

---

## Caracterización de los residuos sólidos en Castilla Piura, Perú

G. Taype.<sup>9</sup>

<sup>1</sup>*Facultad de Ingeniería de Minas, Departamento Académico de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional de Piura.  
Campus Universitario s/n, Urb. Miraflores, Castilla, Piura*

---

### Resumen

Los objetivos del presente estudio fueron caracterizar los residuos sólidos urbanos (RSU) de la ciudad de Castilla y determinar la relación que hay entre el nivel de ingreso económico, los estratos socio económicos, el consumo mensual de energía eléctrica y el volumen de generación per cápita (PPC) de los RSU. El estudio consistió en la aplicación de encuestas para obtener información socioeconómica y ambiental en 110 hogares. Asimismo, se recolectó, pesó y determinó la composición de 510 muestras de RSU tomadas durante 7 días en los hogares encuestados y se analizó el consumo de electricidad leído en los recibos de pago de los tres últimos meses. En base a los ingresos económicos y el nivel de instrucción del sostenedor de cada hogar, se establecieron 5 estratos socioeconómicos: A (alto), B (medio alto), C (medio), D (medio bajo) y E (bajo). Los resultados obtenidos indican que los RSU de Castilla tuvieron una densidad promedio de 301,09 kg/m<sup>3</sup>, una humedad promedio de 33,7 % y su generación varió entre 0,385 y 0,721 Kg/hab-día para los estratos socioeconómicos E y A, respectivamente. El consumo de energía eléctrica varió desde 125,30 KWh/hab-mes para el estrato A hasta 15,00 KWh/hab-mes para el estrato E. Finalmente, se determinó una relación estadísticamente significativa entre la PPC de los RSU, el consumo de electricidad y el nivel de ingreso económico, llegando a la conclusión que los estratos de mayores ingresos económicos consumen más energía eléctrica y consecuentemente generan mayor volumen de RSU.

**Palabras clave:** *Residuos sólidos urbanos, estratos socioeconómicos, caracterización de residuos sólido urbanos.*

### Characterization of solid residuals In Castilla - Piura, Peru

#### Abstract

The aims of the present study were to characterize the urban solid residuals (USR) of Castilla city and to determine the relationship between the level of economic entrance, the socioeconomic strata, the monthly consumption of electric power and the volume of generation per capita (PPC) of the USR. The study consisted on the application of surveys to obtain socioeconomic and environmental data in 110 homes. Also, it was collected, weighed and determined the composition of 510 USR samples taken during 7 days in the survey homes and the electricity consumption read in the receipts of payment during the last three months was analyzed. Based on the economic income and the instruction level of each one supporter home, 5 socioeconomic strata were established: A (high), B (medium-high), C (medium), D (medium-low) and E (low). The results indicate that the RSU of Castilla had an average density of 301.09 kg/m<sup>3</sup>, an average of 33.7% and its generation varied between 0.385 and 0.721 Kg/inhab-day for the A y E socioeconomic strata, respectively. The

---

<sup>1</sup>*Autor para correspondencia, E-mail: [gtaypeq@hotmail.com](mailto:gtaypeq@hotmail.com)*

---

electrical power consumption varied from 125.30 KWh/inhab-month for the stratum A to 15.00 KWh/inhab-month for the stratum E. Finally, a statistically significant relationship between the PPC of the URS, the electricity consumption and the income level was found, concluding that the higher income strata consume more electrical power and consequently generates higher volume of RSU.

**Key words:** *Urban solid residuals, socioeconomic strata, characterization of urban residuals solid.*

## **Introducción**

La contaminación antrópica ocasionada por la evacuación de residuos sólidos urbanos (RSU), compuesta básicamente de residuos domiciliarios, comunales, comerciales, industriales y hospitalarios, puede generar impactos negativos de diverso grado al medio ambiente que va en desmedro de la calidad de vida.

La formulación de un plan de gestión y manejo ambiental integral de RSU es de responsabilidad de las municipalidades, de acuerdo a lo dispuesto por la Ley General de los Residuos Sólidos (El Peruano, 2000) y su Reglamento (El Peruano, 2004), sin embargo, ninguna gestión podría ser exitosa sino se cuenta con el apoyo decidido de la población y autoridades de otros sectores, públicos y privados, involucrados. El plan debe ser cuidadosamente diseñado que comprenda la generación, recojo, transporte, disposición y tratamiento. Para ello es necesario realizar la caracterización y determinar las variables que determinan el volumen de generación.

Los estudios realizados en la región Piura, sobre la gestión ambiental de RSU, (Verdeguer, 1999; Reyes, 2002; López, 2002; Centeno, 2004; Sandoval, 2004 y Taype, 2005), coinciden en que la gestión de residuos sólidos urbanos, en los lugares estudiados, es inadecuada y requiere de un plan integral de gestión y manejo.

En el presente estudio se identifican los factores que intervienen en la cantidad de

RSU generados por habitante, para ello se midió el grado de relación que existe entre la producción per cápita (PPC) de RSU por estratos socioeconómicos. Asimismo, se determinó el grado de relación entre la cantidad de RSU generados y el consumo de electricidad como un intento de predecir la cantidad de RSU generados, a partir de la lectura del consumo de electricidad (Pujol, 1994). Existe una relación entre el volumen de RSU generados, el consumo de energía eléctrica, los estratos socio económicos y los ingresos económicos de la población, su tendencia guarda relación con la curva ambiental de Kuznets -EKC- (Orccosupa, 2002), que muestra que hay una relación invertida de la variable presión o degradación ambiental y el ingreso bruto per cápita – IBPCP (Stern, 1999)

## **Material y métodos**

### **Área de estudio**

El trabajo se realizó en la ciudad de Castilla ubicada al este de Piura, capital de la Región del mismo nombre, entre los 5°11'5'' de latitud y 80°57'27'' de longitud, a 32 m.s.n.m.; con una extensión aproximada de 900 Km<sup>2</sup>.

### **Recolección de datos**

Se identificó una unidad vecinal por estrato socioeconómico en base a la información catastral de la Municipalidad de Castilla y los mapas de pobreza y ubicación socioeconómica de sus habitantes, del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2005). Luego se realizaron visitas, aplicando muestreos aleatorios simples, que consistió en determinar los domicilios más representativos por cada estrato social.

---

Previamente se coordinó con los jefes de familia y representantes de las Juntas Vecinales en cada área seleccionada.

Se utilizó dos técnicas de recolección de datos:

### **Encuestas de identificación y caracterización de hogares.**

Para determinar el estrato socioeconómico a la que pertenecen los núcleos familiares seleccionados, se aplicaron 110 encuestas teniendo en cuenta lo recomendado por Grosh y Muñoz (1998). Éstas constan de dos partes, la primera destinada a obtener información socioeconómica de la familia y la segunda a tópicos ambientales, hábitos de consumo y nivel de conciencia ambiental. Finalmente, se incluye preguntas abiertas sobre prácticas para minimizar la cantidad de RSU y sugerencias para mejorar el servicio de limpieza pública comunal.

El consumo per cápita de electricidad se determinó dividiendo el total de energía consumida en un mes (lectura del recibo de electricidad del predio) entre el número de miembros que componen el hogar.

### **Caracterización de RSU generados en los hogares**

La obtención de residuos sólidos se realizó de los predios preseleccionados, durante siete días consecutivos. Para recolectar muestras representativas se entregó bolsas plásticas rotuladas en cada vivienda, y se recogió al día siguiente, a la misma hora de entrega. El peso total de cada muestra se obtuvo mediante una balanza calibrada, con un error de  $\pm 10$  g y, posteriormente, se realizó la separación manual de cada muestra seleccionada. Para clasificar los componentes de los RSU se tuvieron las siguientes consideraciones (Rivas *et al*, 1992):

- Componentes que permitan un buen manejo, reconocimiento visual y separación manual

- Categorías compuestas de materiales de naturaleza similar
- Categorías seleccionadas que permitan una comparación relativamente directa con estudios previos e información existente.

### **Composición de RSU**

Para determinar la composición de RSU se procedió de la siguiente manera:

- Se tomó una muestra de  $1 \text{ m}^3$  de RSU procedente de las bolsas recogidas de los domicilios seleccionados, depositando en un lugar pavimentado se desmenuzaron las bolsas, los cartones y maderas contenidas en la basura hasta conseguir un tamaño de 15 cm a menos
- Se homogenizó la muestra mezclándola toda.
- Se procedió al cuarteo. El montón se dividió en cuatro partes y se escogió dos opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña. La muestra menor se volvió a mezclar y se dividió en cuatro partes, luego se escogió dos opuestas y se formó otra muestra más pequeña. Esta operación se repitió hasta obtener una muestra de 50 Kg de basura, aproximadamente.
- Se separaron los componentes del montón último y se procedió a su clasificación.
- Cada uno de los componentes se ha depositado en cilindros de 50 litros, previamente pesados.
- Una vez terminada la clasificación se pesaron los cilindros con los diferentes componentes y por diferencia se obtuvo el peso de los componentes.
- Se calculó un porcentaje (%) de los componentes, teniendo los datos del peso total y el peso de cada clase.

En base a estos criterios y procedimiento, se identificaron los siguientes componentes: Materia orgánica, Papeles y cartones, Escombros, cenizas y lozas, Plásticos, caucho y cuero, Trapos, Metales, Vidrios, Huesos, Otros.

## Determinación de la humedad y densidad

Para determinar la humedad (H), se tomó una muestra representativa, de 2,5 Kg luego se procedió al secado utilizando una mufla a 80°C durante 24 horas, se pesó y aplicó la fórmula:

$$\text{Humedad (H)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100 \quad (1)$$

Donde:

$W_1$  = Peso inicial (Húmedo)

$W_2$  = Peso final (Seco)

Para determinar la densidad, se utilizó las siguientes fórmulas:

*Densidad*  $\frac{\text{Peso cilindro con RSU} - \text{Peso cilindro vacío}}{\text{Volumen del cilindro}}$ , Kg/m<sup>3</sup> (2)

$$\text{Volumen del cilindro} = \frac{\pi * D^2}{4} * h ; m^3 \quad (3)$$

Donde:

D = Diámetro del cilindro; m

h = Altura del cilindro; m

## Análisis de datos

Para procesar los datos obtenidos durante el muestreo se ha utilizado procedimientos estadísticos y la hoja electrónica MS Excel.

## Resultados

### Generación de RSU y niveles socioeconómicos

A partir del modelo planteado por ESOMAR (1998), que es una matriz basada en dos variables: Ocupación/profesión del principal sostenedor del hogar y el nivel de estudios alcanzado, distribuye a las familias en cada una de 42 celdas, según sus características de calidad de vida y otras, se ha subdividido la población castellana en los siguientes niveles socioeconómicos: A (Alto), B (Medio Alto), C (Medio), D (Medio Bajo) y E (Bajo).

La generación de RSU, varía de acuerdo al nivel socio económico de la población desde 0,721 Kg/Hab-día para el nivel Alto, hasta 0,387 Kg/Hab-día para el nivel bajo, obteniéndose un promedio de 0,535 Kg/Hab-día, con límite de confianza de 5 %. (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Generación de RSU per cápita por niveles socio económicos en Castilla. Marzo 2005.

Nivel	Total Muestras analizadas	PPC (Kg/Hab-día)
A (Alto)	50	0,721
B (Medio Alto)	120	0,652
C (Medio)	80	0,495
D (Medio Bajo)	95	0,418
E (Bajo)	165	0,387
<b>Promedio:</b>		<b>0,535</b>

Los RSU de Castilla están compuestos mayormente de escombros, cenizas y lozas que constituye el 26,98 % del total, la materia orgánica representa el 25,12 % seguido por otros que viene a constituir el 12,51%. Los trapos, constituyen el 2,6 %, que viene a ser la menor parte respecto al total muestreado (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Componentes de RS de 110 viviendas muestreadas durante 07 días. Castilla. Marzo 2005.

Nº COMPONENTES	PESO (Kg)	%
1 Materia orgánica	540	25,12
2 Papel y cartón	80	3,72
3 Escombros, cenizas y lozas	580	26,98
4 Plásticos, caucho y cuero	137	6,37
5 Trapos	56	2,60
6 Metales	179	8,33
7 Vidrios	219	10,19
8 Huesos	90	4,19
9 Otros	269	12,51
<b>TOTAL</b>	<b>2150</b>	<b>100,00</b>

El contenido de humedad de RSU de Castilla, es en promedio de 33,7 %, que se obtiene de un total de 7 muestras que representan a los residuos de las viviendas seleccionadas. El rango de variación es entre 28,8% y 39,2% (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Humedad del RSU. Castilla. Marzo 2005.

Nº Muestra	Peso húmedo (W1)	Peso seco (W2)	Humedad (%)
1	2,5	1,55	38,0
2	2,5	1,78	28,8
3	2,5	1,65	34
4	2,5	1,78	28,8
5	2,5	1,64	34,4
6	2,5	1,52	39,2
7	2,5	1,68	32,8
<b>Promedio</b>			<b>33,7</b>

La densidad promedio es de 301,09 kg/m<sup>3</sup>, que es el resultado de 6 muestras obtenidas después del cuarteo de los RSU antes de la clasificación (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Densidad del RSU. Castilla. Marzo 2005.

Prueba	Hc (m)	Dc (m)	Peso cilindro vacío (Kg)	Peso cilindro con RS (Kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
1	0,5	0,6	9,2	52,74	0,1414	307,92
2	0,5	0,6	9,2	51,94	0,1414	302,26
3	0,5	0,6	9,2	53,4	0,1414	312,59
4	0,5	0,6	9,2	49,21	0,1414	282,96
5	0,5	0,6	9,2	51,58	0,1414	299,72
6	0,5	0,6	9,2	53,28	0,1414	311,74
<b>Promedio</b>						<b>301,09</b>

Hc = Altura del cilindro; Dc = diámetro del cilindro.

Según se muestra en el Cuadro 5, el mayor consumo de energía eléctrica mensual (125,3 KWH/hab.-mes) corresponde al estrato A que registra un ingreso mensual promedio de \$ 855,45/hab., y el menor consumo registra el

estrato E (15,00 KWH/hab.-mes) que tiene un ingreso mensual promedio de \$ 21,68/hab.

**Cuadro 5.** Relación del consumo de energía eléctrica (CEE) e ingreso bruto per cápita (IBPCP) según nivel socio económico. Castilla. Marzo 2005

Nivel Socioeconómico	PPC (Kg/hab-día)	CEE (KWH/hab-mes)	IBPCP (US\$/hab-mes)
A	0,721	125,30	855,45
B	0,652	65,19	296,21
C	0,495	35,12	120,6
D	0,418	25,40	75,6
E	0,387	15,00	21,68
<b>Promedio</b>	<b>0,535</b>		

## Discusión

La generación de RSU promedio en los domicilios es 0,535 Kg/hab-día, varía sensiblemente con el nivel o estrato social al que pertenece, siendo mayor en el nivel A con 0,721 Kg/hab-día que excede en 25,8 % al promedio y en el nivel E con 0,387 Kg/hab-día que es 27,63 % menos que el promedio, el estrato alto genera casi el doble que el estrato bajo.

Los RSU de Castilla, tiene una humedad de 33,7 % y una densidad de 301,09 Kg/m<sup>3</sup>, en promedio, sin embargo, estos valores pueden sufrir alguna variación con las estaciones del año y si se considera el aporte de residuos sólidos provenientes de las industrias, hospitales y comercios, lo que será necesario tener en cuenta para diseñar el plan integral de gestión ambiental y manejo.

Los RSU de Castilla tiene un contenido porcentual elevado de escombros, cenizas y lozas (26,98 %) que es debido a que hay muchas propiedades en refacción, ampliación o en construcción; el rubro de otros constituye el 12,51 % que mayormente está compuesto de tierras y arena proveniente de domicilios que tienen piso de tierra sin acabado. Por otro lado, se registra un contenido importante de materia orgánica (25,12 %) que puede ser

---

tratada mediante técnicas de biodegradación, siendo necesaria la clasificación en la fuente de generación, es decir en los domicilios.

El consumo mensual de energía eléctrica guarda relación con el volumen de generación de RSU, que a su vez es proporcional al nivel de ingreso bruto per cápita (IBPCP). Se observa que el nivel A (Alto) con un ingreso mensual promedio de US\$ 855,45, el consumo de energía eléctrica mensual promedio es de 125,30 Kwh/hab-mes y genera 0,721 Kg/hab-día de RS; mientras que el nivel E (Bajo), con un ingreso promedio mensual de US\$ 21,68, un consumo mensual promedio de energía eléctrica de 15 Kwh/hab-mes., genera un promedio de 0,387 Kg/hab-día de RS. Esto demuestra que el estrato que consume mayor energía eléctrica, genera mayor volumen de RSU, lo que debería tenerse en cuenta para considerar para establecer la tarifa del cobro municipal por recojo de basura domiciliaria, proporcional al consumo de energía eléctrica. El domicilio que genera mayor RSU debería pagar más, aplicando el principio de contaminador pagador. Comparando estos resultados con los de Santiago de Chile (Orccosupa, 2002), existe una correspondencia proporcional, con la diferencia que en el caso de Castilla, las cantidades son relativamente inferiores que guardan relación con el nivel de ingreso económico en cada estrato social en el que se ubica.

Varios estudios que relacionan el crecimiento económico y la calidad ambiental, curva ambiental de Kusnets -EKC- (Kuznets, 1955), demuestran que la contaminación se incrementa durante las primeras etapas de desarrollo de un país y luego comienza a disminuir a medida que los países obtienen recursos adecuados para abordar los problemas de contaminación (Grossman y Krueger, 1995). Esta tendencia es explícita para emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo, para la generación per cápita de residuos sólidos urbanos, según el Reporte Mundial del medio ambiente (World Bank, 1992), parece aumentar de manera indefinida conforme se incrementa el ingreso per cápita, sin llegar a

estabilizarse como ocurre con los contaminantes atmosféricos.

Los resultados obtenidos a través en este estudio serán de utilidad para plantear la gestión ambiental municipal de la ciudad de Castilla, desde el recojo hasta la disposición final y tratamiento.

### Referencias bibliográficas

**Centeno, M.** 2004. Plan de gestión Ambiental para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos del distrito de La Brea - Negritos. Tesis de grado. PROMAINA. Universidad Nacional de Piura. Perú. 130 pp.

**El Peruano.** 2000. Ley N° 27314 .Ley General de Residuos Sólidos. 21-07-2000 - Lima.

**El Peruano.** 2004. D.S.N° 057-2004-PCM. Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos. 24-07-04. Perú

**ESOMAR** (European Society for Opinion and Marketing Research ó The World Association of Research Professionals). 1998. Standard demographic classification. Amsterdam. 25 pp.

**Grosh, C. y Muñoz, P.** 1998. Manual de Diseño y ejecución de encuestas sobre condiciones de vida (LSMS). Documento de trabajo N° 126S. World Bank– Washington, D.C. 30 pp.

**Grossman, G. y Krueger, A.** 1995. Economic growth and the environment. Quarterly Journal of economics, 112: 353-378.

**Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).** 2005. Censo Nacional de población del Perú del 2005.

**Kuznets, S.** 1955. Economic Growth and Income Inequality. American Economic Review. 45 (1). 1–28.

---

**López, E.** 2002. Gestión de Residuos Sólidos en la Refinería de Talara. Tesis de grado. PROMAINA. Universidad Nacional de Piura. Perú. 110 pp.

**Orccosupa, J.** 2002. Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos y factores socioeconómicos. Provincia de Santiago de Chile. Tesis de grado. Programa Inter Facultades. Universidad de Chile. 112 pp.

**Pujol, R.** 1994. Determinación de la relación entre el consumo eléctrico y la generación de desechos, documento preparado por la municipalidad de San José de Costa Rica y GTZ. 32 pp.

**Reyes, C.** 2002. Gestión Integral de los Residuos Sólidos Generados en la Universidad Nacional de Piura. Tesis de grado. PROMAINA. Universidad Nacional de Piura. Perú. 115 pp.

**Rivas, M., Arellano, J., Monreal, J. y Sancha, A.** 1992. Proyección de la generación de residuos urbanos y su incidencia en el futuro manejo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 124 pp.

**Sandoval, E.** 2004. Manejo ambiental de los residuos sólidos urbanos en el distrito de Tamarindo – Paita – Piura. Tesis de grado. PROMAINA. Universidad Nacional de Piura. Perú. 108 pp.

**Stern, D.** 1999. Progress on the Environmental Kuznets Curve (EKC). En: <dstern@cres.anu.edu.au>Centre for Energy and Environmental Studies, Australian National University. [Consulta 20/01/2005]

**Taype, G.** 2005. Gestión ambiental de residuos sólidos en la Urb. Popular Felipe Cossío del Pomar- Castilla-Piura, Perú. Tesis de grado. PROMAINA. Universidad Nacional de Piura. Perú. 144 pp.

**Verdeguer, A.** 1999. Rehabilitación y plan de manejo ambiental del relleno sanitario de la ciudad de Piura. Tesis de grado. PROMAINA. Universidad Nacional de Piura. Perú. 135 pp.

**World Bank.** 1992. World Development Report 1992: Development and the environment. A World Bank publication. Oxford University Press USA. 9-13.