como se mencionó con anterioridad se adoptó la metodología del Dr. Kunitoshi Sakurai en la que se divide la muestra en cuatro partes iguales y se escoge dos partes opuestas para formar una muestra más pequeña. Se repite dos veces más este paso hasta obtener una muestra de aproximadamente 6,25 kg como se indica en el siguiente gráfico:

**Figura N° 4. Método de cuarteo de muestras**



Fuente: CEPIS, 2010.

Posteriormente a la realización del cuarteo, se obtiene la muestra final de 6,25 kg, como se mencionó con anterioridad; la misma que fue trasladada al laboratorio de la Universidad Internacional SEK, donde se refrigeró hasta el momento de realizar la fase analítica para medir los parámetros de interés.

### 3.6 Analítica

Una vez que se obtuvo la muestra de RSU, dentro del laboratorio se procede a realizar la caracterización correspondiente para cada una de las estaciones de transferencia (Norte y Sur); esto se realiza para poder calcular los porcentajes de cada uno de los residuos que

componen los 6,25 kg totales de muestra, y de igual forma para conocer la cantidad de cada tipo de residuo que compone dicha muestra.

Tras realizar la caracterización de la muestra total, se procedió a picar las mismas con una tijera en pedazos no mayores a 1cm y a homogenizarlas hasta obtener una fracción representativa de 100g.

### 3.6.1 Determinación del porcentaje de humedad

Debido a la cantidad de muestras, dentro de este apartado se adjunta un ejemplo del formato que se utilizó para la toma de datos en cada una de las muestras de las estaciones ETN y ETS:

**Tabla N° 2. Formato de reporte de datos de laboratorio para parámetro de humedad**

Muestras	Peso Crisol	Peso Muestra + Crisol	Peso Muestra	Crisol + Muestra Seca	Muestra Seca	% de Humedad

Elaborado por: Garcés, 2016.

Una vez obtenida la muestra homogenizada de 100 g, se realiza el siguiente procedimiento:

- Se toma un crisol de porcelana de 50 mL y se pesa en la balanza analítica.
- Se anota este peso con las cifras significativas del equipo en el apartado de “Peso del Crisol”.
- A continuación, se procede a aforar el crisol con la muestra húmeda y se anota el valor en el apartado de “Peso de Muestra + Crisol” en gramos.
- Se introduce los crisoles en la estufa automática.
- Se programa la temperatura a 105°C y un tiempo de secado de 1 día (24 horas).

- Pasadas las 24 horas se espera por 10 minutos antes de abrir la estufa. Luego de este lapso, se retira cada crisol con las pinzas y se pesa nuevamente. Se anota ese valor en el apartado de “Crisol + Muestra Seca”.
- Siguiendo los datos organizados en la **Tabla No° 2**, se procede a calcular el porcentaje de humedad con la siguiente ecuación:

(Dueñas, 2012).

### **Ecuación N° 2. Determinación del Porcentaje de Humedad**

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_H - P_S}{P_H} * 100$$

Fuente: González, 2008.

#### **En donde:**

PH: Peso del crisol con la muestra húmeda (g).

PS: Peso del crisol con la muestra seca (g).

C: Peso del crisol vacío y seco (g).

#### **3.6.2 Determinación del porcentaje de cenizas**

Para desarrollar una metodología lo más cercana posible a la incineración, se realizó una adaptación de varios procedimientos que fueron aplicados en la investigación de Dueñas (2012).

Se procedió a homogenizar la muestra de 100 g y someterla a una temperatura de 900°C en la mufla por un tiempo de 6 horas; para tal proceso cabe mencionar que se excluyeron categorías como: vidrio, metales, ya que no es posible el aprovechamiento de su poder calorífico, por otra parte, los plásticos, ya que los mismos generan dioxinas y furanos a dicha temperatura (Dueñas, 2012).

Al igual que para el cálculo del porcentaje de humedad y debido al número de muestras, se adjunta a continuación un formato para el reporte de porcentaje de cenizas en laboratorio.

**Tabla N° 3. Formato de reporte de datos de laboratorio para parámetro de cenizas**

Muestras	Peso Crisol	Peso Muestra + Crisol	Peso Muestra	Crisol + Cenizas	Cenizas	% de Cenizas
1						
2						
3						
Total						

Elaborado por: Garcés, 2016.

Una vez que se ha homogenizado la muestra se procede de la siguiente manera:

- Como la muestra de 100 g ocupa más de un crisol, se procede a asignar un número a cada uno de estos para poder diferenciarlos.
- Se pesan los crisoles en la balanza analítica, secos y vacíos, y se anota este peso con las cifras significativas que muestra el equipo en el apartado de “Peso del Crisol”.
- A continuación, se procede a aforar el crisol con la muestra húmeda y se anota el valor en el apartado de Peso Muestra + Crisol.
- Se introducen los crisoles con la muestra en la mufla automática.
- Se procede a programar la mufla para un tiempo de funcionamiento de 6 horas y a una temperatura de 900 °C.
- Una vez concluidas las 6 horas, se espera un mínimo de 45 minutos antes de extraer los crisoles de la mufla con unas pinzas.
- Se procede a pesar y anotar el peso, en gramos, en el apartado de “Crisol + Cenizas”.
- Siguiendo los datos organizados en la **Tabla No° 3**, se procede a calcular el porcentaje de cenizas con la siguiente ecuación:

(Dueñas, 2012).

### **Ecuación N° 3. Determinación del Porcentaje de Cenizas**

$$\%C = \frac{CC - W}{CS - W} * 100$$

Fuente: Norma Peruana NTE 0.544, 2006.

**En donde:**

CC = Peso del crisol más la ceniza (g).

W = Peso del crisol vacío (g).

CS= Peso del crisol con la muestra seca (g).

### **3.7 Cálculos Adicionales**

#### **3.7.1. Porcentaje de reducción de volumen en los residuos después de la incineración**

Se procede a calcular la relación entre los volúmenes antes y después del proceso de incineración, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

- Un volumen inicial (muestra húmeda) de 100 g, el cual es colocado en una probeta de 1000/10 mL. Se procede a realizar la medición del volumen obtenido en (mL).
- Una vez simulado el proceso de incineración (a 900°C, durante 6 H), se procede a transvasar las cenizas en una probeta de 15mL con apreciación de ±1 mL, con la ayuda de un embudo.
- Se realiza la medición del volumen obtenido en (mL).
- Finalmente, para el cálculo de la reducción de volumen se sigue la siguiente ecuación.

(Dueñas, 2012).

#### **Ecuación N° 4. Determinación del Porcentaje de Reducción de Volumen**

$$\%RV = \frac{Vi - Vc}{Vi} \times 100$$

Fuente: Coral, 2016.

Dónde:

Vi= Volumen inicial (mL).

Vc= Volumen de cenizas (mL).

### 3.7.2. Porcentaje de reducción de peso en los RSU después de la incineración

Se procede a relacionar el peso de la muestra húmeda (100g) que es ingresado a la mufla para poder simular el proceso de incineración (a 900°C, durante 6 h), con el peso de las cenizas que se obtiene después del proceso descrito anteriormente.

Para el cálculo se aplica la siguiente ecuación:

#### Ecuación N° 5. Determinación del Porcentaje de Reducción de Peso

$$\% \text{Pérdida por calcinación} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Fuente: NTE INEN 0498 (1981).

### 3.8 Tratamiento Estadístico

Cabe mencionar que todos los resultados obtenidos se procedieron a tabularlos y graficarlos para poder entenderlos de mejor manera., como se podrá observar en el capítulo IV “Resultados y Discusión de Resultados”.

Con la totalidad de los resultados se procedió a presentarlos como promedios, siguiendo la ecuación siguiente:

#### Ecuación N° 6. Promedio

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n}$$

Fuente: Castillo (2011).

Dónde:

$\bar{X}$  = Promedio

$X_i$  = Valores Obtenidos

n = Número de datos

De igual forma se calculó la desviación estándar de los promedios obtenidos, para así poder estimar la variabilidad de los datos, para ello se aplicó la siguiente ecuación:

### **Ecuación 7. Desviación Estándar**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - Xi)^2}{n - 1}}$$

Fuente: Castillo (2011).

Dónde:

$\sigma$  = Desviación estándar

$\bar{X}$  = Promedio

$X_i$  = Valores Obtenidos

$n$  = Número de datos

De igual forma se utilizó el programa Past para poder relacionar los resultados mensuales obtenidos para los parámetros analizados (% de humedad y % de cenizas) en el presente estudio, para de esta forma poder ver en qué meses el porcentaje de humedad y cenizas fue mayor y en cuales menor, como se podrá apreciar en el capítulo IV.

### **3.9 Procesamiento de datos**

Los datos obtenidos en el presente estudio se procesaron utilizando el programa de Excel, para así facilitar la organización y obtención de resultados, de igual forma se obtuvo respaldos electrónicos e impresos de los mismos.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 Muestreo**

Para el presente estudio se recogieron un total de 70 muestras en las estaciones de transferencia del DMQ, 35 en la ETN (Zámbiza) y 35 en la ETS (Santa Rosa); cada muestreo siguió la metodología del Dr. Zakurai, descrita en el capítulo III “Metodología”.

#### **4.2 Levantamiento de datos en campo**

Para los dos primeros meses (agosto y septiembre del 2015) se realizó únicamente el cuarteo de 50 kg de RSU, siguiendo la metodología que se explicó con anterioridad. En estos dos primeros meses no se procedió a realizar la correspondiente caracterización de RSU, ésta se realizó a partir del mes de octubre debido a que se necesitaba de datos más representativos respecto a la composición de los RSU del DMQ. Las muestras de cada una de las estaciones fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad, para su posterior análisis.

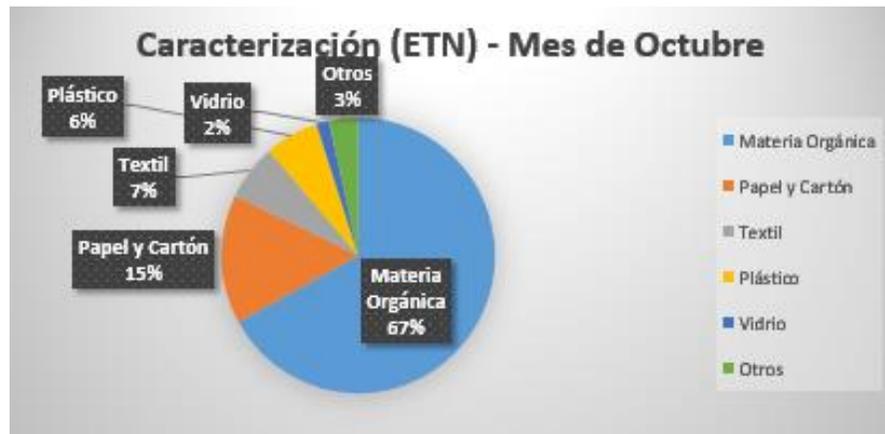
**Tabla N° 4. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de octubre 2015**

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Octubre 2015				
Semana	ETN		ETS	
	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
1	Materia Orgánica	70,00	Materia Orgánica	52,50
	Papel y Cartón	16,00	Papel y Cartón	11,67
	Textil	10,00	Textil	10,83
	Plástico	2,00	Plástico	6,67
	Vidrio	0,00	Vidrio	0,00
	Otros	2,00	Otros	18,33
2	Materia Orgánica	84,18	Materia Orgánica	70,1
	Papel y Cartón	8,01	Papel y Cartón	7,7
	Textil	2,93	Textil	14,5
	Plástico	2,93	Plástico	4,7
	Vidrio	0,98	Vidrio	1,7
	Otros	0,98	Otros	1,3
3	Materia Orgánica	55,00	Materia Orgánica	86,21
	Papel y Cartón	15,00	Papel y Cartón	6,03
	Textil	5,00	Textil	3,45
	Plástico	10,00	Plástico	0,86
	Vidrio	5,00	Vidrio	0,61
	Otros	10,00	Otros	2,84

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Octubre 2015				
	ETN		ETS	
Semana	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
4	Materia Orgánica	58,64	Materia Orgánica	63,03
	Papel y Cartón	21,81	Papel y Cartón	9,45
	Textil	8,23	Textil	13,45
	Plástico	10,49	Plástico	5,67
	Vidrio	0,00	Vidrio	3,78
	Otros	0,82	Otros	4,63
Promedio Estación de Transferencia	Materia Orgánica	66,96	Materia Orgánica	67,94
	Papel y Cartón	15,21	Papel y Cartón	8,71
	Textil	6,54	Textil	10,56
	Plástico	6,36	Plástico	4,48
	Vidrio	1,50	Vidrio	1,52
	Otros	3,45	Otros	6,77
Octubre 2015		Materia Orgánica	67,45	
		Papel y Cartón	11,96	
		Textil	8,55	
		Plástico	5,42	
		Vidrio	1,51	
		Otros	5,11	
		Total	100,00	

Elaborado por: Garcés, 2016.

Figura N° 5. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de octubre 2015



Elaborado por: Garcés, 2016.

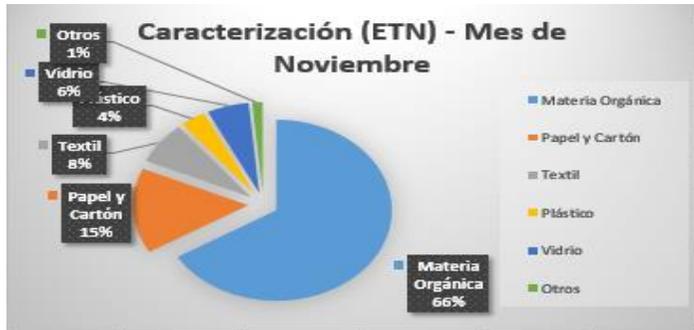
**Tabla N° 5. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de noviembre 2015**

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Noviembre 2015				
Semana	ETN		ETS	
	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
1	Materia Orgánica	77,22	Materia Orgánica	79,58
	Papel y Cartón	5,02	Papel y Cartón	5,57
	Textil	9,27	Textil	7,69
	Plástico	4,25	Plástico	2,12
	Vidrio	3,47	Vidrio	2,12
	Otros	0,77	Otros	2,92
2	Materia Orgánica	49,09	Materia Orgánica	68,26
	Papel y Cartón	24,55	Papel y Cartón	11,98
	Textil	8,18	Textil	13,47
	Plástico	6,36	Plástico	1,20
	Vidrio	10,00	Vidrio	1,80
	Otros	1,82	Otros	3,29
3	Materia Orgánica	65,00	Materia Orgánica	72,02
	Papel y Cartón	19,62	Papel y Cartón	14,40
	Textil	2,31	Textil	11,11
	Plástico	1,15	Plástico	2,06
	Vidrio	10,00	Vidrio	0,00
	Otros	1,92	Otros	0,41

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Noviembre 2015				
	ETN		ETS	
Semana	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
4	Materia Orgánica	74,18	Materia Orgánica	73,68
	Papel y Cartón	11,76	Papel y Cartón	7,66
	Textil	10,46	Textil	11,96
	Plástico	2,29	Plástico	3,83
	Vidrio	0,00	Vidrio	1,91
	Otros	1,31	Otros	0,96
Promedio Estación de Transferencia	Materia Orgánica	66,37	Materia Orgánica	73,39
	Papel y Cartón	15,24	Papel y Cartón	9,90
	Textil	7,56	Textil	11,06
	Plástico	3,51	Plástico	2,30
	Vidrio	5,87	Vidrio	1,46
	Otros	1,46	Otros	1,9
Noviembre 2015		Materia Orgánica	69,88	
		Papel y Cartón	12,57	
		Textil	9,31	
		Plástico	2,91	
		Vidrio	3,66	
		Otros	1,68	
		Total	100,00	

Elaborado por: Garcés, 2016.

Figura N° 6. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de noviembre 2015



Elaborado por: Garcés, 2016.

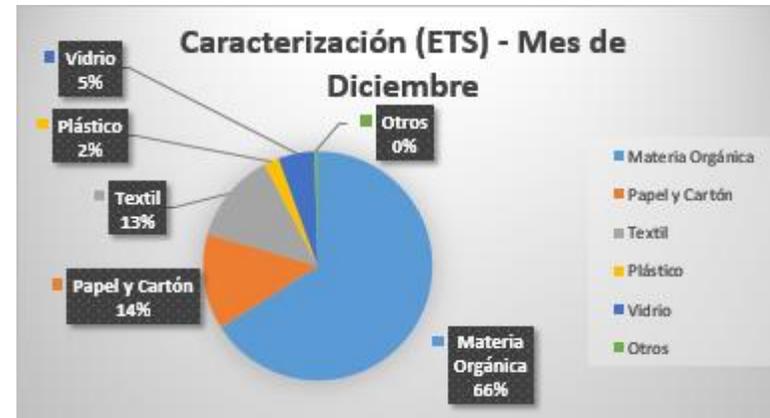
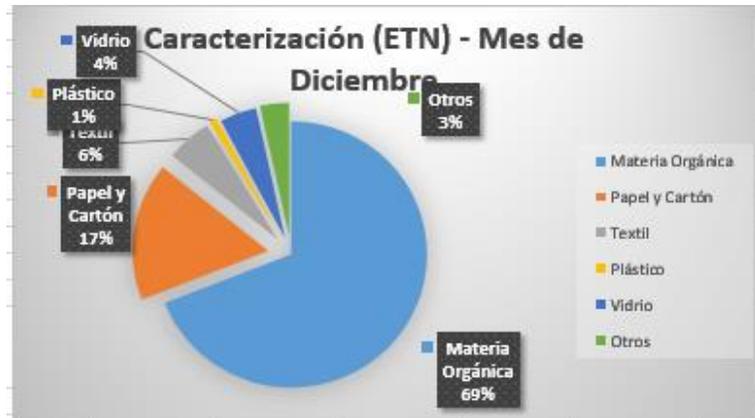
**Tabla N° 6. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de diciembre**

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Diciembre 2015				
Semana	ETN		ETS	
	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
1	Materia Orgánica	70,85	Materia Orgánica	61,19
	Papel y Cartón	16,14	Papel y Cartón	16,42
	Textil	5,83	Textil	12,94
	Plástico	0,90	Plástico	2,49
	Vidrio	4,93	Vidrio	6,47
	Otros	1,35	Otros	0,5
2	Materia Orgánica	67,23	Materia Orgánica	70,69
	Papel y Cartón	17,45	Papel y Cartón	10,69
	Textil	5,11	Textil	12,76
	Plástico	0,85	Plástico	1,72
	Vidrio	3,83	Vidrio	3,79
	Otros	5,53	Otros	0,34
Promedio Estación de Transferencia	Materia Orgánica	69,04	Materia Orgánica	65,94
	Papel y Cartón	16,80	Papel y Cartón	13,56
	Textil	5,47	Textil	12,85
	Plástico	0,88	Plástico	2,11
	Vidrio	4,38	Vidrio	5,13
	Otros	3,44	Otros	0,42

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Diciembre 2015				
	ETN		ETS	
Semana	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
Diciembre 2015		Materia Orgánica		67,49
		Papel y Cartón		15,18
		Textil		9,16
		Plástico		1,49
		Vidrio		4,76
		Otros		1,93
		Total		100,00

Elaborado por: Garcés, 2016.

Figura N° 7. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de diciembre 2015



Elaborado por: Garcés, 2016.

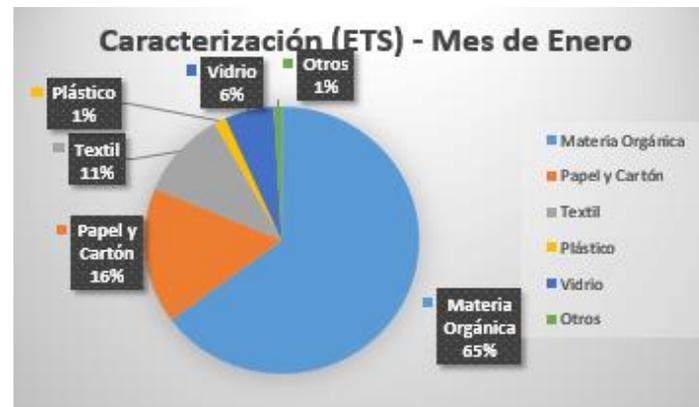
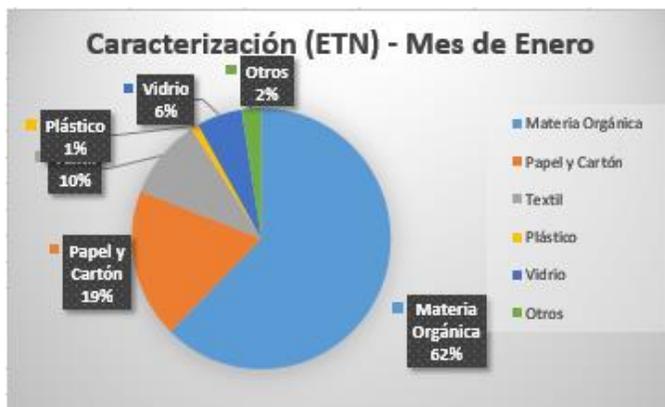
**Tabla N° 7. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de enero 2016**

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Enero 2016				
Semana	ETN		ETS	
	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
1	Materia Orgánica	55,38	Materia Orgánica	61,31
	Papel y Cartón	25,90	Papel y Cartón	21,80
	Textil	7,57	Textil	7,63
	Plástico	1,59	Plástico	1,63
	Vidrio	8,37	Vidrio	7,08
	Otros	1,20	Otros	0,54
2	Materia Orgánica	60,26	Materia Orgánica	62,20
	Papel y Cartón	15,72	Papel y Cartón	17,72
	Textil	14,41	Textil	9,45
	Plástico	0,44	Plástico	1,57
	Vidrio	4,37	Vidrio	8,27
	Otros	4,80	Otros	0,79
3	Materia Orgánica	68,02	Materia Orgánica	60,19
	Papel y Cartón	17,77	Papel y Cartón	15,74
	Textil	6,60	Textil	18,06
	Plástico	1,02	Plástico	0,93
	Vidrio	5,58	Vidrio	4,17
	Otros	1,02	Otros	0,93

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Enero 2016				
	ETN		ETS	
Semana	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
4	Materia Orgánica	65,99	Materia Orgánica	75,69
	Papel y Cartón	14,63	Papel y Cartón	10,55
	Textil	11,56	Textil	7,34
	Plástico	0,68	Plástico	1,38
	Vidrio	4,42	Vidrio	3,67
	Otros	2,72	Otros	1,38
Promedio Estación de Transferencia	Materia Orgánica	62,41	Materia Orgánica	64,85
	Papel y Cartón	18,51	Papel y Cartón	16,45
	Textil	10,04	Textil	10,62
	Plástico	0,93	Plástico	1,38
	Vidrio	5,69	Vidrio	5,80
	Otros	2,44	Otros	0,91
Enero 2016	Materia Orgánica			63,63
	Papel y Cartón			17,48
	Textil			10,33
	Plástico			1,16
	Vidrio			5,74
	Otros			1,67
	Total			100,01

Elaborado por: Garcés, 2016.

Figura N° 8. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de enero 2016



Elaborado por: Garcés, 2016.

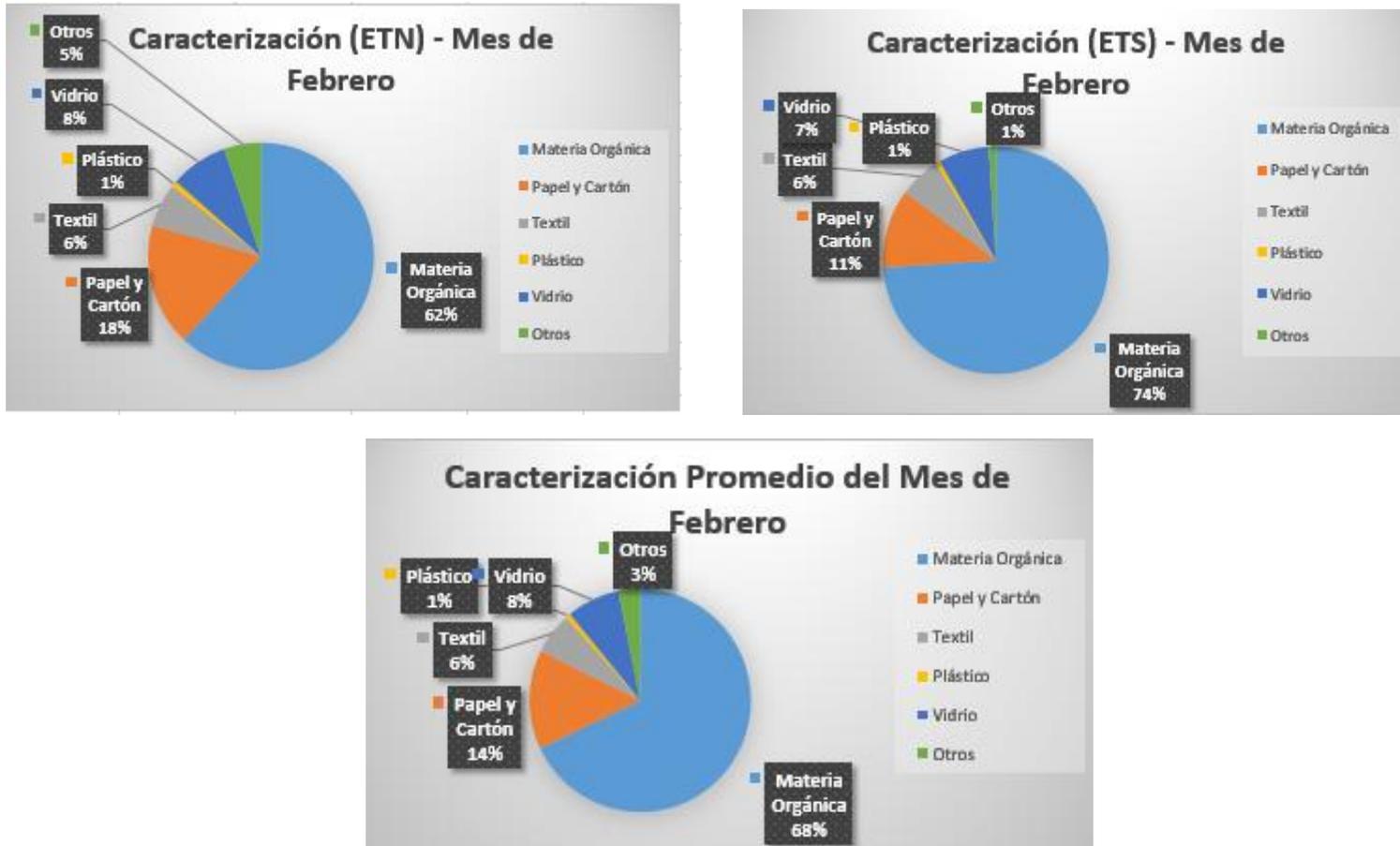
**Tabla N° 8. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de febrero 2016**

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Febrero 2016				
Semana	ETN		ETS	
	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
1	Materia Orgánica	61,57	Materia Orgánica	65,41
	Papel y Cartón	22,22	Papel y Cartón	16,04
	Textil	6,94	Textil	4,01
	Plástico	1,39	Plástico	0,00
	Vidrio	6,02	Vidrio	11,03
	Otros	1,85	Otros	3,51
2	Materia Orgánica	57,44	Materia Orgánica	73,48
	Papel y Cartón	21,49	Papel y Cartón	7,53
	Textil	8,68	Textil	10,75
	Plástico	0,41	Plástico	0,36
	Vidrio	8,68	Vidrio	7,17
	Otros	3,31	Otros	0,72
3	Materia Orgánica	67,41	Materia Orgánica	76,51
	Papel y Cartón	9,82	Papel y Cartón	10,07
	Textil	3,13	Textil	3,69
	Plástico	0,45	Plástico	0,67
	Vidrio	9,82	Vidrio	9,06

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Febrero 2016				
	ETN		ETS	
Semana	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
	Otros	9,38	Otros	0,00
4	Materia Orgánica	61,33	Materia Orgánica	80,40
	Papel y Cartón	16,41	Papel y Cartón	11,36
	Textil	5,86	Textil	5,11
	Plástico	1,17	Plástico	1,42
	Vidrio	8,59	Vidrio	1,70
	Otros	6,64	Otros	0,00
Promedio Estación de Transferencia	Materia Orgánica	61,94	Materia Orgánica	73,95
	Papel y Cartón	17,49	Papel y Cartón	11,25
	Textil	6,15	Textil	5,89
	Plástico	0,86	Plástico	0,61
	Vidrio	8,28	Vidrio	7,24
	Otros	5,30	Otros	1,06
Febrero 2016		Materia Orgánica	67,94	
		Papel y Cartón	14,37	
		Textil	6,02	
		Plástico	0,73	
		Vidrio	7,76	
		Otros	3,18	
		Total	100,00	

Elaborado por: Garcés, 2016.

Figura 9. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de febrero 2016



Elaborado por: Garcés, 2016.

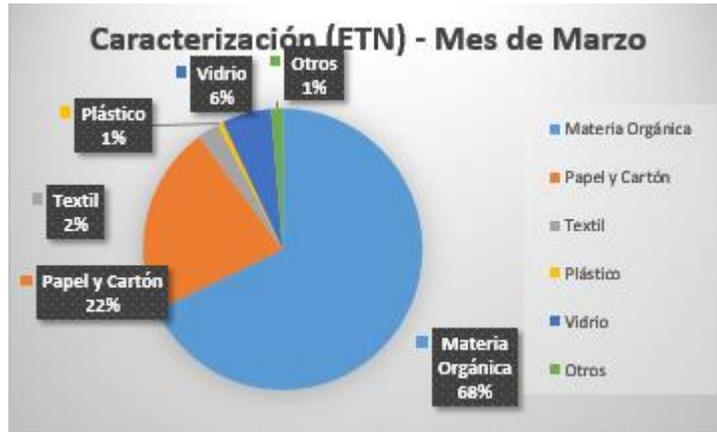
**Tabla N° 9. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de marzo 2016**

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Marzo 2016				
	ETN		ETS	
Semana	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
1	Materia Orgánica	64,92	Materia Orgánica	72,35
	Papel y Cartón	27,02	Papel y Cartón	17,36
	Textil	2,82	Textil	4,50
	Plástico	0,40	Plástico	0,80
	Vidrio	4,03	Vidrio	4,66
	Otros	0,81	Otros	0,32
2	Materia Orgánica	70,72	Materia Orgánica	76,56
	Papel y Cartón	21,67	Papel y Cartón	9,16
	Textil	3,04	Textil	4,40
	Plástico	0,76	Plástico	0,37
	Vidrio	2,28	Vidrio	9,52
	Otros	1,52	Otros	0,00
3	Materia Orgánica	67,92	Materia Orgánica	74,18
	Papel y Cartón	17,08	Papel y Cartón	16,48
	Textil	1,67	Textil	7,69
	Plástico	0,83	Plástico	1,10
	Vidrio	10,83	Vidrio	0,00
	Otros	1,67	Otros	0,55
	Materia Orgánica	67,85	Materia Orgánica	74,36

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Marzo 2016				
	ETN		ETS	
Semana	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
Promedio Estación de Transferencia	Papel y Cartón	21,92	Papel y Cartón	14,33
	Textil	2,51	Textil	5,53
	Plástico	0,66	Plástico	0,76
	Vidrio	5,71	Vidrio	4,73
	Otros	1,33	Otros	0,29
Marzo 2016	Materia Orgánica			71,11
	Papel y Cartón			18,13
	Textil			4,02
	Plástico			0,71
	Vidrio			5,22
	Otros			0,81
	Total			100,00

Elaborado por: Garcés, 2016.

Figura N° 10. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de marzo 2016



Elaborado por: Garcés, 2016.

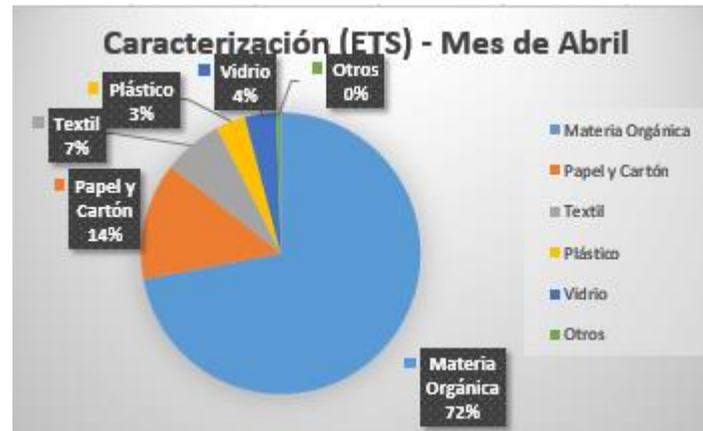
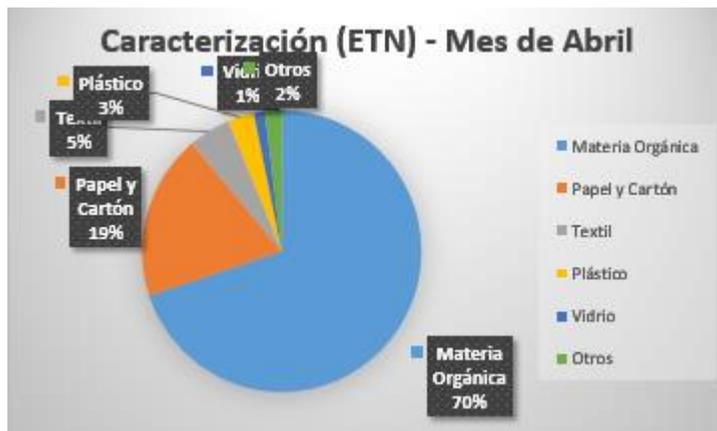
**Tabla N° 10. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de abril 2016**

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Abril 2016				
Semana	ETN		ETS	
	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
1	Materia Orgánica	69,24	Materia Orgánica	75,87
	Papel y Cartón	20,93	Papel y Cartón	6,67
	Textil	7,89	Textil	12,06
	Plástico	0,64	Plástico	1,27
	Vidrio	0,32	Vidrio	3,49
	Otros	0,97	Otros	0,63
2	Materia Orgánica	75,52	Materia Orgánica	69,89
	Papel y Cartón	12,07	Papel y Cartón	19,89
	Textil	1,03	Textil	1,08
	Plástico	6,90	Plástico	8,6
	Vidrio	3,45	Vidrio	0,00
	Otros	1,03	Otros	0,54
3	Materia Orgánica	64,37	Materia Orgánica	70,45
	Papel y Cartón	23,89	Papel y Cartón	13,96
	Textil	5,67	Textil	7,47
	Plástico	1,62	Plástico	0,32
	Vidrio	0,00	Vidrio	7,47
	Otros	3,79	Otros	0,32

Promedio Estación de Transferencia	Materia Orgánica	69,71	Materia Orgánica	72,07
	Papel y Cartón	18,96	Papel y Cartón	13,51
	Textil	4,86	Textil	6,87
	Plástico	3,05	Plástico	3,40
	Vidrio	1,26	Vidrio	3,65
	Otros	1,93	Otros	0,50
	Abril 2016		Materia Orgánica	70,89
Papel y Cartón			16,24	
Textil			5,87	
Plástico			3,23	
Vidrio			2,46	
Otros			1,21	
Total			99,89	

Elaborado por: Garcés, 2016.

Figura N° 11. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de abril 2016



Elaborado por: Garcés, 2016.

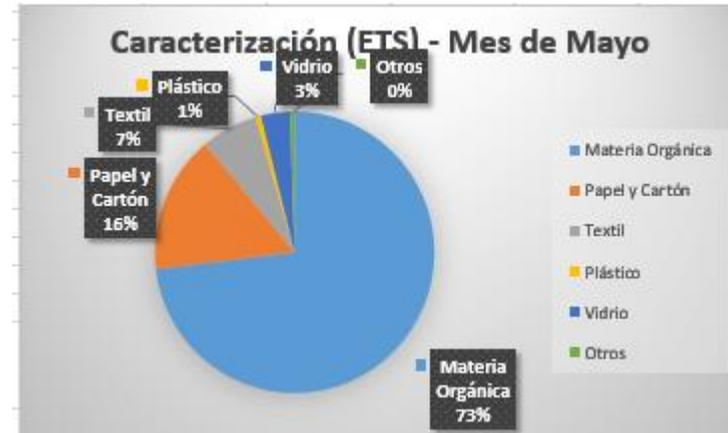
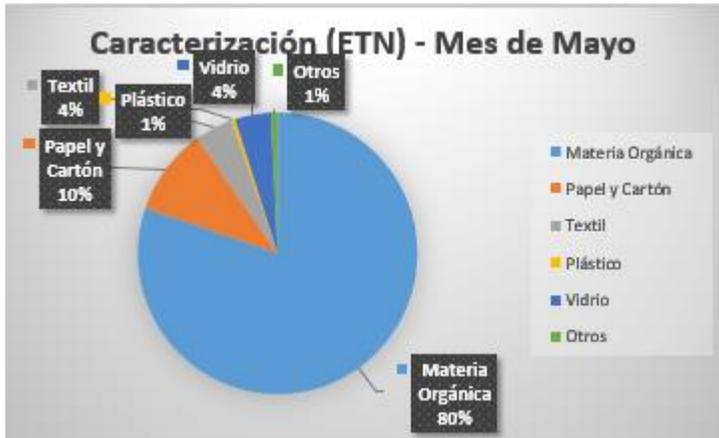
**Tabla N° 11. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de mayo 2016**

Composición de los Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito				
Mes: Mayo 2016				
	ETN		ETS	
Semana	Tipo de Residuo	Porcentaje	Tipo de Residuo	Porcentaje
1	Materia Orgánica	82,57	Materia Orgánica	63,72
	Papel y Cartón	8,55	Papel y Cartón	23,01
	Textil	3,62	Textil	7,52
	Plástico	0,33	Plástico	0,44
	Vidrio	3,62	Vidrio	4,87
	Otros	1,30	Otros	0,44
2	Materia Orgánica	78,71	Materia Orgánica	73,16
	Papel y Cartón	9,03	Papel y Cartón	15,07
	Textil	3,87	Textil	7,35
	Plástico	0,65	Plástico	1,10
	Vidrio	7,10	Vidrio	2,57
	Otros	0,65	Otros	0,74
3	Materia Orgánica	79,36	Materia Orgánica	82,39
	Papel y Cartón	12,46	Papel y Cartón	9,47
	Textil	5,69	Textil	4,73
	Plástico	0,36	Plástico	0,38
	Vidrio	1,78	Vidrio	2,65
	Otros	0,36	Otros	0,38
	Materia Orgánica	80,21	Materia Orgánica	73,09

Promedio Estación de Transferencia	Papel y Cartón	10,01	Papel y Cartón	15,85
	Textil	4,39	Textil	6,53
	Plástico	0,45	Plástico	0,64
	Vidrio	4,17	Vidrio	3,36
	Otros	0,77	Otros	0,52
Mayo 2016		Materia Orgánica	76,65	
		Papel y Cartón	12,93	
		Textil	5,46	
		Plástico	0,54	
		Vidrio	3,77	
		Otros	0,65	
		Total	100,00	

Elaborado por: Garcés, 2016.

Figura N° 12. Caracterización de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito del mes de mayo 2016



Elaborado por: Garcés, 2016.

### 4.3 Cálculos

#### 4.3.1 Porcentaje de Humedad

Aplicando la fórmula (Ecuación No 2) para la determinación del porcentaje de humedad descrito en el Capítulo III “Metodología” y basados en este ejemplo se procedió a calcular el porcentaje de humedad de cada semana en cada estación de transferencia, para poder sacar un promedio mensual de cada estación y un promedio mensual total y obtener los resultados descritos en la tabla N° 16.

**Tabla N° 12. Ejemplo de cálculo de porcentaje de humedad**

Muestras	Peso Crisol	Peso Muestra + Crisol	Peso Muestra	Crisol + Muestra Seca	Muestra Seca	% de Humedad
1	38,18	74,03	35,85	61,31	23,14	$=((D267-F267)/D267)*100$
2	35,26	66,20	30,95	50,59	15,33	
3	37,50	70,75	33,25	47,70	10,20	
			100,06		48,67	

Muestras	Peso Crisol	Peso Muestra + Crisol	Peso Muestra	Crisol + Muestra Seca	Muestra Seca	% de Humedad
1	38,18	74,03	35,85	61,31	23,14	51,36
2	35,26	66,20	30,95	50,59	15,33	
3	37,50	70,75	33,25	47,70	10,20	
			100,06		48,67	

Elaborado por: Garcés, 2016.



Muestras	Peso Crisol	Peso Muestra + Crisol	Peso Muestra	Crisol + Cenizas	Cenizas	% de Cenizas
1	40,46	73,55	33,09	41,63	1,17	2,37
2	38,37	70,97	32,60	39,50	1,12	2,27
3	37,17	71,45	34,28	38,42	1,25	2,54
			99,97		3,55	2,39
Muestras	Peso Crisol	Peso Muestra + Crisol	Peso Muestra	Crisol + Muestra Seca	Muestra Seca	% de Humedad
1	36,57	59,61	23,04	49,52	12,95	50,55
2	38,19	68,05	29,86	51,26	13,07	
3	35,90	56,47	20,58	49,19	13,30	
4	36,73	63,65	26,92	47,06	10,33	
			100,40		49,65	

Elaborado por: Garcés, 2016.

#### 4.3.3 Porcentaje de reducción de volumen

Aplicando la fórmula (Ecuación No 4) para la determinación del porcentaje de reducción de volumen descrito en el Capítulo III “Metodología” y basados en este ejemplo se procedió a calcular porcentaje de reducción de volumen de cada semana en cada estación de transferencia, para poder sacar un promedio mensual de cada estación y un promedio mensual total y así obtener los resultados descritos en la tabla N° 16.

**Tabla N° 14. Ejemplo de cálculo de porcentaje de reducción de volumen en los RSU**

ETN		ETS		ETN	ETS
Vi	Vc	Vi	Vc	% de pérdida de volumen	% de pérdida de volumen
370	8	390	7	$=((B3-C3)/B3)*100$	98,21

ETN		ETS		ETN	ETS
Vi	Vc	Vi	Vc	% de pérdida de volumen	% de pérdida de volumen
370	8	390	7	97,84	98,21

Elaborado por: Garcés, 2016.

#### 4.3.4 Porcentaje de reducción de peso

Aplicando la fórmula (Ecuación No 5) para la determinación del porcentaje de reducción de peso descrito en el Capítulo III “Metodología” y basados en este ejemplo se procedió al cálculo del porcentaje de reducción de peso por calcinación de cada semana en cada estación de transferencia, para poder sacar un promedio mensual de cada estación y un promedio mensual total y así obtener los resultados descritos en la tabla N° 16.

**Tabla N° 15. Ejemplo de cálculo de porcentaje de pérdida en peso de los RSU**

Muestras	Peso Crisol	Peso Muestra + Crisol	Peso Muestra	Crisol + Cenizas	Cenizas	% de Cenizas
1	40,46	73,55	33,09	41,63	1,17	2,37
2	38,37	70,97	32,60	39,50	1,12	2,27
3	37,17	71,45	34,28	38,42	1,25	2,54
			99,97		3,55	2,39
%				%		
de pérdida en peso:				= ((D337-F337)/D337)*100		

Elaborado por: Garcés, 2016.

Muestras	Peso Crisol	Peso Muestra + Crisol	Peso Muestra	Crisol + Cenizas	Cenizas	% de Cenizas
1	40,46	73,55	33,09	41,63	1,17	2,37
2	38,37	70,97	32,60	39,50	1,12	2,27
3	37,17	71,45	34,28	38,42	1,25	2,54
			99,97		3,55	2,39
%				%		
de pérdida en peso:				96,45		

Elaborado por: Garcés, 2016.

#### 4.4 Resultados Obtenidos

Como se mencionó con anterioridad en los meses de agosto y septiembre del 2015 no se realizó la caracterización de RSU en las muestras de cada semana, es por ello que los datos de porcentaje de cenizas no son representativos para los demás meses por lo que se optó por no colocar dichos datos en la tabla siguiente.

Tabla N° 16. Datos obtenidos mes a mes de los parámetros de estudio

Análisis-Agosto 2015								
Semana	Porcentaje de Humedad		Porcentaje de Cenizas		Porcentaje de Reducción de Peso		Porcentaje de Reducción de Volumen	
	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	72,47	68,18	-	-	96,39	92,05	97,84	98,21
2	70,45	72,2	-	-	98,96	98,82	97,97	97,75
3	69,48	76,44	-	-	96,26	94,62	98,11	98,12
4	73,30	72,46	-	-	98,66	97,96	98,00	98,02
Total	71,43	72,32	-	-	97,57	95,86	97,98	98,02
<b>Agosto</b>	71,87		-		96,72		98,00	
Análisis-Septiembre 2015								
Semana	Porcentaje de Humedad		Porcentaje de Cenizas		Porcentaje de Reducción de		Porcentaje de Reducción de Volumen	
	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	73,06	72,74	-	-	92,68	97,41	97,07	97,89
2	81,46	71,71	-	-	98,62	98,31	97,63	98,46
3	78,29	77,16	-	-	99,01	99,15	98,33	99,65
4	77,37	79,44	-	-	98,56	97,42	99,05	98,81
Total	77,55	75,26	-	-	97,22	98,07	98,02	98,70
<b>Septiembre</b>	76,40		-		97,65		98,36	
Análisis-October 2015								
Semana	Porcentaje de Humedad		Porcentaje de Cenizas		Porcentaje de Reducción de Peso		Porcentaje de Reducción de Volumen	
	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	66,68	51,36	1,23	1,15	98,77	98,32	99,78	99,44
2	68,43	63,42	1,74	1,72	98,35	98,11	99,28	98,57
3	55,86	71,02	1,2	1,36	98,41	98,82	98,00	98,61
4	50,55	54,58	2,39	1,05	96,45	98,57	97,11	99,25
Total	60,38	60,10	1,64	1,32	98,00	98,46	98,54	98,97

<b>Octubre</b>	60,24		1,48		98,23		98,76	
<b>Análisis-Noviembre 2015</b>								
<b>Semana</b>	<b>Porcentaje de Humedad</b>		<b>Porcentaje de Cenizas</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Peso</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Volumen</b>	
	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	64,32	69,17	1,88	1,52	97,99	98,6	99,06	98,97
2	58,42	57,56	1,21	1,4	98,49	98,22	98,67	98,75
3	55,87	60,57	1,75	1,31	97,68	98,45	98,75	99,39
4	63,3	65,94	1,78	2,16	98,04	97,79	98,53	98,78
Total	60,48	63,31	1,66	1,60	98,05	98,27	98,75	98,97
<b>Noviembre</b>	61,89		1,63		98,16		98,86	
<b>Análisis-Diciembre 2015</b>								
<b>Semana</b>	<b>Porcentaje de Humedad</b>		<b>Porcentaje de Cenizas</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Peso</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Volumen</b>	
	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	68,38	50,02	1,89	1,41	98,21	97,88	98,98	98,05
2	55,8	69,27	1,31	1,01	98,26	99,07	98,21	99,06
Total	62,09	59,65	1,60	1,21	98,24	98,48	98,59	98,56
<b>Diciembre</b>	60,87		1,41		98,36		98,57	
<b>Análisis-Enero 2016</b>								
<b>Semana</b>	<b>Porcentaje de Humedad</b>		<b>Porcentaje de Cenizas</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Peso</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Volumen</b>	
	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	53,09	58,86	0,96	1,58	98,65	98,05	99,09	98,46
2	58,08	60,9	1,21	1,41	98,48	98,35	98,41	98,65
3	61,12	60,99	1,46	1,53	98,3	98,21	98,76	98,74
4	60,6	63,79	1,74	2,01	97,95	97,81	98,84	99,04
Total	58,22	61,14	1,34	1,63	98,35	98,11	98,77	98,72
<b>Enero</b>	59,68		1,49		98,23		98,75	
<b>Análisis-Febrero 2016</b>								
<b>Semana</b>	<b>Porcentaje de Humedad</b>		<b>Porcentaje de Cenizas</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Peso</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Volumen</b>	

	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	49,49	63,32	1,85	1,42	97,2	98,44	96,23	98,62
2	53,17	54,96	3,53	1,64	95,04	97,78	97,95	98,18
3	57,94	66,8	1,53	1,84	98,06	98,17	97,50	97,61
4	50,01	68,03	1,52	1,68	97,72	98,39	98,05	98,23
Total	52,65	63,28	2,11	1,65	97,01	98,20	97,43	98,16
<b>Febrero</b>	57,97		1,88		97,60		97,80	
<b>Análisis-Marzo 2016</b>								
<b>Semana</b>	<b>Porcentaje de Humedad</b>		<b>Porcentaje de Cenizas</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Peso</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Volumen</b>	
	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	65,81	72,42	2,12	1,7	97,83	98,59	98,45	98,69
2	73,24	65,48	2,3	1,42	98,16	98,53	98,41	98,78
3	55,02	67,1	2,39	2,36	96,77	97,67	93,93	98,21
Total	64,69	68,33	2,27	1,83	97,59	98,26	96,93	98,56
<b>Marzo</b>	66,51		2,05		97,93		97,74	
<b>Análisis-Abril 2016</b>								
<b>Semana</b>	<b>Porcentaje de Humedad</b>		<b>Porcentaje de Cenizas</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Peso</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Volumen</b>	
	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	73,72	74,31	2,15	4,81	98,3	96,29	98,42	99,00
2	73,1	67,24	2,37	2,12	98,09	97,92	98,40	98,65
3	65,2	70,28	2,08	2,5	97,83	97,77	98,50	98,65
Total	70,67	70,61	2,20	3,14	98,07	97,33	98,44	98,76
<b>Abril</b>	70,64		2,67		97,70		98,60	
<b>Análisis-Mayo 2016</b>								
<b>Semana</b>	<b>Porcentaje de Humedad</b>		<b>Porcentaje de Cenizas</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Peso</b>		<b>Porcentaje de Reducción de Volumen</b>	
	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS	ETN	ETS
1	77,61	59,94	4,04	1,53	97,29	98,17	96,73	98,13
2	70,4	71,96	2,02	1,63	98,2	98,63	97,78	98,94

3	65,65	72,4	1,27	1,7	98,69	98,59	97,50	98,02
Total	71,22	68,10	2,44	1,62	98,06	98,46	97,34	98,37
<b>Mayo</b>	<b>69,66</b>		<b>2,03</b>		<b>98,26</b>		<b>97,85</b>	

Elaborado por: Garcés, 2016.

#### 4.5 Datos Comparativos entre muestras mensuales

##### 4.5.1 Caracterización de los residuos sólidos urbanos generados en el Distrito Metropolitano de Quito.

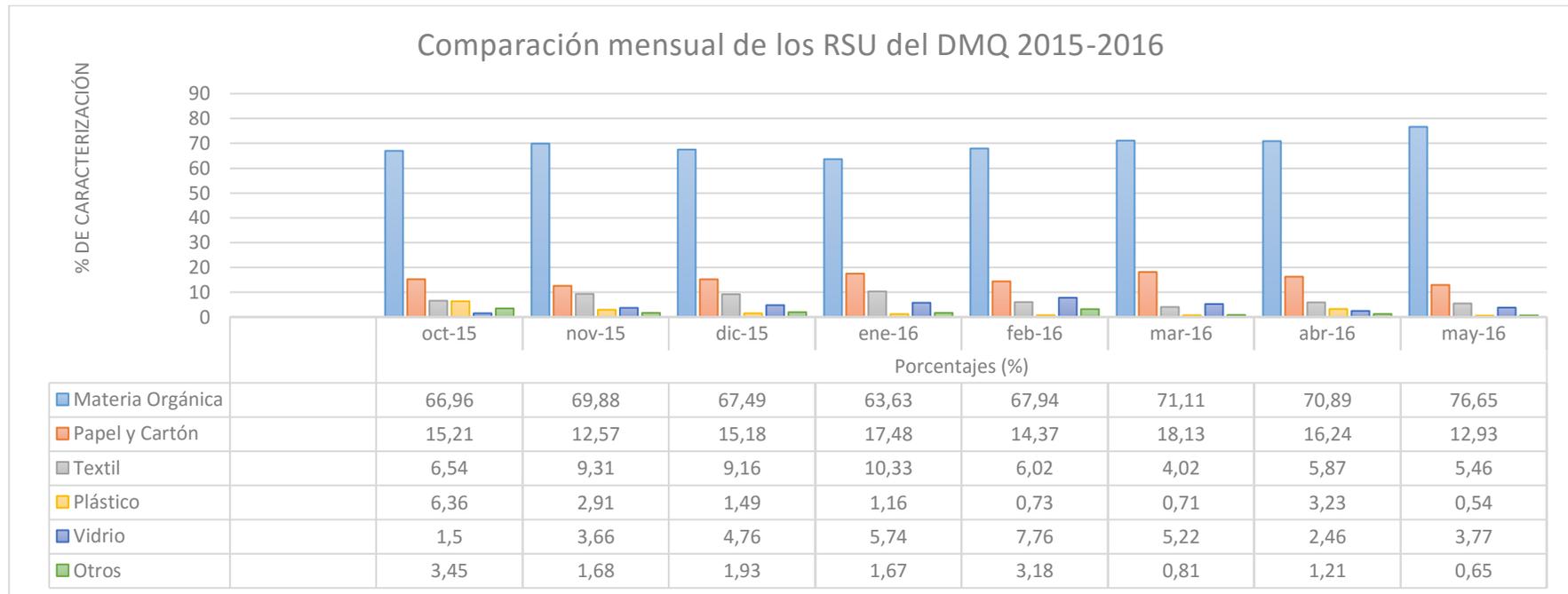
A continuación, se presenta una tabla donde se detalla los porcentajes de cada tipo de residuo mes a mes, de igual forma se expone gráficamente la variación mensual de cada tipo de residuo.

**Tabla N° 17. Comparación de las caracterizaciones mensuales de los residuos sólidos urbanos generados en el Distrito Metropolitano de Quito**

Residuos Sólidos Urbanos generados en el Distrito Metropolitano de Quito								
Tipo de Residuo	Porcentajes (%)							
	Octubre - 2015	Noviembre - 2015	Diciembre - 2015	Enero - 2016	Febrero - 2016	Marzo - 2016	Abril - 2016	Mayo - 2016
Materia Orgánica	66,96	69,88	67,49	63,63	67,94	71,11	70,89	76,65
Papel y Cartón	15,21	12,57	15,18	17,48	14,37	18,13	16,24	12,93
Textil	6,54	9,31	9,16	10,33	6,02	4,02	5,87	5,46
Plástico	6,36	2,91	1,49	1,16	0,73	0,71	3,23	0,54
Vidrio	1,50	3,66	4,76	5,74	7,76	5,22	2,46	3,77
Otros	3,45	1,68	1,93	1,67	3,18	0,81	1,21	0,65
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100	99,89	100

Elaborado por: Garcés, 2016.

**Figura N° 13. Caracterización mensual de los residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito**



Elaborado por: Garcés, 2016.

Como se aprecia en la tabla N° 17 y figura N° 12, el tipo de residuo que más porcentaje ocupa en las muestras promedio mensual es la materia orgánica con valores de porcentaje que van desde 66 a 76%, seguido por el papel y cartón con un 12 a 17%, el textil con un 4 a 9%, el vidrio con valores que varían de 1,5 a 6%; y por último con porcentajes similares el plástico y otros (madera, metal, pañales, residuos de jardinería, etc.) con valores de que van desde 1 a 3%, exceptuando el mes de octubre en el que el valor promedio del plástico fue de 6,36%.

#### 4.5.2 Cuantificación del porcentaje de humedad contenida en las muestras mensuales de los RSU del DMQ.

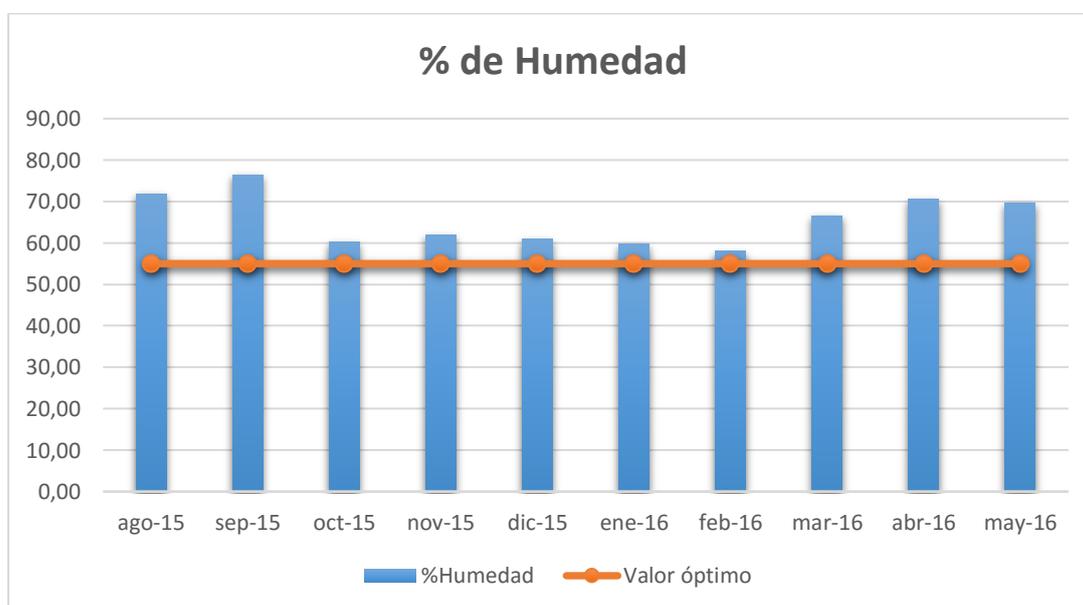
A continuación, se expone gráficamente la variación del porcentaje de humedad contenida en las distintas muestras de RSU tomadas mensualmente en el Distrito Metropolitano de Quito.

**Tabla N° 18. Cuantificación del porcentaje de humedad de los RSU del DMQ**

Meses-Año	% de Humedad
Agosto - 2015	71,87
Septiembre - 2015	76,4
Octubre - 2015	60,24
Noviembre - 2015	61,9
Diciembre - 2015	60,87
Enero - 2016	59,68
Febrero - 2016	57,97
Marzo - 2016	66,51
Abril - 2016	70,64
Mayo - 2016	69,66

Elaborado por: Garcés, 2016.

**Figura N° 14. Cuantificación del porcentaje de humedad de los RSU del DMQ**



Elaborado por: Garcés, 2016.

Como se aprecia en la figura N° 13, del promedio de humedad total en todos los meses, a partir de los datos obtenidos durante los muestreos, se observó que el porcentaje de humedad varía entre 58 a 76% como se observa en la tabla N° 18; en todos los meses se supera el valor óptimo máximo que es de 55%, establecido por Alonso, Martínez, & Olías (2003), para poder utilizar estos residuos en un proceso de incineración; para lo cual, sería necesario un tratamiento previo, como un secado de los RSU, para poder aprovecharlos.

#### **4.5.3. Cuantificación del porcentaje de cenizas obtenidas del proceso de incineración de los RSU del DMQ.**

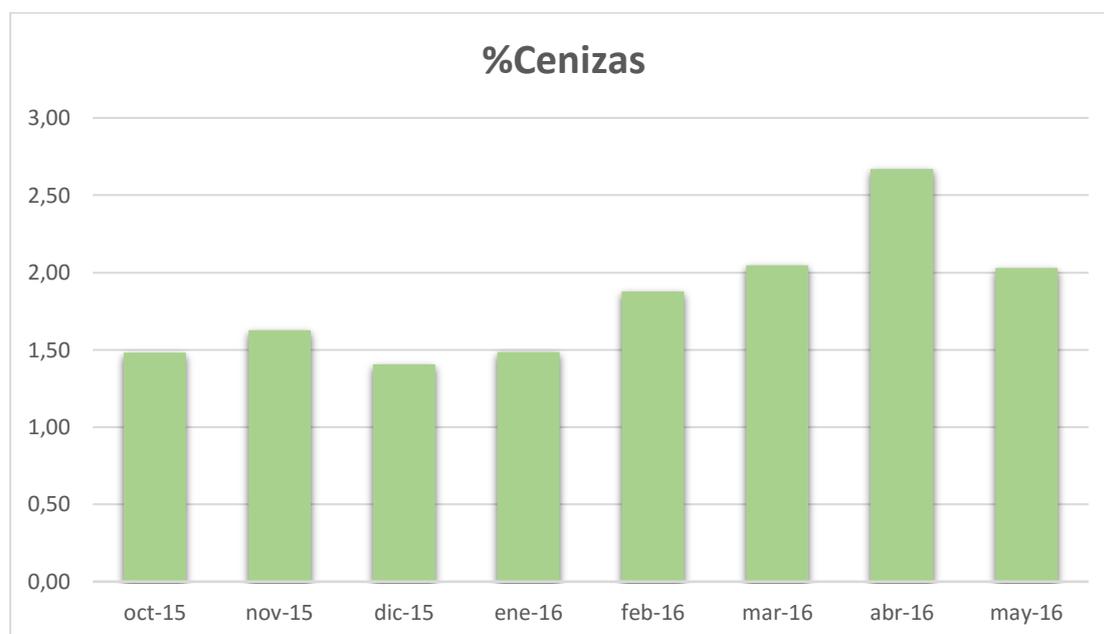
Como se mencionó con anterioridad, los dos primeros meses (agosto y septiembre del año 2015) no se realizó la caracterización correspondiente de los RSU, por lo cual los datos de ambos meses no eran representativos como los demás. A continuación, se presenta la variación mensual del porcentaje de cenizas de los RSU.

**Tabla N° 19. Cuantificación del porcentaje de cenizas de los RSU del DMQ**

Meses- Año	%Cenizas
Octubre - 2015	1,48
Noviembre - 2015	1,63
Diciembre - 2015	1,41
Enero - 2016	1,49
Febrero - 2016	1,88
Marzo - 2016	2,05
Abril - 2016	2,67
Mayo - 2016	2,03

Elaborado por: Garcés, 2016.

**Figura N° 15. Cuantificación del porcentaje de cenizas de los RSU del DMQ**



Elaborado por: Garcés, 2016.

Como se puede apreciar en la figura, el contenido de cenizas de los meses es muy similar con valores de porcentaje que varían de 1,41 a 2,05; exceptuando el mes de abril (2016) en el que el porcentaje de cenizas fue de 2,67%.

Cabe recalcar que dentro del proceso de incineración solo se consideró las categorías de papel y cartón, materia orgánica y textiles, por la naturaleza de su composición química y debido a que, si se toma en cuenta las categorías como el plástico, tetrabrick y vajillas desechables, estos pueden generar dioxinas y furanos al estar expuestos a temperaturas como la que se utiliza en los equipos de laboratorio que es de 900°.

#### **4.5.4 Cuantificación del porcentaje de reducción de peso en los RSU del DMQ**

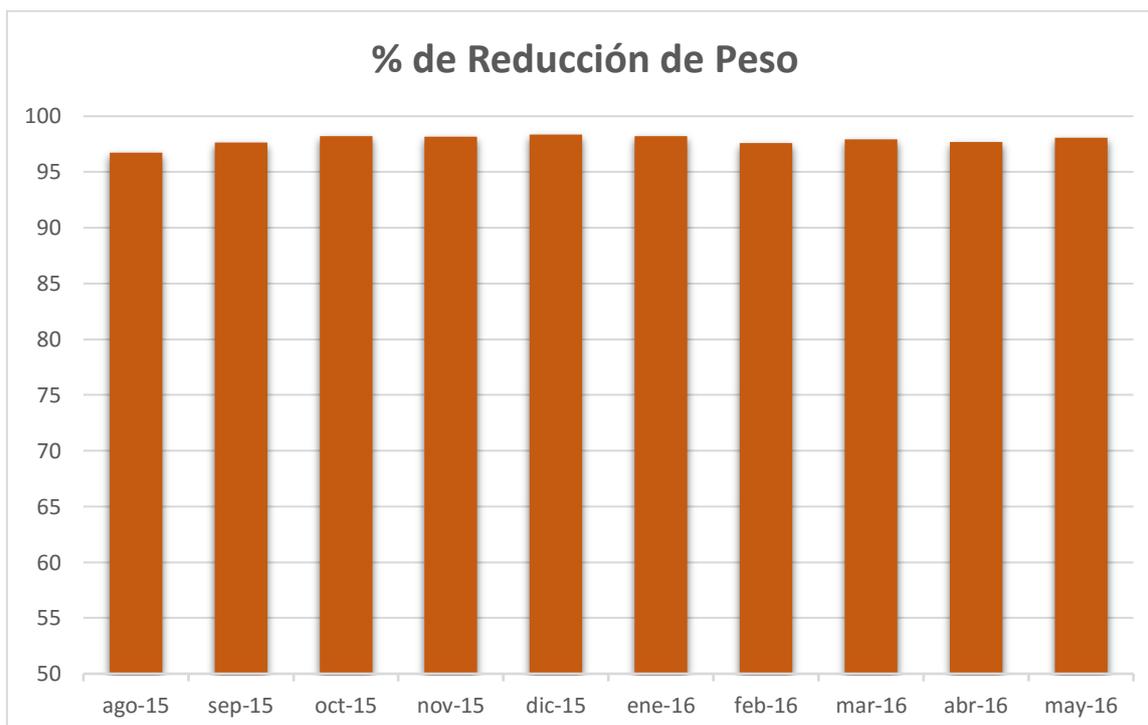
La siguiente tabla y figura muestra la variación mensual del porcentaje de reducción de peso por calcinación en los RSU.

**Tabla N° 20. Cuantificación del porcentaje de reducción de peso en los RSU del DMQ.**

Meses - Año	% Reducción de peso por Calcinación
Agosto -2015	96,72
Septiembre - 2015	97,65
Octubre - 2015	98,23
Noviembre - 2015	98,16
Diciembre - 2015	98,36
Enero - 2016	98,23
Febrero - 2016	97,6
Marzo - 2016	97,93
Abril - 2016	97,7
Mayo - 2016	98,06

Elaborado por: Garcés, 2016.

**Figura N° 16. Cuantificación del porcentaje de reducción de peso por calcinación en los RSU del DMQ**



Elaborado por: Garcés, 2016

Como se observa en la figura N° 15, el porcentaje de reducción de peso en los RSU del DMQ en todos los meses supera el 97%.

#### **4.5.5. Cuantificación del porcentaje de reducción de volumen en los RSU del DMQ.**

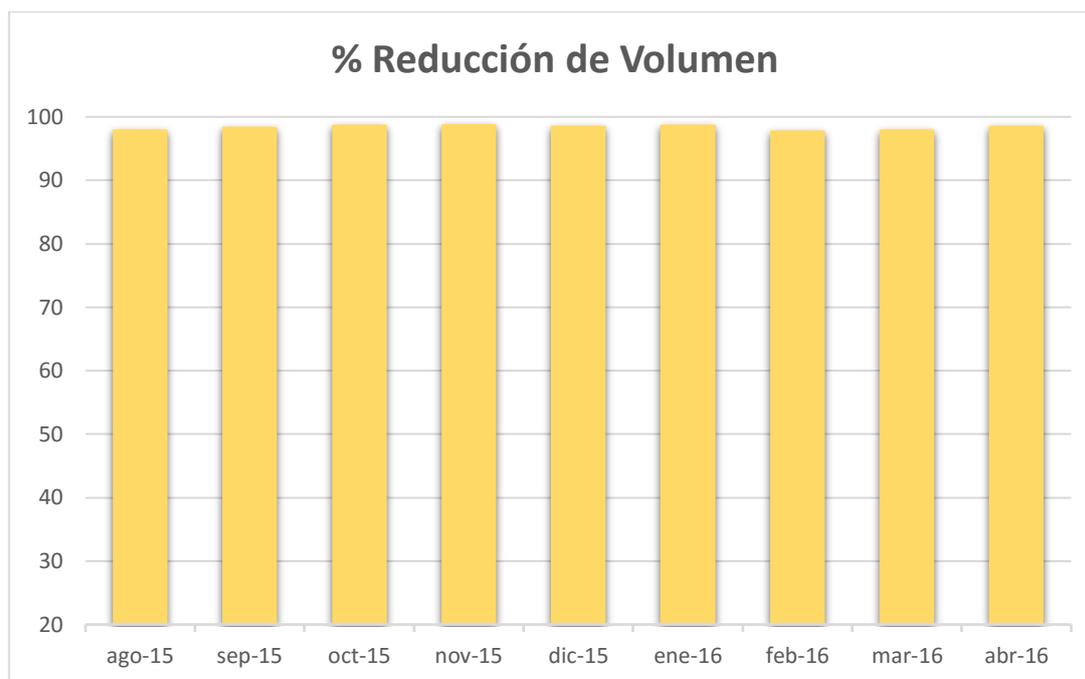
La siguiente tabla y figura muestra de manera mensual la variación del porcentaje de reducción de volumen en los RSU.

**Tabla N° 21. Cuantificación del porcentaje de reducción de volumen de los RSU del DMQ**

Meses - Año	% Reducción de Volumen
Agosto - 2015	98,00
Septiembre - 2015	98,38
Octubre - 2015	98,79
Noviembre - 2015	98,87
Diciembre - 2015	98,56
Enero - 2016	98,76
Febrero - 2016	97,82
Marzo - 2016	98,03
Abril - 2016	98,58

Elaborado por: Garcés, 2016.

**Figura 17. Cuantificación del porcentaje de reducción de volumen de los RSU del DMQ**



Elaborado por: Garcés, 2016.

Como se aprecia en la figura N° 19, la simulación del proceso de incineración en laboratorio nos muestra que este proceso permite reducir casi al 100% el volumen de los residuos, por lo que la incineración sería una técnica válida al momento de reducir el volumen que ocuparían los RSU en un relleno sanitario.

A continuación, se presenta la comparación mensual del volumen inicial con el volumen final de los RSU una vez realizado la incineración.

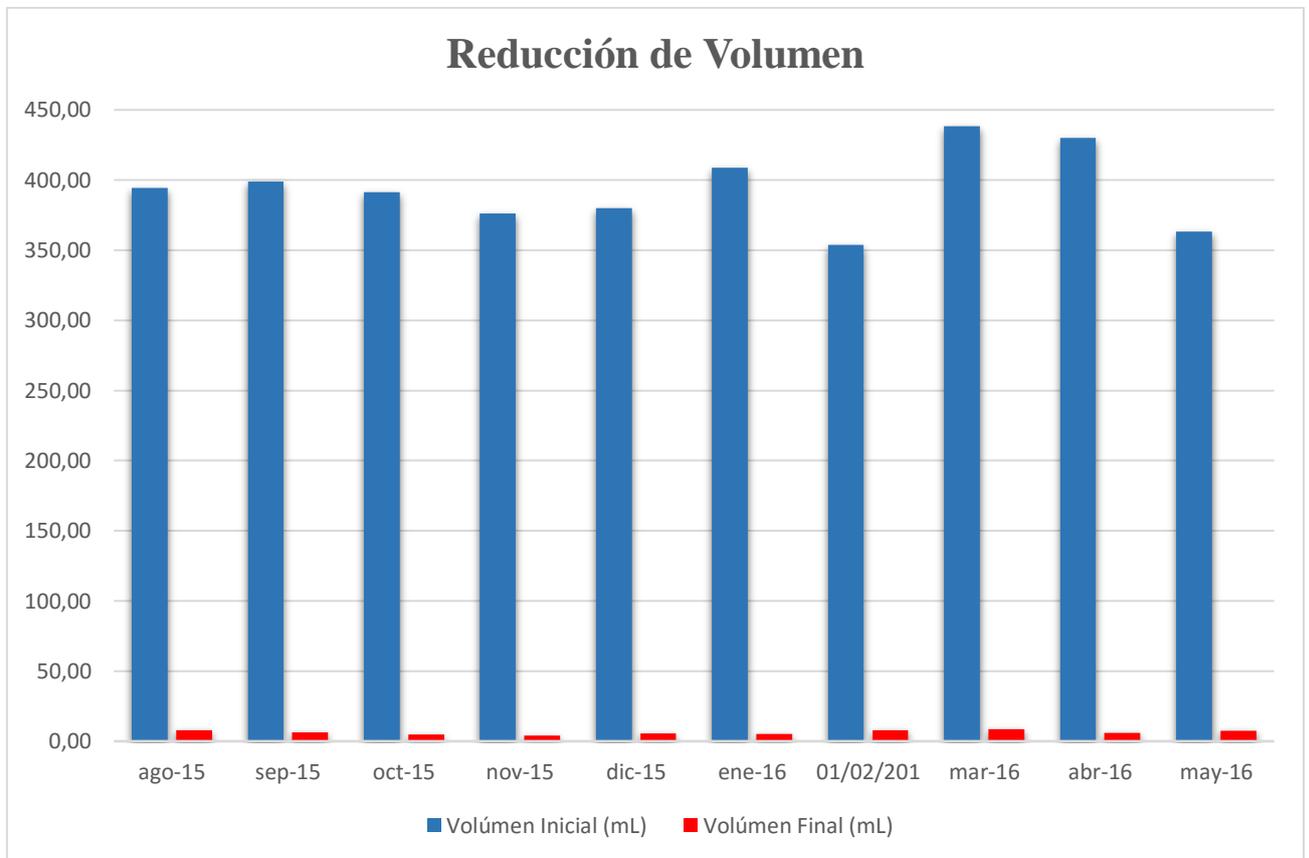
**Tabla N° 22. Comparación mensual del porcentaje de reducción de volumen en los RSU del DMQ**

Meses - Año	Volumen Inicial (mL)	Volumen Final (mL)	% Reducción de Volumen
Agosto - 2015	394,38	7,88	98,00
Septiembre - 2015	398,75	6,44	98,39
Octubre - 2015	391,25	4,79	98,78
Noviembre - 2015	376,25	4,20	98,88
Diciembre - 2015	380,00	5,45	98,57
Enero - 2016	408,75	5,07	98,76
Febrero - 2016	353,75	7,73	97,82
Marzo - 2016	438,33	8,55	98,05
Abril - 2016	430,00	6,07	98,59

Mayo	363,33	7,63	97,90
------	--------	------	-------

Elaborado por: Garcés, 2016.

**Figura N° 18. Comparación mensual del porcentaje de reducción de volumen en los RSU del DMQ**



Elaborado por: Garcés, 2016.

Como se mencionó con anterioridad, se puede apreciar que la incineración reduce el volumen de los RSU a casi un 100%, ya que como se observa en la figura N°17, en el promedio mensual de volumen inicial que ocupó los RSU fue de 353 a 438 mL en un tubo de ensayo, y después de someterlo a 900° el volumen que ocupó en el tubo de ensayo no llega ni a 10 mL en ninguno de los meses.

## 4.6 Análisis de resultados

### 4.6.1 Desviación estándar de los parámetros de estudio

Tabla N° 23. Desviación estándar del porcentaje de humedad y cenizas

Meses - Año	% de Humedad	% de Cenizas
Agosto - 2015	71,87	-
Septiembre - 2015	76,40	-
Octubre - 2015	60,24	1,48
Noviembre - 2015	61,90	1,63
Diciembre - 2015	60,87	1,41
Enero - 2016	59,68	1,49
Febrero - 2016	57,97	1,88
Marzo - 2016	66,51	2,05
Abril - 2016	70,64	2,67
Mayo - 2016	69,66	2,03
Promedio	65,57	1,83
Desviación Estándar	6,30	0,40

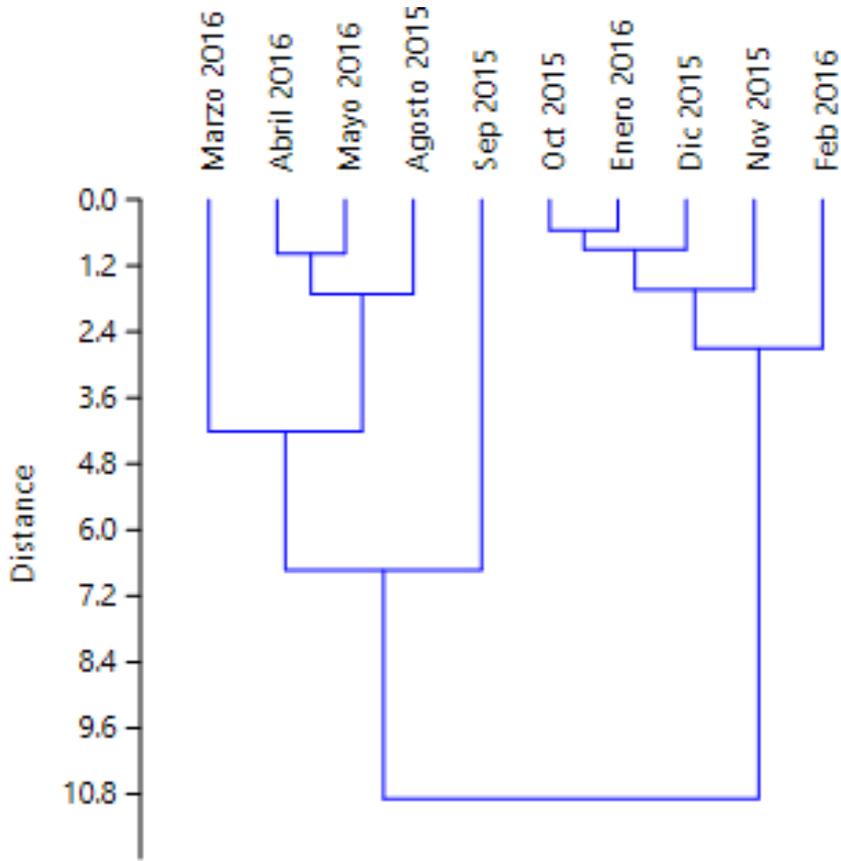
Elaborado por: Garcés, 2016.

Con el cálculo de la desviación estándar para el porcentaje de humedad y cenizas se pudo apreciar que para el parámetro de humedad existió una mayor variabilidad de datos comparándolo con el segundo parámetro (Cenizas), el cual tuvo una menor variabilidad en sus datos.

### 4.6.2 Relación de los porcentajes de humedad y cenizas en los meses de estudio

Para el siguiente análisis se utilizó el programa Past, en el mismo que se aplicó la función “Cluster”, que se muestra a continuación.

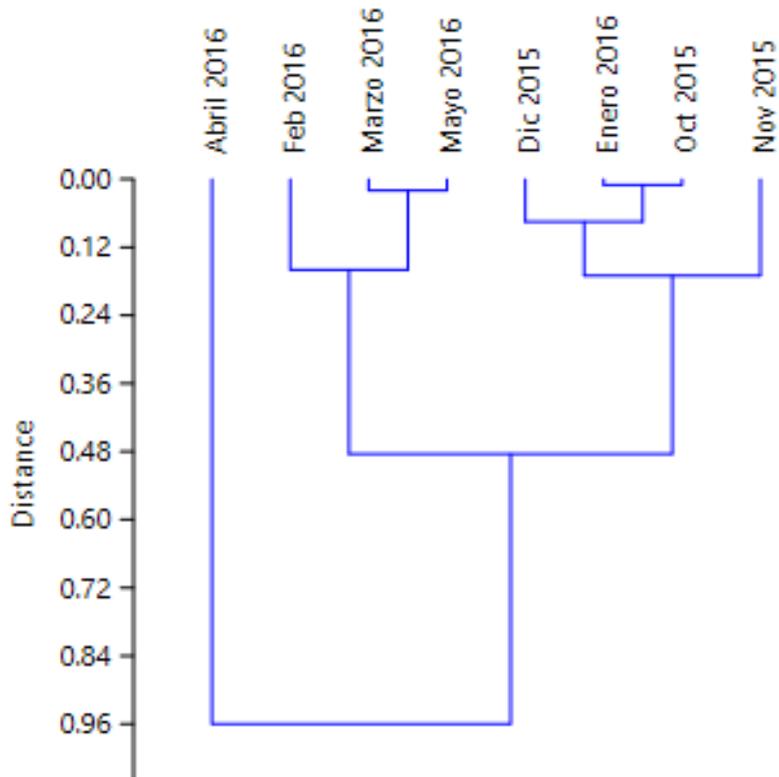
**Figura N° 19. Relación de % de humedad en los 10 meses de estudio**



Elaborado por: Garcés, 2016.

En esta figura se compara la relación que tiene la humedad en todos los meses que duró el estudio, como se puede apreciar, meses como marzo, abril, mayo del año 2016 y agosto del 2015 tienen un % de humedad similar variando su porcentaje mínimamente; en cambio meses como octubre, diciembre, noviembre del 2015 y enero del 2016 en que el valor del % de humedad fueron muy similares entre sí, pero a su vez alejados de los 4 meses descritos anteriormente; de igual forma se puede observar meses como septiembre del 2015 y febrero del 2016 en el que sus valores son un poco distantes a los valores de los demás meses del año.

**Figura N° 20. Relación de % de cenizas en los 10 meses de estudio**



Elaborado por: Garcés, 2016.

La presente figura muestra la relación de porcentaje de cenizas en los meses que duró el estudio, en el cual se puede observar que existió una relación entre los meses de octubre, noviembre, diciembre del 2015 y enero del 2016 en los cuales sus valores de % de cenizas fueron muy similares, de igual forma, meses como febrero, marzo y mayo del 2016 tuvieron valores que fueron muy parecidos entre sí, pero variando con los meses que se describieron anteriormente. Por otra parte, se puede apreciar el mes de abril del 2016 el cual, si bien tiene un valor similar al de los anteriores meses, varía un poco con ellos. Cabe mencionar que para los meses agosto y septiembre del 2015 se optó por excluirlos del estudio ya que como se mencionó antes, éstos no poseían datos significativos debido a que en estos meses no se realizó la caracterización de las muestras en las estaciones de transferencia.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Mediante el desarrollo de esta investigación se pudieron cumplir los objetivos planteados, los mismos que siguieron la metodología indicada en el presente estudio para la fase de campo y de laboratorio.
- Debido al mal manejo que se da a los residuos, comenzando por no existir una separación en la fuente de los mismos, la mayoría de estos no son recuperados y se disponen en el relleno sanitario de “EL INGA” como única solución; causando la reducción del espacio dispuesto para el relleno y disminuyendo la vida útil del mismo.
- Los resultados de reducción de volumen de la presente investigación, concuerdan con la teoría que presenta, a la incineración, como una gran alternativa para minimizar los volúmenes de residuos a disponer. Estos resultados indican un 97 a 98%, por lo que efectivamente una incineración es una alternativa viable para la minimización de residuos.
- El porcentaje de humedad contenido en las muestras de RSU superó el límite máximo establecido en la teoría (55% de humedad) para poder utilizar los residuos en la incineración, por lo que, bajo esta consideración, sería necesario un proceso de secado previo al proceso térmico; tornándolo en un tratamiento viable para el aprovechamiento energético.
- A menor cantidad de materia orgánica en el volumen incinerable, mayor será la efectividad del proceso; el porcentaje de humedad contenido en la materia orgánica es alto, lo que haría necesaria la utilización de una excesiva cantidad de energía para eliminarla.
- Los datos de porcentaje de humedad y de cenizas son indispensables al momento de analizar la factibilidad de un sistema de tratamiento térmico, ya que estudiando

estos parámetros se podrá determinar si ésta es la mejor vía para poder tratar los RSU.

- Se debe tomar en consideración el aporte de humedad de los RSU, debido a que, a elevados porcentajes de humedad se reduce considerablemente el poder calorífico inferior y por defecto, la energía que podría ser aprovechada para su recuperación es usada para la evaporación del contenido del residuo.
- El levantamiento de datos en campo para llevar a cabo la caracterización de la composición de los RSU del DMQ, como se ha mencionado previamente, se lo realizó de manera semanal, en donde se reveló que el consumo mayor de la población es de materia orgánica con un 66 a 76% en todos los promedios mensuales.
- Es necesario la realización de una clasificación de residuos para poder lograr un eficiente proceso de aprovechamiento energético y reutilización de materiales.
- Un tratamiento térmico como la incineración supone una alternativa de gestión de residuos muy útil al momento de dar un manejo a los mismos, como también para disminuir el impacto visual y alargar la vida útil de los rellenos sanitarios debido a la reducción del volumen de los residuos al transformarse en cenizas, lo que aumentaría el espacio en los mismos, de igual forma se debe tomar en cuenta un factor importante al momento de tomar como alternativa la incineración, éste es el costo – beneficio, ya que los sistemas de incineración son muy costosos.
- Si se compara la composición de los RSU de DMQ entre la estación de transferencia norte y la estación de transferencia sur, se puede indicar que los hábitos de consumo de estos dos sectores (Norte y Sur), son similares.

## 5.2 Recomendaciones

- Ya que el presente estudio siguió una metodología que fue validada, se recomienda seguirla utilizando para investigaciones posteriores.
- Es recomendable continuar con el análisis de los parámetros planteados en este estudio hasta cumplir con el número mínimo de muestras requerido y complementar con los demás parámetros fisicoquímicos de los residuos, para así poder estudiar la factibilidad de la aplicación de un sistema de tratamiento térmico.
- Se recomienda realizar un análisis físico – químico de las cenizas obtenidas después de la incineración, para poder conocer su composición y estudiar posibilidades de reutilización o nuevas aplicaciones.
- Se recomienda mantener un correcto manejo de las muestras, ya sea durante el trabajo de campo como en el realizado dentro del laboratorio para que las muestras conserven sus características y de esta forma no alterarlas.
- No se recomienda incorporar dentro del proceso de incineración a las categorías de plásticos debido a que estos materiales al estar en presencia de altas temperaturas pueden generar productos volátiles altamente tóxicos; como dioxinas y furanos; de igual forma se debería optar por una gestión adecuada en los hogares para reciclar este tipo de residuo urbano.
- Es necesario seguir con la caracterización de residuos sólidos urbanos en investigaciones futuras, con el fin de seguir teniendo datos actualizados con respecto a la composición, y cantidad de generación de los residuos.
- Se debería optar por una gestión integrada de RSU, empezando con la reducción en el origen, disminuyendo el consumo; empezar con una separación desde la fuente, reutilizar todo desecho al que se lo pueda dar otro uso; para de esta forma cambiar el manejo inadecuado de RSU que se tiene actualmente.
- Es recomendable que se analicen tratamientos alternativos para el manejo de la materia orgánica, como por ejemplo compostaje.

- Es importante usar todo el equipo de protección personal mientras se está recogiendo las muestras en cada estación, de igual forma seguir con las normas de uso de laboratorio de la Universidad Internacional SEK.
- En el caso de plantear un tratamiento térmico con fin de aprovechamiento energético, se recomienda eliminar la humedad de los RSU; ya que el alto contenido de humedad afectaría al proceso.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuerdo Ministerial No. 097 – Anexo A. Sustituyente al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Registro Oficial, Edición Especial N° 387 del 4 de noviembre de 2015
- Agenda 21 (1992). Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible organizada por Naciones Unidas. Río de Janeiro, Brasil.
- Alonso, C., Martínez, E., & Olías, J. (2003). *Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos*. Madrid: Editora LA LEY.
- Ambientum.com (s.f.). *Suelos y Residuos. Incineración y Tratamientos Térmicos*. Recuperado de: [http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/suelos/incineracion\\_y\\_tratamientos\\_termicos.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/incineracion_y_tratamientos_termicos.asp)
- Baca, K. (2015). “CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA”. Tesis de grado. Universidad Internacional SEK. Quito.
- Berent, M., Vedoya, R., Daniel, E. (2005). Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos un Ciudades Intermedias del NEA, Orígenes, Tipos y Composición de Residuos. Recuperado el 15 de Marzo del 2016 de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/7Tecnologia/T-029.pdf>
- Berrezueta, T. Bonilla, E. & Bonilla, V. (2015). “Características del manejo de desechos sólidos en la comunidad rural de Muluay y el barrio urbano de los senderos de cuenca. Cuenca – Ecuador.
- Bonfanti, F. (2004). “La incorrecta gestión de los residuos sólidos urbanos y su incidencia en la calidad de vida de la población de resistencia”. Universidad Nacional del Nordeste.
- Castells, X. (2005). Tratamiento y valorización energética de residuos. España: Ediciones Díaz Santos
- Castillo S. (2011). Estadística aplicada a la investigación científica. Quito: Universidad Internacional SEK (UISEK).

- CEMPRE (2012). Manual de gestión integral. Capítulo V - Tratamientos. Parte 4. Incineración. Parte 2. Uruguay
- Clima-de (2016). Clima de Quito. Primavera todo el año. Recuperado el 15 de Febrero del 2016 de: <http://www.clima-de.com/quito/>
- Constitución de la Republica (2008). Registro Oficial No. 449. Montecristi, Ecuador.
- Consultores Ambientales y Sanitarios. 2006. Manejo Integral de Residuos Sólidos Convencionales. Recuperado el 05 de Marzo del 2016 de: <http://seqdecolombia.blogspot.com/2006/10/carpeta-de-servicios.html>
- Convenio de Basilea, Ratificado: 7 de junio de 2004.
- Coral, K. (2014). “Cátedra de Tratamiento de Residuos Sólidos”. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- Dueñas, D. (2012). Validación del método de cuantificación del porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas contenido en los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito 2013. Tesis de grado. Universidad Internacional SEK. Quito.
- EMGIRS – EP. (2014). La Empresa. Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS-EP. Recuperado el 08 de abril del 2016 de: <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/quienes-somos/la-empresa>
- EMGIRS EP. (2014). Transferencia y transporte de residuos sólido urbanos. EMGIRS EP, Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Recuperado el 10 de abril de 2016, de sitio web de EMGIRS EP: <http://emgirs.gob.ec>
- EMGIRS EP. (s.f.). Estación de Transferencia Norte. Recuperado el 11 de abril del 2016 de: <http://emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/estacion-de-transferencia-norte>
- EMGIRS EP. (s.f.). Estación de Transferencia Sur. Recuperado el 11 de abril del 2016 de: <http://emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/estacion-de-transferencia-sur>
- EMGIRS EP. (s.f.). Relleno Sanitario del Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado el 11 de abril del 2016 de: <http://emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/relleno-sanitario>
- Flores, B. (2009). “La problemática de los desechos sólidos”.

- Garrigues. (2003). “Manual para la Gestión de Residuos Urbanos”.
- Gestión Integral de Desechos Sólidos. (S.F.). “MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS”
- Gestión y Tratamiento de los Residuos Urbanos. (S.F.). “Los residuos urbanos y su problemática”.
- González G (2008). Impacto de la tasa de humedad en la biodegradación de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Veracruz, México. Veracruz: Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana.
- González, J. (2008). Contaminación Ambiental. Módulo I. Residuos Sólidos Urbanos. Escuela de negocios – eoi. Disponible en: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45492/componente45490.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45492/componente45490.pdf)
- Guía de Manejo de Residuos Sólidos. (s.f.). “Manejo de Residuos Sólidos”.
- Ley de Gestión Ambiental (2004). Registro Oficial Suplemento 418 de 10-sep2004. Ecuador.
- Mafla, L. (2015). “CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: PAPEL, CARTÓN, MADERA, MATERIA ORGÁNICA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. AÑO 2014-2015”. Tesis de Grado. Universidad Internacional SEK. Quito.
- Manejo Sólido. (s.f.). Residuos Sólidos.
- Mazzilli, A. (2014). Validación del método de cuantificación del porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas contenido en los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito 2013. Tesis de grado. Universidad Internacional SEK. Quito.
- NTE INEN 0498 (1981). Puzolanas. Determinación de la pérdida por calcinación. Basadas en Norma Argentina IRAM 1654: Puzolanas, Métodos de ensayo generales. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1968.
- Norma Peruana NTE 0.544 (2006). Determinación de porcentaje de cenizas. Método de ensayo general.
- Ordenanza Metropolitana 404. (2012). Concejo Metropolitano de Quito.

- Otero, F. (2015). “Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos: textil, y mixto generados en el Distrito Metropolitano de Quito en el año 2015”. Tesis de Grado. Universidad Internacional SEK. Quito.
- Sakurai K. (2010). Guía HDT 17: Método sencillo del análisis de residuos sólidos. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Sánchez, I. (2013). CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”. Tesis de Grado. Universidad Internacional SEK. Quito.
- SEDESOL (s.f.) “Incineración”. Capítulo 5.
- Tobar, N. (2015). “DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS Y HUMEDAD CONTENIDO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”. Tesis de Grado. Universidad Internacional SEK. Quito.
- Vesco, L. (2006). “Residuos Sólidos Urbanos”. Gestión Integral.
- Vida para Quito. (2008). *Manejo de Residuos Sólidos*. Recuperado el 23 de febrero del 2016 de: [http://viniociovasquez.com/vida/index.php?option=com\\_content&task=view&id=59&Itemid=50](http://viniociovasquez.com/vida/index.php?option=com_content&task=view&id=59&Itemid=50)
- Webster A. (1998). *Estadística aplicada a los Negocios y Economía (3ra Ed.)*. Bogotá: McGraw-Hill.

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS FOTOGRÁFICOS

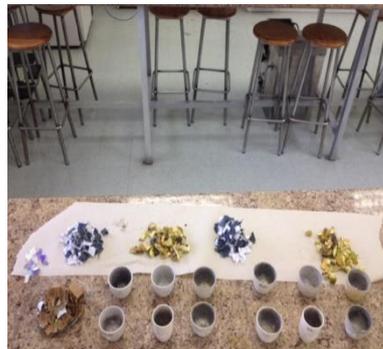
<p>1. Estación de Transferencia Norte.</p>	<p>2. Estación de Transferencia Sur.</p>
 <p><b>Fuente:</b> Garcés, 2016.</p>	 <p><b>Fuente:</b> Landázuri, 2015.</p>
<p>3. Método de cuarteo.</p>	<p>4. Corte de muestras en Laboratorio.</p>
 <p><b>Fuente:</b> Consultores Ambientales y Sanitarios, 2006.</p>	 <p><b>Fuente:</b> Garcés, 2016.</p>

5. Separación de tipo de residuo.



Fuente: Garcés, 2016.

6. Muestras y crisoles.



Fuente: Garcés, 2016.

7. Programación de la Mufla (900°/6 h).



Fuente: Garcés, 2016.

8. Programación de la Estufa (105°/24h).



Fuente: Garcés, 2016.

9. Muestra Húmeda.



**Fuente:** Garcés, 2016.

10. Volumen inicial de muestra.



**Fuente:** Garcés, 2016.

11. Muestra dentro de la mufla.



**Fuente:** Garcés, 2016.

12. Cenizas.



**Fuente:** Garcés, 2016.

13. Volumen final de muestra.



**Fuente:** Garcés, 2016.

14. Muestra seca.



**Fuente:** Garcés, 2016.