



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
DE LA CIUDAD DE GUARANDA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

Autores:

Alarcón Gualuntuña, María Isabel
Mayancha Gusqui, Daniela Fernanda

Tutor:

Ing. M.Sc. Alfonso Patricio Arellano Barriga

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotras, **Alarcón Gualuntuña María Isabel** con cédula de ciudadanía **1753072766** y **Mayancho Gusqui Daniela Fernanda** con cédula de ciudadanía **1600828873**, autoras del trabajo de investigación titulado: “**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE GUARANDA**”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 30 de mayo de 2024.

Isabel Alarcón

María Isabel Alarcón Gualuntuña

C.I: 1753072766



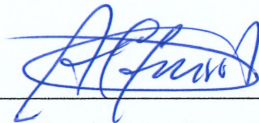
Daniela Fernanda Mayancho Gusqui

C.I: 1600828873

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga. Msc**, catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: “**Caracterización de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Guaranda**”, bajo la autoría de **Alarcón Gualuntuña María Isabel y Mayancho Gusqui Daniela Fernanda**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 30 días del mes de mayo de 2024



Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga. Msc

C.I: 0601823313

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

- Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Caracterización de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Guaranda**”, presentado por **María Isabel Alarcón Gualuntuña**, con cédula de identidad número **1753072766** y **Daniela Fernanda Mayancha Gusqui**, con cédula de identidad número **1600828873**, bajo la tutoría de **Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga**; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba **30 de mayo de 2024**.

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Nelson Estuardo Patiño Vaca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Jessica Paulina Brito Noboa
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **ALARCÓN GUALUNTUÑA MARÍA ISABEL** con CC: **1753072766**, y **MAYANCHA GUSQUI DANIELA FERNANDA** con CC: **1600828873**, estudiantes de la Carrera **Ingeniería Civil**, Facultad de **INGENIERÍA**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE GUARANDA**", **9%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 21 de mayo de 2024

Mgs. Alfonso Arellano
TUTOR (A)

DEDICATORIA

Dedico mi tesis primero a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta etapa.

A mis padres, Magali y Omar, por acompañarme en cada paso que doy, que con su cariño y amor me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

A mi hermano, Sebastián, quien ha sido mi ejemplo de lucha, de fuerza y de superación.

A Daniela, mi compañera de tesis, quien me hacía reaccionar cuando sentía que ya no podía continuar.

A mis amigos: Jessiel, Adriana, Mishel, Alisson, José, quienes han sido una parte fundamental en mi vida universitaria, por nunca dejarme sola y ayudarme siempre que necesité.

Con mucho amor,

María Isabel Alarcón Gualuntuña

AGRADECIMIENTO

En primer lugar les agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos.

También agradezco muy profundamente a mi Tutor, Ingeniero Alfonso Arellano, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos.

Por último agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título.

Gracias infinitas a todos,

María Isabel Alarcón Gualuntuña

DEDICATORIA

A mis padres, Aida, por su amor incondicional, sacrificio y sabiduría, que me han guiado y motivado a lo largo de mi carrera, y Enrique mi ángel que me cuida desde el cielo y quien fue clave de inspiración para seguir este arduo camino.

A mis hermanos, Mercy, Verónica, Walter, Julio, Wilmer, Ana, quienes fueron parte importante de esta trayectoria. Gracias por su constante apoyo, amor, por estar siempre a mi lado, compartiendo risas, desafíos y triunfos. Su fortaleza y cariño han sido pilares fundamentales en mi vida.

A mis sobrinos, cuyo amor y alegría iluminan mi vida. Gracias por enseñarme la pureza de la felicidad y por llenar cada día con risa y esperanza, incluso a la distancia.

A mi cuñada, Victoria, por su comprensión y aliento durante este proceso. Su presencia ha sido una fuente invaluable en mi camino hacia esta meta.

A cada uno de ustedes les dedico este logro, pues su amor, apoyo y orientación han sido fundamentales en mi camino académico. Vuestra influencia y aliento han representado pilares indispensables para alcanzar este hito. ¡Gracias infinitas, los amo!

Daniela Fernanda MayanCHA Gusqui

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi profunda gratitud a Dios, fuente de toda fortaleza y guía, por permitirme alcanzar la culminación de esta etapa fundamental de mi vida.

A mis padres, Aida y Enrique, les agradezco de todo corazón por su amor incondicional y su constante apoyo y orientación han sido la brújula que me ha guiado en cada paso de mi carrera.

A mis queridos hermanos, Mercy, Verónica, Walter, Julio, Wilmer y Ana, les agradezco por ser una parte importante de esta travesía. Su ánimo, amor y apoyo inquebrantable han sido un tesoro invaluable que ha fortalecido mi camino, permitiéndome superar obstáculos y alcanzar metas.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, facultad de ingeniería, por su inestimable apoyo y excelencia académica durante mi formación en la carrera de Ingeniería Civil.

Un agradecimiento a las amistades que han sido parte de mi trayectoria universitaria: a aquellos que, aunque fugaces, dejaron una huella en mi vida, y aquellos que han estado a mi lado en cada paso. ¡Gracias a todos!

Daniela Fernanda Mayancho Gusqui

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL
CERTIFICADO ANTIPLAGIO
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
ÍNDICE GENERAL
ÍNDICE DE TABLAS
ÍNDICE DE FIGURAS
RESUMEN
ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del Problema	19
Objetivos	20
General	20
Específicos.....	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	21
Conceptos Generales.....	21
Residuos Sólidos.....	21
Desecho (basura).....	21
Caracterización de residuos sólidos	21
Producción Per Cápita de residuos sólidos	21
Composición física de residuos sólidos.....	21
Densidad de residuos sólidos	21
Estado del Arte	22
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	26
Tipo de investigación	26
Métodos y técnicas de recolección de datos	26

Población de estudio y tamaño de muestra.....	27
Población.....	27
Muestra.....	27
Análisis y Procesamiento de datos.....	28
Análisis y procesamiento de datos para la caracterización urbanística y socioeconómica..	28
Procesamiento y análisis de datos para la PPC de RSU.	28
Procesamiento y análisis de datos para determinar los componentes de RS.	29
Análisis y procesamiento de datos para determinar la densidad suelta.	29
Análisis de varianza ANOVA.....	30
Prueba de Tukey.....	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
Caracterización urbanística de la ciudad de Guaranda.....	31
Caracterización socioeconómica de la ciudad de Guaranda	34
Producción Per Cápita de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Guaranda considerando valores atípicos	35
Producción Per Cápita de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Guaranda sin considerar valores atípicos.	40
Análisis de la técnica estadística varianza ANOVA para la Producción Per Cápita.....	45
Prueba de Tukey para la producción Per Cápita	45
Densidad de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Guaranda.....	46
Análisis de varianza ANOVA para las densidades de la ciudad de Guaranda.....	48
Prueba de Tukey para las densidades.	48
Composición física de residuos sólidos de la ciudad de Guaranda.	49
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
Conclusiones.....	62
Recomendaciones	63
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA	64
CAPÍTULO VII. ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen sobre la Caracterización de RSU en distintas ciudades.....	24
Tabla 2. Resumen estratificación urbanística de la ciudad de Guaranda	31
Tabla 3. Encuestas aplicadas por cada estrato socioeconómico	34
Tabla 4. Peso diario y PPC de RSU residenciales para el estrato B	36
Tabla 5. Peso diario y PPC de RSU residenciales para el estrato C	36
Tabla 6. Peso diario y PPC de RSU residenciales para el estrato D.....	38
Tabla 7. Valores de PPC atípicos del estrato B	41
Tabla 8. Valores de PPC atípicos del estrato C	41
Tabla 9. Valores de PPC atípicos del estrato D	43
Tabla 10. Técnica varianza ANOVA de la PPC de los estratos B, C y D	45
Tabla 11. Prueba de Tukey de la Producción Per Cápita de los estratos B, C y D.....	45
Tabla 12. Densidad suelta de los estratos socioeconómicos de la ciudad de Guaranda	46
Tabla 13. Resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA)	48
Tabla 14. Prueba de Tukey de las densidades de los estratos B, C y D.....	48
Tabla 15. Composición física de los Residuos Sólidos Urbanos para el estrato B.....	50
Tabla 16. Composición física de los Residuos Sólidos Urbanos para el estrato C.....	52
Tabla 17. Composición física de los Residuos Sólidos Urbanos para el estrato D	54
Tabla 18. Promedios de componentes físicos por cada estrato y el valor ponderado....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la ciudad de Guaranda	16
Figura 2. Esquema Metodológico.....	26
Figura 3. Porcentaje de manzanas estratificadas	31
Figura 4. Comparación caracterización urbanística de Guaranda y otras ciudades	33
Figura 5. Promedio de habitantes por vivienda de los estratos socioeconómicos	35
Figura 6. Peso diario total de Residuos Sólidos Urbanos de las viviendas.....	39
Figura 7. PPC con valores atípicos de los estratos socioeconómicos B, C y D	40
Figura 8. PPC real de los estratos B, C y D	44
Figura 9. Comparación de la Producción Per Cápita de los estratos B, C y D	46
Figura 10. Densidad promedio de los estratos socioeconómicos	47
Figura 11. Comparación de las densidades de los estratos B, C y D.....	49
Figura 12. Componentes orgánicos promedio de los estratos B, C y D	57
Figura 13. Residuos sólidos potencialmente reciclables.....	59
Figura 14. Residuos sólidos potencialmente reciclables a futuro.....	60
Figura 15. Componentes de residuos sólidos no reciclables.....	61

RESUMEN

En la presente investigación se realizó la caracterización de los residuos sólidos urbanos residenciales de la ciudad de Guaranda, en el cual se implementó el método de Arellano et al. (2012), para la caracterización urbanística y socioeconómica. El método de Arellano & Cabezas (2014), para determinar la muestra del estudio. Las técnicas de Arellano et al. (2013), para cuantificar la Producción Per Cápita (PPC), cuarteo y homogenización, densidades sueltas y la composición física de los residuos sólidos urbanos. El resultado de la investigación realizada en la ciudad de Guaranda con respecto a la caracterización de residuos sólidos urbanos se encontró que tiene 307 manzanas designadas para uso residencial. El estrato socioeconómico "C" es el más predominante con 70.68%, continua el estrato "B" con 17.59% y finalmente el estrato "D" con 11.40%. El muestreo de los residuos sólidos fue realizado de manera aleatoria a 98 viviendas durante 7 días consecutivos para abordar los resultados de la PPC, componentes físicos y densidades. La PPC para el estrato socioeconómico "B" es de 0.48 kg/hab/día, del estrato "C" es de 0.61 kg/hab/día y por último el estrato "D" con 0.61 kg/hab/día. Se obtuvo una PPC ponderada de 0.59 kg/hab/día para la parte urbana de Guaranda. La densidad suelta ponderada de los residuos sólidos de la ciudad de Guaranda es de 186.58 kg/m³. El estrato socioeconómico "B" con una densidad suelta de 130.07 kg/m³, el estrato "C" con 202.56 kg/m³ y por último el estrato "D" con 180.05 kg/m³. La composición física de los residuos sólidos en cuanto al material orgánico representa un valor de 64.99% del total de los desechos, seguido del componente potencial reciclable como por ejemplo de plástico fino, cartón, metales, botellas de plásticos, etc. con un valor de 24.30%, el componente de residuos desechables con un valor de 9.54%.

Palabras claves: caracterización, residuos sólidos, producción per cápita, densidad suelta, composición física.

Abstract

This research work conducted the characterization of residential municipal solid waste in Guaranda city, implementing the method proposed by Arellano et al. (2012) for urbanistic and socioeconomic characterization. Arellano & Cabezas' method (2014) was utilized to determine the study sample. Techniques outlined by Arellano et al. (2013) were employed for quantifying Per Capita Production (PCP), quartering and homogenization, loose densities, and the physical composition of municipal solid waste. The research findings in Guaranda city regarding urban solid waste characterization revealed 307 residential blocks designated. The socioeconomic stratum "C" is the most predominant with 70.68%, followed by stratum "B" with 17.59%, and finally stratum "D" with 11.40%. Solid waste sampling was carried out randomly in 98 households over 7 consecutive days to address PCP, physical components, and densities. PCP for socioeconomic stratum "B" is 0.48 kg/cap/day, for stratum "C" it is 0.61 kg/cap/day, and finally, for stratum "D" it is 0.61 kg/cap/day. A weighted PCP of 0.59 kg/cap/day was obtained for the urban area of Guaranda. The weighted loose density of solid waste in Guaranda city is 186.58 kg/m³. Socioeconomic stratum "B" exhibits a loose density of 130.07 kg/m³, stratum "C" with 202.56 kg/m³, and finally, stratum "D" with 180.05 kg/m³. The physical composition of solid waste in terms of organic material accounts for 64.99% of total waste, followed by potentially recyclable components such as thin plastic, cardboard, metals, plastic bottles, etc., with a value of 24.30%, and disposable waste components with a value of 9.54%.

Keywords: characterization: solid waste, per capita production, loose density, physical composition.



Reviewed by:
Mgs. Hugo Solis V.
ENGLISH PROFESSOR

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

De acuerdo al Banco Mundial, el país contaba en 2020 con 17.37 millones de habitantes, los cuales produjeron ese mismo año 5.005,187 toneladas de residuos. De todos ellos, una media del 57.3 % fueron orgánicos, un 10.2 % papel y cartón, plástico un 10.6 %, desechos sanitarios no peligrosos un 5.1 % y otros un 16.8 % (Mukrimaa et al., 2016).

El mundo produce anualmente 2.010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales, con al menos un tercio no gestionado de manera segura. Los países de altos ingresos generan el 34%. Se prevé que la generación diaria de residuos per cápita en los países de altos ingresos aumentará un 19% para 2050, en comparación con los países de ingresos bajos y medios, donde se prevé que aumente aproximadamente un 40% o más. La región de Asia Oriental y el Pacífico genera la mayor parte de los desechos del mundo, con un 23%, y la región de Medio Oriente y África del Norte es la que produce menos en términos absolutos, con un 6% (Mukrimaa et al., 2016).

La ciudad de Guaranda se encuentra en la provincia de Bolívar, en la región de la sierra central de Ecuador. Sus límites geográficos son los siguientes: al norte colinda con Cotopaxi, al sur con Guayas, al oeste con los Ríos y al este con Chimborazo, lo cual se puede ver detallado en el **Figura 1**.



Figura 1. Ubicación geográfica de la ciudad de Guaranda
Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

La población de Guaranda es de aproximadamente 65.000 habitantes, de los cuales 25.000 residen en la zona urbana. La economía de la ciudad se sustenta principalmente en el comercio, la ganadería y la agricultura. En lo que respecta a los servicios básicos en la zona urbana, se cuenta con acceso las 24 horas a agua potable, electricidad y alcantarillado, además de la recolección de residuos en días y horarios específicos (GADMG, 2023).

En mayo de 2022, en Guaranda, se lanzó un proyecto piloto titulado "Guaranda Ciudad Verde". Con el cambio de administración, ha dado inicio un nuevo proyecto denominado "Guaranda Ciudad Limpia: Futuro Sostenible". Ambos proyectos comparten similitudes significativas, ya que su objetivo principal es concienciar a la comunidad sobre la gestión adecuada de los residuos sólidos. Esto incluye la correcta clasificación de los desechos y la promoción de su aprovechamiento, todo ello con el propósito de reducir el impacto negativo de los residuos en el medio ambiente.

De acuerdo a la directora del Departamento del Medio Ambiente del GAD de Guaranda el manejo de residuos sólidos de la ciudad cuenta con un sistema de recolección manual y mediante contenedores, para todo tipo de residuos, incluyendo orgánicos, inorgánicos, plásticos, vidrios, y más. En el área urbana de Guaranda, se han establecido un total de 52 rutas de recolección, distribuidas de la siguiente manera a lo largo de la semana: 12 rutas los lunes, 6 rutas los martes, 14 rutas los miércoles, 6 rutas los jueves, 11 rutas los viernes, 2 rutas los sábados y 1 ruta los domingos. Conforme a las trayectorias predefinidas en la urbe de Guaranda, no todas satisfacen los requisitos para la gestión de residuos sólidos, generando así zonas urbanas que experimentan repercusiones negativas derivadas de la acumulación de desechos, dado que los vehículos especializados en la recolección de residuos no acceden a dichos sectores.

Según el Departamento del Medio Ambiente estas rutas varían en longitud, desde 20.4 kilómetros hasta 68 kilómetros. El punto de partida para la recolección es el Coliseo Municipal de la ciudad, y el destino final es el vertedero de Curgua. En el año 2022, este botadero se vio afectado por el exceso de acumulación de basura, lo cual causó un grado de contaminación alta debido a las corrientes de aire que transportaban gran cantidad de bacterias, virus, hongos, entre otros, afectando gravemente a la salud de los habitantes de esta zona.

El Departamento de Gestión Ambiental lleva a cabo el trabajo de recolección en las distintas rutas urbanas con un total de 7 camiones recolectores y 4 volquetas. Es importante destacar que estos vehículos tienen más de 5 años de servicio continuo. Cada camión recolector cuenta con una capacidad volumétrica de 20 yardas cúbicas, lo que equivale a aproximadamente 15.29 metros cúbicos. Por otro lado, las volquetas tienen capacidades de 8 y 12 metros cúbicos respectivamente.

La disposición final de los residuos sólidos se lleva a cabo a través de un botadero abierto ubicado en Curgua, en las proximidades del Río Chimbo, en la parroquia de Santa Fe, en el cantón de Guaranda. Este botadero abarca una extensión de aproximadamente 2 hectáreas y ha estado operativo por más de 30 años.

El sistema de disposición final del cantón Guaranda está situado en el kilómetro 1.6 de la vía Julio Moreno - Shunguna, a una distancia de 7 kilómetros de la ciudad de Guaranda. Un levantamiento topográfico abarcó las 27 hectáreas del terreno donde se llevará a cabo el proyecto. Sin embargo, de acuerdo con el registro ambiental MAE-RA-2018-368934, el área efectiva de ocupación de los componentes del Complejo Ambiental Mancomunado se limita a 13.31 hectáreas.

De un total aproximado de 58.829 toneladas semanales que se producen a nivel de las 24 provincias del Ecuador, únicamente el 20% se dispone en condiciones adecuadas, el porcentaje restante se distribuye entre vertederos a cielo abierto, botaderos controlados, botaderos en vías, quebradas y ríos. El 45.73% de municipios refiere la presencia de recicladores informales, y se estima que el porcentaje total de reciclaje (formal e informal) es de 14%. A nivel nacional, la Gestión de Residuos Sólidos es competencia de los gobiernos autónomos descentralizados (GADS) y el Ministerio del Ambiente (MAE) opera como instancia rectora (Solíz, 2015).

El presente proyecto de investigación se centrará en la caracterización de los residuos sólidos urbanos del sector residencial de la Ciudad de Guaranda. Por tal motivo se estimarán los volúmenes de producción y las características de los residuos en los diferentes niveles socioeconómicos de la presente ciudad. Durante un período de 8 días consecutivos, se recolectarán los residuos generados en la muestra representativa de la ciudad de estudio, y se calculará la producción per cápita (PPC) como la relación entre la cantidad recolectada y el número de habitantes. Este estudio estará basado en la “Técnica de muestreo y caracterización de residuos sólidos para poblaciones menores a 150.000

habitantes” y el “Método de caracterización urbanística y caracterización socioeconómica” (Arellano et al., 2012).

Planteamiento del Problema

La última caracterización de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Guaranda se realizó en el año 2017. Por recomendación de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la Producción Per cápita (PPC) se debe actualizar cada cinco años como máximo, pero de preferencia se lo debe realizar cada año. Según la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME), la caracterización de residuos sólidos se los debería realizar cada 2 años.

No se dispone de información acerca de la situación socioeconómica de la población de Guaranda, lo cual resulta importante para la categorización de la población, ya que cada estrato económico produce diferentes tipos de desechos sólidos urbanos (RSU). Hasta el momento, solo se ha promovido la separación de los residuos sólidos en las categorías de orgánicos e inorgánicos, sin considerar una clasificación más detallada que permita la reutilización de materiales como plásticos, cartón, vidrio, entre otros.

La planificación de las rutas para la recogida de residuos no ha considerado algunos sectores específicos de las manzanas, provocando que los habitantes de esas zonas acumulen sus bolsas de basura en la esquina más cercana por la que transita el vehículo recolector. Esta situación ha dado lugar a diversas problemáticas, tales como la emanación de olores desagradables, la proliferación de fauna urbana como las aves, perros, entre otros, y en términos generales, ha suscitado incomodidades tanto para los habitantes que se encuentran situados en esas zonas como para los peatones, lo cual se puede ver detallado en el **Anexo 1**.

Para diseñar eficientemente las rutas de recolección, se requiere las características de los RSU que se van a obtener en esta investigación, y también servirán para diseñar un Relleno Sanitario, planes de almacenamiento temporal a través de contenedores de RSU, entre otros.

Objetivos

General

- Realizar la caracterización de los residuos sólidos residenciales urbanos de la ciudad de Guaranda.

Específicos

- Identificar las características urbanísticas y socioeconómicas de la zona urbana correspondiente a la ciudad de Guaranda para agruparlos por estratos.
- Cuantificar la producción per cápita de los residuos sólidos residenciales urbanos de la ciudad de Guaranda.
- Determinar la composición física y densidad de los residuos sólidos residenciales urbanos de la ciudad de Guaranda.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Conceptos Generales

Residuos Sólidos

Son productos desechados después de haberlos usado, normalmente carecen de valor económico por sí mismo. Proviene principalmente de la fabricación, transformación o uso de bienes de consumo, dichas en otras palabras es aquel producto tangible que se encuentra de manera líquida, sólida o gaseosa. Gran parte de estos residuos pueden ser reutilizados o transformados mediante el reciclaje adecuado (Rivas, 2018).

Desecho (basura)

Son los restos residuales o materiales no deseados que ya no pueden ser reutilizados tras un proceso de reciclaje. Estos son depositados en sitios específicos designados para contenedores, vertederos y otros métodos de disposición adecuados (Moriana, 2021).

Caracterización de residuos sólidos

Es un estudio fundamental vinculado directamente con la gestión de residuos, abarcando tanto los orgánicos como los inorgánicos. Este análisis permite determinar la cantidad, composición y densidad de los residuos, ofreciendo así una comprensión detallada de la situación geográfica en términos de generación y disposición de desechos (Castro & Bosque, 2020).

Producción Per Cápita de residuos sólidos

Es la cantidad de residuos generados por cada habitante en un área determinada durante un día, expresada comúnmente en kilogramos por habitante por día (kg/hab/día) (Zafra, 2009).

Composición física de residuos sólidos

Se refiere a los diferentes materiales que componen la corriente de desechos y cómo se distribuyen entre sí en términos de peso, lo cual se suele expresar en porcentajes (Mendoza, 2023).

Densidad de residuos sólidos

Es un valor fundamental que influye directamente en el diseño de contenedores y sistemas de almacenamiento, tanto en entornos domésticos como en espacios públicos.

Esta medida es esencial para dimensionar adecuadamente los recipientes y sistemas de recolección, así como para planificar la capacidad de los vertederos y otros medios de disposición final de residuos (Ambientum, 2022).

Estado del Arte

Los desechos sólidos, comúnmente conocidos como basura o residuos, abarcan una variedad de materiales, incluyendo residuos orgánicos como alimentos, cartón, papel, madera, así como materiales inorgánicos como vidrio, plástico y metales. Estos desechos provienen de diversas fuentes como actividades domésticas, servicios públicos, construcciones, establecimientos comerciales e industriales. La acumulación y el manejo inadecuado de estos residuos contribuyen al deterioro de las ciudades y los paisajes naturales. Sin embargo, los impactos ambientales más significativos incluyen la contaminación del suelo, el aire y los cuerpos de agua debido al vertido directo de estos residuos (Montoya, 2010).

Para lograr una eficiente gestión de los residuos sólidos, es esencial cuantificar diariamente la producción de una ciudad y comprender su composición, la cual fluctúa según factores como el estrato socioeconómico, la ubicación geográfica, la densidad poblacional, entre otros (Montoya, 2010).

En los países en desarrollo, uno de los motivos por los cuales los datos sobre la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) no se recopilan de manera exhaustiva radica en la falta de estrechas conexiones financieras entre los gobiernos locales y nacionales. Además, la carencia de educación y capacitación del personal local puede provocar que los datos sobre los RSU no se comuniquen adecuadamente a nivel nacional. Como resultado el personal municipal podría manejar de forma descuidada o incorrecta la información con respecto a la generación y recogida de residuos sólidos urbanos (Kawai & Tasaki, 2015).

En Ecuador, se ha establecido que la PPC oscila entre 0.22 y 1.8 kg/hab/día, con una media nacional de 0.597 kg/hab/día. Los cantones con la PPC más alta con un valor de 1.8 kg/hab/día se encuentran en diferentes ciudades (Guayaquil, Salinas, Jipijapa y Quevedo). Por siguiente se encuentra la ciudad de Quito con un valor de 1.0 kg/hab/día y se encuentran junto con cantones de Manta, Rocafuerte, Rumiñahui, Samborondón, Durán, Playas y San Vicente (Durango et al., 2020)

Se han realizado diversos estudios sobre la tipificación de residuos sólidos urbanos (RSU) en Ecuador, utilizando la misma metodología empleada en el proyecto actual. Estos estudios han arrojado resultados recientes y confiables que son fundamentales para garantizar una gestión óptima de los residuos sólidos. La implementación de esta metodología ha permitido obtener datos actualizados y precisos que son esenciales para desarrollar estrategias efectivas en el manejo de los RSU, contribuyendo así a mejorar la gestión ambiental en el contexto urbano ecuatoriano.

El presente estudio realizado por Romero & Vásquez, (2022) referente a “Caracterización de residuos sólidos domiciliarios y elaboración de una propuesta para el manejo adecuado de los mismo en el casco urbano del cantón Zaruma, provincia de el Oro”, a pesar de que no se llevó a cabo una caracterización socioeconómica, se aplicó este estudio a un total de 96 viviendas seleccionadas como muestra, durante un período de observación que abarcó 7 días. Durante este período, se registró una producción de 0.57 kg/hab/día. Esta producción se desglosó en diferentes categorías, siendo los residuos orgánicos los más predominantes, representando un 65.39% del total. Le siguieron los plásticos con un 14.5%, vidrio con un 3.56%, papel con un 4.89%, cartón con un 5.4%, textiles con un 0.96% y las pilas con un 0.14%.

En la **Tabla 1** se muestra un resumen de los estudios realizados siguiendo la metodología que se llevará a cabo en esta investigación, lo cual estuvo aplicado a las ciudades como Macas, San Andrés, Otavalo, Tena, Guamote, Puerto Ayora, Penipe, Priorato y Las Naves.

Tabla 1. Resumen sobre la Caracterización de RSU en distintas ciudades

Nombre de la investigación	Estratificación socioeconómica	PPC (kg/hab/día)	Componentes (%)	Densidad suelta (kg/m ³)	Cita
“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE MACAS”	<ul style="list-style-type: none"> • A: 4.41 • B: 42.98 • C: 42.15 • D: 10.47 	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.49 • B: 0.65 • C: 0.79 • D: 0.71 	Orgánicos: 70.42 Inorgánicos: 33.50	150.27	(Lucero & Pacheco, 2023)
“CARACTERIZACIÓN Y PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA PARROQUIA DE SAN ANDRÉS CANTÓN GUANO PROVINCIA DE CHIMBORAZO”	<ul style="list-style-type: none"> • A: 44% • B: 50% • C: 6% 	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.22 • B: 0.34 • C: 0.31 	Orgánicos: 36.43 Inorgánicos: 33	144.62	(Zumba, 2016)
“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE OTAVALO”	<ul style="list-style-type: none"> • A: 3.41% • B: 57.18% • C: 32.29% • D: 7.11% 	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.51 • B: 0.67 • C: 0.56 • D: 0.67 	Orgánicos: 66.88 Inorgánicos: 18.92	187.09	(Cárdenas & Patiño, 2022)
“DISEÑO DE UNA PROPUESTA TÉCNICA PARA LAS RUTAS DE RECOLLECCIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE TENA, PROVINCIA DE NAPO”	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.27% • B: 26.61% • C: 68.28% • D: 4.48% 	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.59 • B: 0.63 • C: 0.55 • D: 0.51 	Orgánicos: 69.75 Inorgánicos: 13.54	184.36	(Rosales, 2015)

“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN GUAMOTE PROVINCIA DE CHIMBORAZO”	<ul style="list-style-type: none"> • A: 2.44% • B: 27.64% • C: 41.46% • D: 28.45% 	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.52 • B: 0.48 • C: 0.46 • D: 0.50 	Orgánicos: 63.52 Inorgánicos: 22.07	205.84
“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE PUERTO AYORA PROVINCIA DE GALÁPAGOS”	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.00% • B: 18.83% • C: 50.22% • D: 30.94% 	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.00 • B: 0.57 • C: 0.54 • D: 0.53 	Orgánicos: 57.92 Inorgánicos: 42.08	200.60
“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE PENIPE”	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.00% • B: 6.60% • C: 50.80% • D: 42.62% 	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.00 • B: 0.30 • C: 0.44 • D: 0.33 	Orgánicos: 68.04 Inorgánicos: 16.46	212.52
“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE PRIORATO”	<ul style="list-style-type: none"> • A: 3.66% • B: 2.20% • C: 42.68% • D: 41.46% 	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.49 • B: 0.54 • C: 0.40 • D: 0.40 	Orgánicos: 71.36 Inorgánicos: 12.02	266.94
“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN LAS NAVES PROVINCIA DE BOLIVAR”	<ul style="list-style-type: none"> • A: 10.08% • B: 64.71% • C: 17.65% • D: 7.56% 	<ul style="list-style-type: none"> • A: 0.69 • B: 0.39 • C: 0.50 • D: 0.5 	Orgánicos: 77.90 Inorgánicos: 22.10	263.71

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

El presente proyecto se caracteriza por su enfoque de investigación descriptiva, dado que se dedica a la delineación detallada de las propiedades tanto urbanísticas como socioeconómicas de la población. Este proyecto implica la recopilación de datos en terreno mediante un proceso de muestreo y la manipulación de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). En términos de su enfoque de conocimiento, podría considerarse cuasi experimental, dado que la población bajo estudio se encuentra restringida a un tamaño inferior a 150.000 habitantes. En cuanto al método utilizado, se clasifica como analítico, puesto que se enfoca en la identificación de la composición física y la densidad de los RSU. En la **Figura 2** se muestran los pasos que guiarán la ejecución de esta investigación.

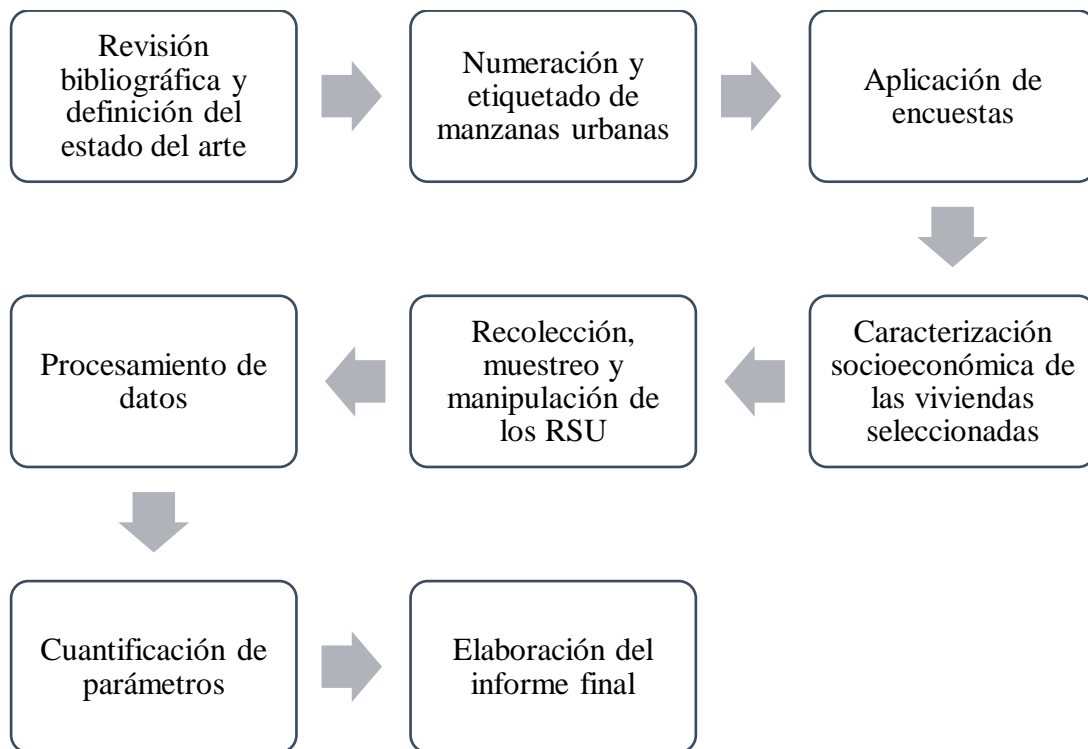


Figura 2. Esquema Metodológico
Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

Métodos y técnicas de recolección de datos

Para el respectivo desarrollo de la caracterización urbanística y socioeconómica se empleó el método idóneo para garantizar la precisión en la selección de muestras, método realizado por Arellano et al. (2012), para poblaciones menores de 150.000 habitantes.

Para las técnicas de muestreo y caracterización de residuos sólidos de la ciudad de Guaranda se empleó la técnica de Arellano et al. (2013), en la cual nos especifica el procedimiento para determinar la producción per cápita (PPC), cuarteo de la muestra y homogenización, clasificación de los componentes y densidad.

Población de estudio y tamaño de muestra

Población

La población de estudio corresponde específicamente a la zona urbana de la ciudad de Guaranda, según datos del GADMG (2023), la población de Guaranda es de aproximadamente 65.000 habitantes, de los cuales 25.000 residen en la zona urbana. Posteriormente para calcular la muestra estas manzanas son estratificadas según su nivel socioeconómico según la técnica de Arellano et al. (2012).

Muestra

El método de Arellano & Cabezas (2014) que describe la curva de “Población vs número mínimo de muestras” nos permite calcular la muestra representativa mediante la

Ec.1

$$Y = -5x10^{-9}X^2 + 17x10^{-4}X + 36.056 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

Y: Número de muestras

X: Población urbana, para el caso de Guaranda es de 25.000 habitantes.

$$Y = -5x10^{-9}(25\ 000)^2 + 17x10^{-4}(25\ 000) + 36.056$$

$$Y(\text{mínimo}) = 77 \text{ muestras.}$$

Como se puede apreciar la muestra mínima es de 77 viviendas, sin embargo, se debe incrementar un 30% por motivos de deserción o falta de colaboración de las viviendas.

$$Y (\text{mínimo} + 30) = 98 \text{ muestras.}$$

La muestra representativa final es de 98 muestras, de tipo estratificada para considerar los estratos socioeconómicos identificados en la caracterización urbanística. Es calculada con la **Ec. 2** y **Ec. 3** para obtener el porcentaje de manzanas de cada estrato.

$$\text{Número de muestras } i = \% Mz i \times Y(\text{mínimo} + 30\%) \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\%Mz_i = \frac{\text{Número de manzanas } i}{\text{Número de manzanas residenciales}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

i = Estrato socioeconómico (A, B, C o D).

$\%Mz_i$ = Porcentaje de manzanas del estrato i respecto al total.

Análisis y Procesamiento de datos

Análisis y procesamiento de datos para la caracterización urbanística y socioeconómica

Los datos obtenidos durante el levantamiento en campo fueron tabulados utilizando la herramienta Microsoft Excel 2016, con lo siguiente:

- Consideraciones que guían el análisis para categorizar el lado de la manzana (Número de edificaciones, de pisos, estado de fachadas y calzadas y servicios que disponen la vivienda), el puntaje es asignado siguiendo las especificaciones detalladas por el método de Arellano et al. (2012), primero se determina la categoría del lado de la manzana, seguido por la clasificación del estrato socioeconómico de toda la manzana.
- Consideraciones que guían al análisis para categorizar los niveles socioeconómicos de las viviendas a muestrear depende directamente de algunas preguntas específicas de las encuestas como (Pregunta 4,5,12,13 y 24). El puntaje es asignado siguiendo las especificaciones detalladas por el método de Arellano et al. (2013).

Procesamiento y análisis de datos para la PPC de RSU.

Los datos obtenidos durante el pesaje de RSU fueron tabulados utilizando una planilla mediante la herramienta Microsoft Excel 2016, en la cual se consideró lo siguiente:

- La ecuación utilizada para calcular la producción de RS en cada vivienda, basada en el número de habitantes y expresada en kg/hab/día, se encuentra definida en la **Ec. 4.**

$$PPC(\text{vivienda}) = \frac{\text{Promedio de pesos de RS(kg)}}{\text{Número de personas}} \quad (\text{Ec. 4})$$

- Se emplea un cálculo de promedio ponderado para representar la distribución socioeconómica, mediante la **Ec. 5.**

$$PPC(\text{ponderado}) = \left(\frac{\%A}{100} * PPC_A\right) + \left(\frac{\%B}{100} * PPC_B\right) + \left(\frac{\%C}{100} * PPC_C\right) + \left(\frac{\%D}{100} * PPC_D\right) \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

PPC (Ponderado) tendrá unidades en kg/hab/día

PPC_i: Producción per cápita promedio de los días muestreados correspondiente al estrato i.

i: Estrato socioeconómico. Puede ser: A, B, C o D.

%A, %B, %C y %D: Es la relación entre el número de manzana del estrato i respecto al total de manzana expresado en porcentaje.

Procesamiento y análisis de datos para determinar los componentes de RS.

Los datos obtenidos durante el pesaje de RSU fueron tabulados utilizando una planilla mediante la herramienta Microsoft Excel 2016, en lo cual se consideró un error máximo de 2% con respecto al peso inicial.

El cálculo del error se realiza utilizando la **Ec. 6**.

$$ERROR(\%) = \left(\frac{\text{Peso inicial (kg)} - \text{Peso final (kg)}}{\text{Peso inicial (kg)}}\right) * 100 \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

Peso inicial: Peso de RS antes de separarlos por componentes (kg).

Peso final: Peso de todos los componentes clasificados en fundas de plástico transparente (kg).

Análisis y procesamiento de datos para determinar la densidad suelta.

Los datos fueron tabulados mediante una planilla utilizando la herramienta Microsoft Excel 2016, siguiendo algunas consideraciones:

- El cálculo general de la densidad suelta se obtiene al dividir el peso únicamente de los RS y el volumen del balde utilizado, mediante la **Ec. 7**.

$$\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{\text{Peso solamente de RS (Kg)}}{\text{Volumen del balde (m}^3\text{)}} \quad (\text{Ec. 7})$$

- Se utiliza un cálculo de promedio ponderado para determinar la densidad suelta que refleje la distribución socioeconómica, tal como se presenta en la **Ec. 8**.

$$\rho \text{ ponderada} \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{\%A}{100} * \rho_A + \frac{\%B}{100} * \rho_B + \frac{\%C}{100} * \rho_C + \frac{\%D}{100} * \rho_D \quad (\text{Ec. 8})$$

Análisis de varianza ANOVA

El análisis de varianza (ANOVA) constituye un conjunto versátil y valioso de herramientas estadísticas. Su utilidad se hace evidente en situaciones donde se requiere comparar múltiples grupos, cuando se realizan mediciones repetidas en diversas ocasiones, o cuando los sujetos muestran variaciones en características que podrían influir en los resultados. Además, el ANOVA resulta útil al ajustar el efecto de estas características o al analizar de manera conjunta el impacto de múltiples tratamientos distintos (Dagnino, 2014).

Para el respectivo análisis estadístico fue necesario realizar una depuración de los datos atípicos en cuanto al PPC y densidades, para obtener un resultado más fiable. Posteriormente se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software estadístico MiniTab para determinar si existen diferencias significativas entre los promedios, en lo cual se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula** = Todas las medidas son iguales.
- **Hipótesis alternativa** = No todas las medidas son iguales.
- **Nivel de significancia α** = 0.05

Prueba de Tukey

Es un método vital para identificar diferencias significativas entre grupos después de un análisis de varianza. Compara todas las combinaciones de medias entre grupos, utilizando un valor estadístico específico para determinar si las diferencias son estadísticamente significativas. Esta herramienta es esencial para comprender qué grupos difieren realmente entre sí en un estudio (Society, 2016).

Luego de llevar a cabo el análisis de varianza ANOVA mencionada anteriormente, se procedió a realizar la prueba Tukey la cual organiza los valores de las medias, es decir obtenidas en el análisis ANOVA en distintas familias.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización urbanística de la ciudad de Guaranda

En el área urbana de Guaranda se delimitaron 365 manzanas que integran tanto zonas residenciales como comerciales, espacios verdes, mercados, servicios públicos, instalaciones de salud y terrenos baldíos. De todas las manzanas identificadas, 307 están designadas para uso residencial.

Se llevó a cabo la caracterización de las manzanas destinadas a uso residencial en 4 estratos socioeconómicos, utilizando la ficha urbanística descrita en el **Anexo 3**. Se observó que el estrato C es el más común, mientras que el estrato A es el menos representado, tal como se ilustra en la **Tabla 2** y en la **Figura 3**.

Tabla 2. Resumen estratificación urbanística de la ciudad de Guaranda

ESTRATO	# DE MANZADAS	% ESTRATIFICADO
A	1	0.33%
B	54	17.59%
C	217	70.68%
D	35	11.40%
TOTAL	307	100.00%

Fuente: (Alarcón & MayanCHA, 2024)

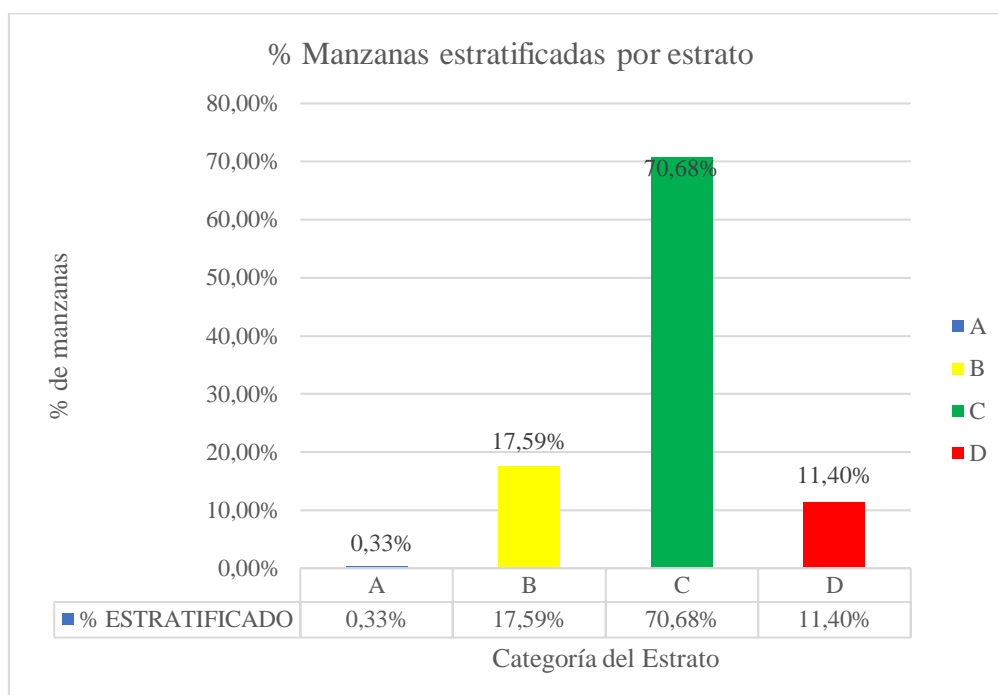


Figura 3. Porcentaje de manzanas estratificadas

Fuente: (Alarcón & MayanCHA, 2024)

La planimetría de las manzanas designadas para uso residencial según su estrato socioeconómico, disponible en el **Anexo 2**, presenta una distribución no homogénea de la siguiente manera:

- La única manzana correspondiente al estrato A de la ciudad de Guaranda está en la ciudadela Coloma Román Sur, lo que sugiere que este estrato es muy limitado. Esto se debe principalmente a la falta de seguridad privada en gran parte de la zona urbana y la calidad regular de sus calles.
- El estrato socioeconómico B no está concentrado en un área específica; se distribuye por toda la zona urbana de Guaranda, incluyendo lugares como el barrio Coloma Román Sur, el sector de la FAE y el centro de la ciudad.
- En Guaranda, el estrato socioeconómico C es el más predominante, extendiéndose por la mayoría de las zonas de la ciudad, y constituye el estrato principal entre los cuatro existentes en Guaranda.
- El estrato socioeconómico D se encuentra ubicado en áreas de la ciudad (Sector del Terminal terrestre, barrio nuevos horizontes) que carecen de servicios básicos. Además, la calidad de las calles es regular y las viviendas presentan elementos superficiales en mal estado.

La **Figura 4** muestra que tanto la ciudad de Guaranda como la ciudad del Tena, Priorato, Baños, Puerto Ayora y Penipe tienen una tendencia socioeconómica similar en su zona urbana. En estas ciudades el estrato C es predominante sobre los estratos B y D, siendo el estrato A el menos presente. Por otro lado, en las otras ciudades, la tendencia muestra un pico más alto en el estrato B.

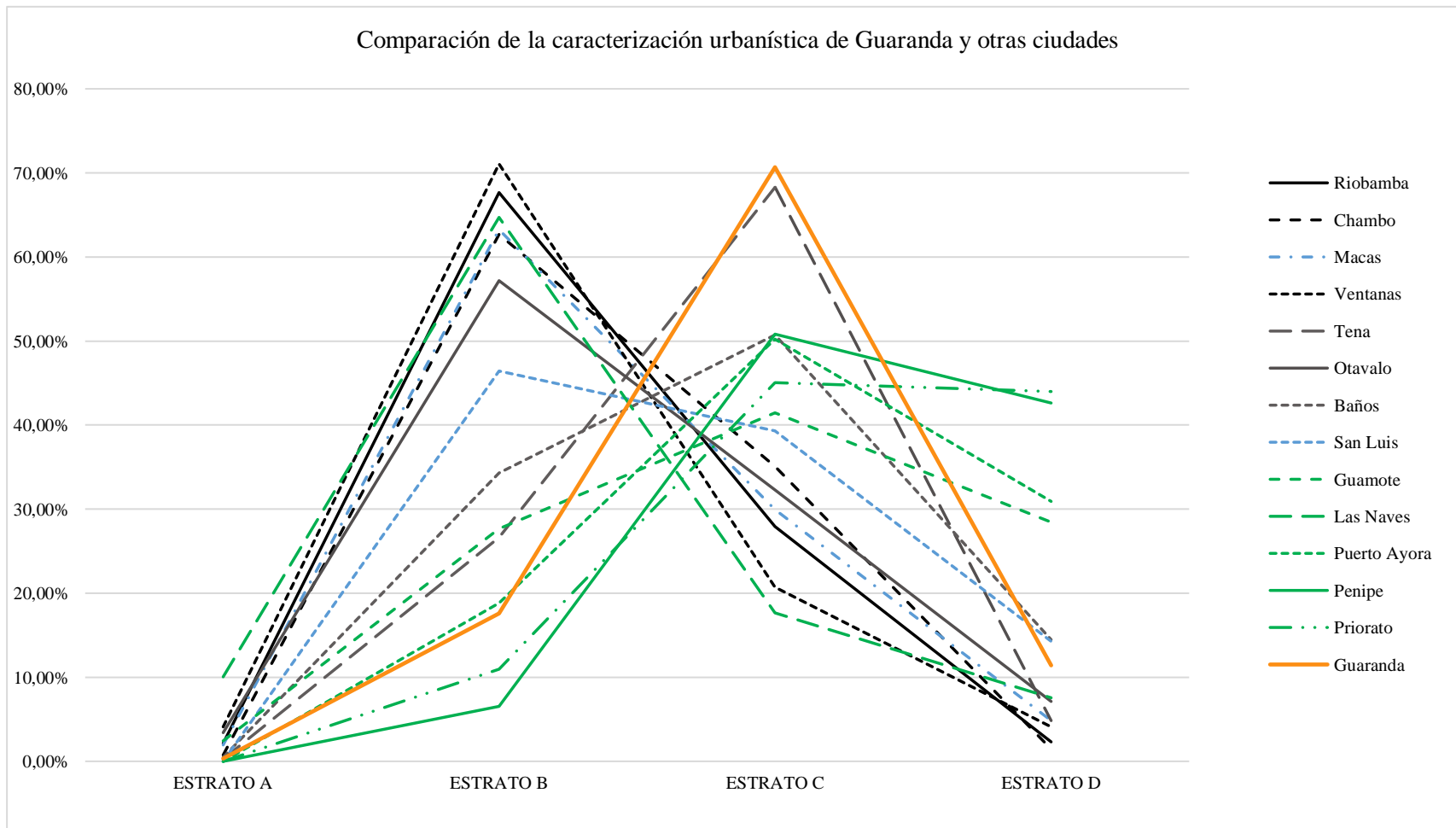


Figura 4. Comparación caracterización urbanística de Guaranda y otras ciudades

Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

La situación urbanística de Guaranda muestra una tendencia que difiere de las demás ciudades presentadas en la **Figura 4**. Aunque comparte una tendencia similar a la ciudad del Tena, el estrato D tiene una mayor representación en comparación con los porcentajes de las otras ciudades presentadas en la gráfica, cuyas tendencias no superan el 10%.

Caracterización socioeconómica de la ciudad de Guaranda

La caracterización socioeconómica se desarrolló utilizando la encuesta descrita en el **Anexo 4**. Esta encuesta fue aplicada de manera aleatoria a las viviendas que, ubicadas dentro de las manzanas estratificadas, las cuales fueron el resultado de la caracterización urbanística previa.

Utilizando la **Ec. 2** y considerando la muestra representativa junto con el porcentaje de presencia de cada estrato calculado, se determinó la muestra exacta a encuestar para cada estrato socioeconómico. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 3** y pueden ser visualizados en el plano del **Anexo 5**.

Tabla 3. Encuestas aplicadas por cada estrato socioeconómico

ESTRATO SOCIOECONÓMICO	% ESTRATIFICADO	# DE ENCUESTAS APLICADAS POR ESTRATO
A	0.33%	0
B	17.59%	17
C	70.68%	70
D	11.40%	11
TOTAL	100.00%	98

Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

La caracterización socioeconómica arrojó los resultados que se muestran en el **Anexo 6**, el cual presenta la información de las personas encuestadas, la puntuación obtenida por la encuesta y la categoría asignada basada en esa puntuación. Además, se calcularon los promedios de habitantes por vivienda correspondientes a cada uno de los estratos socioeconómicos. El estrato D tiene el valor más alto en comparación con los otros estratos, con un promedio de 4.91 habitantes por vivienda. El estrato B presenta un promedio de 4.18 habitantes por vivienda, mientras que el estrato C tiene el promedio

más bajo de todos, con 3.40 habitantes por vivienda, y finalmente el promedio general de habitantes por vivienda es de 4.16 habitantes, como se muestra en la **Figura 5**.

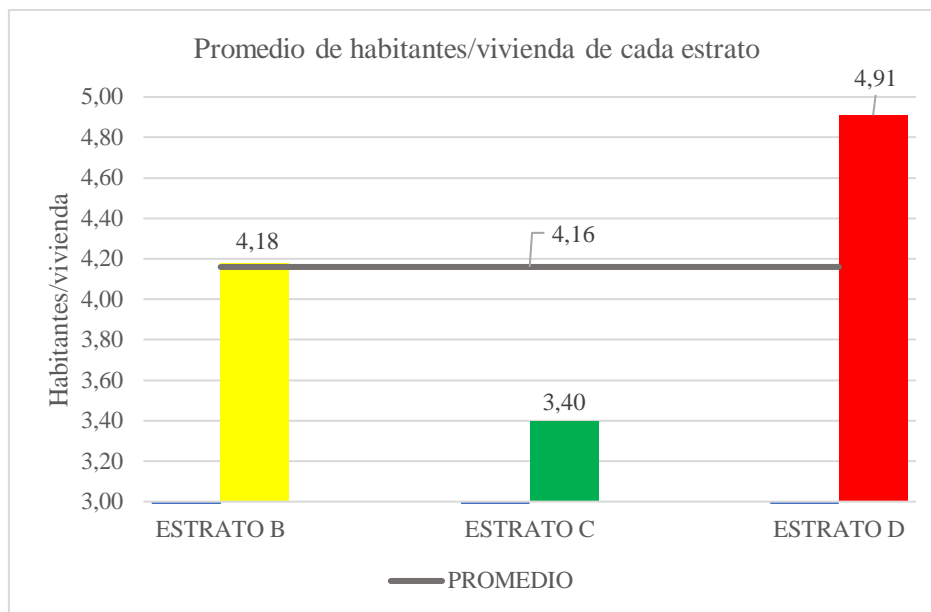


Figura 5. Promedio de habitantes por vivienda de los estratos socioeconómicos
Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

En la **Figura 5** se muestra que el estrato socioeconómico D presenta una mayor densidad de habitantes por vivienda, lo que significa que las familias con menos recursos económicos tienden a tener un número más elevado de miembros en su núcleo familiar. Esta observación es común en muchas sociedades, donde las limitaciones económicas, junto con factores culturales y educativos, pueden influir en la estructura familiar.

Después de haber analizado la caracterización socioeconómica de la ciudad de Guaranda, podemos decir que refleja una tendencia que se observa comúnmente en la mayoría de las ciudades de Ecuador. Un aspecto notable es el proceso de recolección de basura, responsabilidad del Gobierno Municipal. Este proceso se lleva a cabo sin realizar ninguna separación, lo que significa que todos los componentes de la basura son enviados juntos a la disposición final para su tratamiento posterior.

Producción Per Cápita de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Guaranda considerando valores atípicos

La **Tabla 4**, **Tabla 5** y **Tabla 6** presentan los registros diarios del peso de los residuos sólidos generados en las viviendas seleccionadas, junto con su respectiva producción per cápita en kilogramos por habitante por día (kg/hab/día) correspondiente a los estratos B, C y D, respectivamente.

Tabla 4. Peso diario y PPC de RSU residenciales para el estrato B

N.	Código	N. de Habitantes	PESOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS							Promedio	PPC
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
1	G-B01	6	0.46	0.42	0.44	0.00	0.43	0.48	0.43	2.66	0.44
2	G-B02	9	0.00	0.34	0.33	0.28	0.31	0.29	0.28	2.74	0.30
3	G-B03	5	0.00	0.40	0.00	0.41	0.36	0.46	0.41	2.04	0.41
4	G-B04	3	0.62	0.48	0.59	0.79	0.00	0.69	0.59	1.88	0.63
5	G-B05	4	0.53	0.41	0.44	0.51	0.46	0.39	0.43	1.81	0.45
6	G-B06	4	0.45	0.47	0.49	0.00	0.64	0.79	0.60	2.29	0.57
7	G-B07	4	0.44	0.39	0.46	0.46	0.39	0.46	0.39	1.71	0.43
8	G-B08	4	0.50	0.45	0.48	0.39	0.49	0.39	0.42	1.79	0.45
9	G-B09	2	0.64	0.00	0.44	0.48	0.66	0.56	0.43	1.07	0.53
10	G-B10	6	0.45	0.39	0.35	0.33	0.48	0.41	0.42	2.42	0.40
11	G-B11	4	0.43	0.38	0.45	0.43	0.45	0.40	0.49	1.73	0.43
12	G-B12	4	0.40	0.00	0.44	0.40	0.40	0.45	0.00	1.68	0.42
13	G-B13	3	0.62	0.66	0.00	0.53	0.55	0.49	0.55	1.70	0.57
14	G-B14	3	0.49	0.61	0.51	0.61	0.51	0.69	0.61	1.73	0.58
15	G-B15	3	0.61	0.49	0.67	0.52	0.51	0.60	0.53	1.68	0.56
16	G-B16	3	0.56	0.52	0.63	0.48	0.59	0.00	0.00	1.67	0.56
17	G-B17	4	0.55	0.14	0.51	0.39	0.53	0.51	0.00	1.71	0.43

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)**Tabla 5.** Peso diario y PPC de RSU residenciales para el estrato C

N.	Código	N. de Habitantes	PESOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS							Promedio	PPC
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
1	G-C01	1	0.64	0.00	0.84	0.62	0.00	0.90	0.82	0.76	0.76
2	G-C02	7	0.43	0.41	0.37	0.41	0.36	0.44	0.37	2.79	0.40
3	G-C03	4	0.49	0.52	0.40	0.44	0.00	0.53	0.50	1.92	0.48
4	G-C04	5	0.51	0.00	0.47	0.45	0.37	0.38	0.42	2.15	0.43
5	G-C05	4	0.00	0.51	0.53	0.57	0.40	0.49	0.52	2.01	0.50
6	G-C06	5	0.55	0.57	0.56	0.54	0.56	0.59	0.55	2.79	0.56
7	G-C07	3	0.62	0.68	0.60	0.61	0.66	0.63	0.00	1.90	0.63
8	G-C08	4	0.49	0.53	0.46	0.50	0.51	0.50	0.47	1.98	0.49
9	G-C09	4	0.61	0.54	0.00	0.58	0.59	0.62	0.54	2.32	0.58
10	G-C10	3	0.70	0.64	0.68	0.71	0.69	0.63	0.62	2.00	0.67
11	G-C11	3	0.68	0.67	0.73	0.68	0.64	0.83	0.62	2.08	0.69

12	G-C12	3	0.55	0.65	0.00	0.69	0.86	0.59	0.67	2.01	0.67
13	G-C13	4	0.56	0.51	0.55	0.51	0.54	0.53	0.48	2.11	0.53
14	G-C14	4	0.49	0.56	0.53	0.52	0.49	0.56	0.48	2.07	0.52
15	G-C15	4	0.51	0.51	0.48	0.53	0.55	0.00	0.00	2.06	0.51
16	G-C16	2	0.80	0.74	0.81	0.72	0.87	0.73	0.88	1.58	0.79
17	G-C17	1	0.93	0.81	0.74	0.93	0.95	0.92	0.86	0.88	0.88
18	G-C18	1	0.69	0.66	0.88	0.77	0.96	0.88	0.85	0.81	0.81
19	G-C19	1	0.74	0.00	0.91	0.64	0.89	1.05	0.74	0.83	0.83
20	G-C20	2	0.91	0.92	0.85	0.95	0.90	0.00	0.00	1.81	0.91
21	G-C21	4	0.49	0.54	0.49	0.52	0.49	0.55	0.49	2.04	0.51
22	G-C22	4	0.00	0.49	0.51	0.51	0.54	0.49	0.53	2.05	0.51
23	G-C23	3	0.69	0.73	0.71	0.67	0.71	0.72	0.67	2.10	0.70
24	G-C24	4	0.55	0.50	0.53	0.50	0.56	0.50	0.52	2.09	0.52
25	G-C25	4	0.47	0.53	0.51	0.46	0.00	0.53	0.49	1.99	0.50
26	G-C26	3	0.84	0.71	0.75	0.72	0.80	0.70	0.72	2.24	0.75
27	G-C27	3	0.65	0.67	0.64	0.78	0.71	0.72	0.71	2.09	0.70
28	G-C28	3	0.65	0.70	0.66	0.65	0.72	0.66	0.00	2.02	0.67
29	G-C29	4	0.56	0.55	0.51	0.51	0.53	0.57	0.50	2.14	0.53
30	G-C30	4	0.46	0.51	0.00	0.49	0.57	0.53	0.54	2.06	0.52
31	G-C31	4	0.48	0.50	0.54	0.48	0.56	0.47	0.48	2.01	0.50
32	G-C32	3	0.62	0.63	0.70	0.67	0.63	0.71	0.68	1.98	0.66
33	G-C33	4	0.60	0.54	0.57	0.56	0.59	0.54	0.54	2.25	0.56
34	G-C34	4	0.62	0.55	0.54	0.56	0.61	0.53	0.54	2.26	0.56
35	G-C35	4	0.50	0.54	0.46	0.00	0.50	0.49	0.46	1.97	0.49
36	G-C36	4	0.55	0.53	0.55	0.58	0.50	0.55	0.61	2.21	0.55
37	G-C37	2	1.00	0.76	0.81	0.75	1.00	0.76	0.94	1.72	0.86
38	G-C38	4	0.56	0.54	0.51	0.51	0.50	0.49	0.52	2.07	0.52
39	G-C39	3	0.65	0.68	0.71	0.65	0.74	0.65	0.64	2.02	0.67
40	G-C40	4	0.59	0.56	0.00	0.59	0.54	0.59	0.53	2.27	0.57
41	G-C41	3	0.67	0.72	0.68	0.65	0.64	0.74	0.66	2.05	0.68
42	G-C42	3	0.73	0.77	0.74	0.73	0.76	0.70	0.67	2.18	0.73
43	G-C43	3	0.71	0.67	0.71	0.68	0.66	0.75	0.70	2.10	0.70
44	G-C44	4	0.58	0.53	0.54	0.48	0.51	0.48	0.47	2.05	0.51
45	G-C45	4	0.49	0.00	0.55	0.51	0.50	0.55	0.49	2.05	0.51
46	G-C46	3	0.72	0.63	0.70	0.68	0.72	0.63	0.65	2.02	0.67
47	G-C47	3	0.67	0.64	0.66	0.61	0.68	0.67	0.67	1.97	0.66
48	G-C48	4	0.54	0.53	0.57	0.53	0.51	0.50	0.00	2.13	0.53
49	G-C49	4	0.46	0.53	0.48	0.53	0.53	0.47	0.48	1.99	0.50
50	G-C50	4	0.52	0.47	0.57	0.00	0.58	0.51	0.54	2.13	0.53
51	G-C51	3	0.65	0.69	0.70	0.67	0.65	0.64	0.67	2.00	0.67
52	G-C52	4	0.51	0.54	0.55	0.51	0.56	0.49	0.51	2.09	0.52
53	G-C53	4	0.53	0.53	0.49	0.54	0.53	0.54	0.51	2.09	0.52
54	G-C54	4	0.00	0.51	0.53	0.48	0.52	0.47	0.49	1.99	0.50
55	G-C55	4	0.44	0.50	0.48	0.50	0.00	0.53	0.44	1.93	0.48
56	G-C56	2	1.26	1.07	1.05	1.03	0.95	0.98	1.01	2.10	1.05
57	G-C57	2	0.94	0.85	0.91	0.92	1.00	0.91	0.94	1.85	0.93

58	G-C58	4	0.51	0.46	0.51	0.50	0.54	0.50	0.54	2.04	0.51
59	G-C59	3	0.71	0.66	0.64	0.68	0.64	0.74	0.67	2.03	0.68
60	G-C60	4	0.54	0.56	0.53	0.54	0.53	0.00	0.00	2.16	0.54
61	G-C61	3	0.74	0.67	0.71	0.70	0.65	0.72	0.00	2.09	0.70
62	G-C62	3	0.65	0.70	0.68	0.62	0.61	0.68	0.64	1.96	0.65
63	G-C63	3	0.64	0.65	0.64	0.70	0.63	0.66	0.61	1.95	0.65
64	G-C64	3	0.58	0.69	0.67	0.60	0.68	0.64	0.65	1.94	0.65
65	G-C65	3	0.66	0.59	0.65	0.63	0.00	0.67	0.64	1.92	0.64
66	G-C66	4	0.56	0.49	0.53	0.50	0.57	0.55	0.54	2.13	0.53
67	G-C67	2	0.00	0.41	0.42	0.41	0.46	0.41	0.39	0.84	0.42
68	G-C68	4	0.46	0.31	0.56	0.48	0.50	0.53	0.46	1.88	0.47
69	G-C69	3	0.69	0.63	0.66	0.63	0.70	0.65	0.66	1.98	0.66
70	G-C70	4	0.49	0.49	0.49	0.54	0.48	0.51	0.47	1.98	0.49

Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

Tabla 6. Peso diario y PPC de RSU residenciales para el estrato D

N.	Código	N. de Habitantes	PESOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS							Promedio Ponderado	PPC
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
1	G-D01	3	0.00	0.47	0.53	0.38	0.00	0.49	0.00	1.40	0.47
2	G-D02	5	0.38	0.63	0.46	0.57	0.72	0.36	0.48	2.57	0.51
3	G-D03	7	0.56	0.52	0.48	0.53	0.52	0.53	0.49	3.63	0.52
4	G-D04	4	0.73	0.79	0.55	0.57	0.58	0.59	0.58	2.52	0.63
5	G-D05	5	0.66	0.75	0.72	0.71	0.66	0.67	0.73	3.50	0.70
6	G-D06	4	0.80	0.92	0.87	0.89	0.92	0.00	0.00	3.51	0.88
7	G-D07	6	0.58	0.58	0.59	0.60	0.56	0.52	0.56	3.42	0.57
8	G-D08	5	0.39	0.52	0.52	0.46	0.68	0.00	0.00	2.57	0.51
9	G-D09	5	0.41	0.46	0.52	0.50	0.50	0.47	0.43	2.36	0.47
10	G-D10	4	0.93	0.88	0.81	0.88	0.79	0.91	0.82	3.44	0.86
11	G-D11	6	0.54	0.52	0.60	0.51	0.60	0.62	0.50	3.35	0.56

Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

Los problemas encontrados en el registro diario de los PPC en las viviendas encuestadas son mencionados en la metodología de muestreo y caracterización de residuos sólidos diseñada para poblaciones de menos de 150.000 habitantes.

Algunas familias no entregaron la muestra del día del enceramiento, es por esto que entregaron el día 1 de recolección. Esto se debe a que algunas familias no se encontraban en sus hogares por motivos de viaje y algunos de trabajo. Para no alterar los resultados finales se optó por eliminar estos registros.

- Ciertas familias no pudieron proporcionar la muestra del día designado para el enceramiento debido a ausencias por motivos de viaje o trabajo. Como medida

para no alterar los resultados finales, se decidió eliminar estos registros del análisis.

- Hubo ocasiones en las que no se entregó la muestra diaria y la muestra entregada al día siguiente fue ligeramente mayor en comparación con los otros días, ocurriendo algunos casos en los tres estratos. Para abordar esta situación, se optó por dividir estas muestras en dos partes, asignando una parte al día anterior que carecía de registro.

En la **Figura 6** se muestra claramente el peso total de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generados diariamente en todas las viviendas seleccionadas. Se observa que el día con la mayor cantidad de RSU desechados es el jueves, con un peso total de 228.475 kilogramos, seguido por los días lunes y viernes, con pesos totales de 226.931 y 224.636 kilogramos, respectivamente.

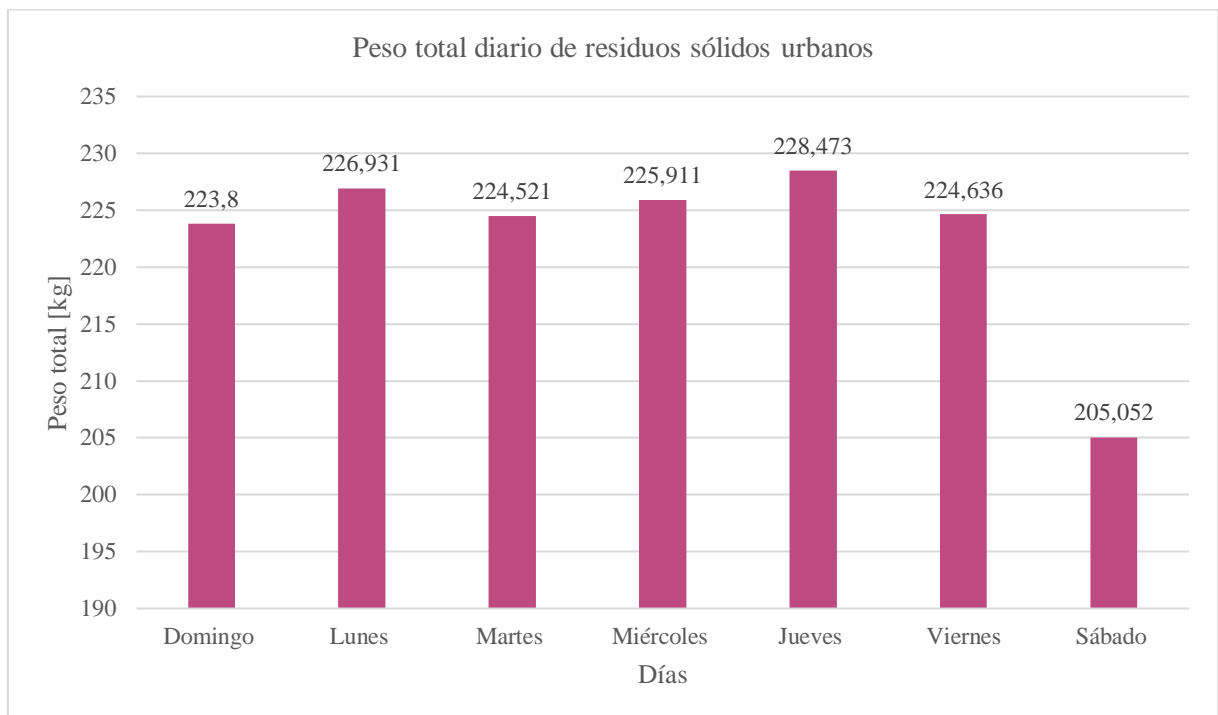


Figura 6. Peso diario total de Residuos Sólidos Urbanos de las viviendas

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

La **Figura 6** muestra que el pico más alto en la generación de residuos sólidos urbanos por todas las viviendas ocurrió el jueves. Se observa que las diferencias en el peso total diario de RSU entre los días son mínimas. Esto sugiere que la mayoría de las personas en la zona urbana de Guaranda a lo mejor sacan su basura diariamente a los contenedores ubicados cerca de sus hogares, ya que la recolección se realiza directamente desde estos contenedores.

El sábado es el día con el menor peso de residuos sólidos urbanos (RSU). Esta tendencia se debe a que la mayoría de las familias suelen tomarse un descanso después de toda la semana laboral. Es común que prefieran salir de sus hogares para visitar parques, lugares turísticos e incluso salir de la ciudad, lo que implica que no realizan sus actividades diarias dentro del hogar y, por lo tanto, generan menos basura ese día.

La Producción Per Cápita promedio que se presenta en la **Figura 7** es el promedio aritmético de las PPC de cada estrato socioeconómico. Además, muestra la Producción Per Cápita ponderada que representa el promedio general para la ciudad de Guaranda, considerando la distribución de la población en los diferentes estratos socioeconómicos.

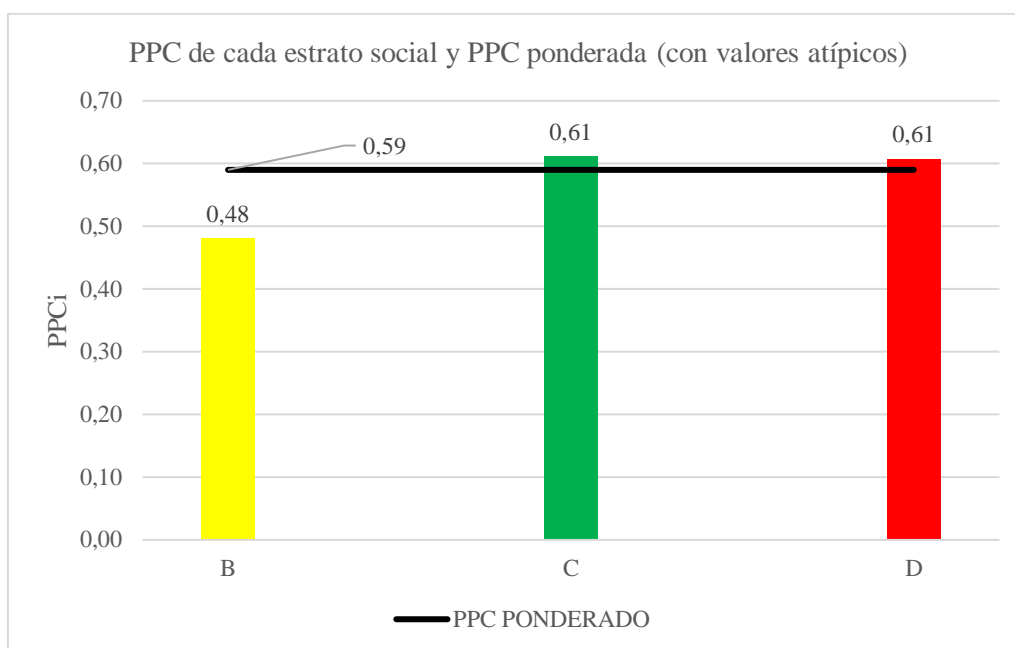


Figura 7. PPC con valores atípicos de los estratos socioeconómicos B, C y D
Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

La **Figura 7** indica que la producción per cápita ponderada de la ciudad de Guaranda es de 0.59 kg/hab/día. Este valor ha sido calculado teniendo en cuenta los valores atípicos. Es importante considerar que la inclusión de estos valores atípicos puede estar afectando el resultado final y su interpretación.

Producción Per Cápita de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Guaranda sin considerar valores atípicos.

Se utilizó el software estadístico Minitab para determinar los valores atípicos que estaban fuera del rango permisible, utilizando el diagrama de cajas y bigotes. Posteriormente, se procedió a eliminar estos valores atípicos. En caso de ser necesario, se calculará una nueva producción per cápita ponderada.

En la **Tabla 7, 8 y 9** muestran la Producción Per Cápita (PPC) diaria de los diferentes estratos socioeconómicos, resaltando en color turquesa los valores atípicos que ya no serán considerados en el cálculo del PPC ponderado de la ciudad. Se identificaron 2 valores atípicos para el estrato B, mientras que para el estrato C se encontraron un total de 12. No se detectaron valores atípicos para el estrato D.

Tabla 7. Valores de PPC atípicos del estrato B

N.	Código	N. de Habitantes	PESOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS [kg]							Promedio Ponderado	PPC
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
1	G-B01	6	0.46	0.42	0.44	0.00	0.43	0.48	0.43	2.66	0.44
2	G-B02	9	0.00	0.34	0.33	0.28	0.31	0.29	0.28	2.74	0.30
3	G-B03	5	0.00	0.40	0.00	0.41	0.36	0.46	0.41	2.04	0.41
4	G-B04	3	0.62	0.48	0.59	0.79	0.00	0.69	0.59	1.88	0.63
5	G-B05	4	0.53	0.41	0.44	0.51	0.46	0.39	0.43	1.81	0.45
6	G-B06	4	0.45	0.47	0.49	0.00	0.64	0.79	0.60	2.29	0.57
7	G-B07	4	0.44	0.39	0.46	0.46	0.39	0.46	0.39	1.71	0.43
8	G-B08	4	0.50	0.45	0.48	0.39	0.49	0.39	0.42	1.79	0.45
9	G-B09	2	0.64	0.00	0.44	0.48	0.66	0.56	0.43	1.07	0.53
10	G-B10	6	0.45	0.39	0.35	0.33	0.48	0.41	0.42	2.42	0.40
11	G-B11	4	0.43	0.38	0.45	0.43	0.45	0.40	0.49	1.73	0.43
12	G-B12	4	0.40	0.00	0.44	0.40	0.40	0.45	0.00	1.68	0.42
13	G-B13	3	0.62	0.66	0.00	0.53	0.55	0.49	0.55	1.70	0.57
14	G-B14	3	0.49	0.61	0.51	0.61	0.51	0.69	0.61	1.73	0.58
15	G-B15	3	0.61	0.49	0.67	0.52	0.51	0.60	0.53	1.68	0.56
16	G-B16	3	0.56	0.52	0.63	0.48	0.59	0.00	0.00	1.67	0.56
17	G-B17	4	0.55	0.14	0.51	0.39	0.53	0.51	0.00	1.71	0.43

Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

Tabla 8. Valores de PPC atípicos del estrato C

N.	Código	N. de Habitantes	PESOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS							Promedio Ponderado	PPC
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
1	G-C01	1	0.64	0.00	0.84	0.62	0.00	0.90	0.82	0.76	0.76
2	G-C02	7	0.43	0.41	0.37	0.41	0.36	0.44	0.37	2.79	0.40
3	G-C03	4	0.49	0.52	0.40	0.44	0.00	0.53	0.50	1.92	0.48
4	G-C04	5	0.51	0.00	0.47	0.45	0.37	0.38	0.42	2.15	0.43
5	G-C05	4	0.00	0.51	0.53	0.57	0.40	0.49	0.52	2.01	0.50
6	G-C06	5	0.55	0.57	0.56	0.54	0.56	0.59	0.55	2.79	0.56
7	G-C07	3	0.62	0.68	0.60	0.61	0.66	0.63	0.00	1.90	0.63

8	G-C08	4	0.49	0.53	0.46	0.50	0.51	0.50	0.47	1.98	0.49
9	G-C09	4	0.61	0.54	0.00	0.58	0.59	0.62	0.54	2.32	0.58
10	G-C10	3	0.70	0.64	0.68	0.71	0.69	0.63	0.62	2.00	0.67
11	G-C11	3	0.68	0.67	0.73	0.68	0.64	0.83	0.62	2.08	0.69
12	G-C12	3	0.55	0.65	0.00	0.69	0.86	0.59	0.67	2.01	0.67
13	G-C13	4	0.56	0.51	0.55	0.51	0.54	0.53	0.48	2.11	0.53
14	G-C14	4	0.49	0.56	0.53	0.52	0.49	0.56	0.48	2.07	0.52
15	G-C15	4	0.51	0.51	0.48	0.53	0.55	0.00	0.00	2.06	0.51
16	G-C16	2	0.80	0.74	0.81	0.72	0.87	0.73	0.88	1.58	0.79
17	G-C17	1	0.93	0.81	0.74	0.93	0.95	0.92	0.86	0.88	0.88
18	G-C18	1	0.69	0.66	0.88	0.77	0.96	0.88	0.85	0.81	0.81
19	G-C19	1	0.74	0.00	0.91	0.64	0.89	1.05	0.74	0.83	0.83
20	G-C20	2	0.91	0.92	0.85	0.95	0.90	0.00	0.00	1.81	0.91
21	G-C21	4	0.49	0.54	0.49	0.52	0.49	0.55	0.49	2.04	0.51
22	G-C22	4	0.00	0.49	0.51	0.51	0.54	0.49	0.53	2.05	0.51
23	G-C23	3	0.69	0.73	0.71	0.67	0.71	0.72	0.67	2.10	0.70
24	G-C24	4	0.55	0.50	0.53	0.50	0.56	0.50	0.52	2.09	0.52
25	G-C25	4	0.47	0.53	0.51	0.46	0.00	0.53	0.49	1.99	0.50
26	G-C26	3	0.84	0.71	0.75	0.72	0.80	0.70	0.72	2.24	0.75
27	G-C27	3	0.65	0.67	0.64	0.78	0.71	0.72	0.71	2.09	0.70
28	G-C28	3	0.65	0.70	0.66	0.65	0.72	0.66	0.00	2.02	0.67
29	G-C29	4	0.56	0.55	0.51	0.51	0.53	0.57	0.50	2.14	0.53
30	G-C30	4	0.46	0.51	0.00	0.49	0.57	0.53	0.54	2.06	0.52
31	G-C31	4	0.48	0.50	0.54	0.48	0.56	0.47	0.48	2.01	0.50
32	G-C32	3	0.62	0.63	0.70	0.67	0.63	0.71	0.68	1.98	0.66
33	G-C33	4	0.60	0.54	0.57	0.56	0.59	0.54	0.54	2.25	0.56
34	G-C34	4	0.62	0.55	0.54	0.56	0.61	0.53	0.54	2.26	0.56
35	G-C35	4	0.50	0.54	0.46	0.00	0.50	0.49	0.46	1.97	0.49
36	G-C36	4	0.55	0.53	0.55	0.58	0.50	0.55	0.61	2.21	0.55
37	G-C37	2	1.00	0.76	0.81	0.75	1.00	0.76	0.94	1.72	0.86
38	G-C38	4	0.56	0.54	0.51	0.51	0.50	0.49	0.52	2.07	0.52
39	G-C39	3	0.65	0.68	0.71	0.65	0.74	0.65	0.64	2.02	0.67
40	G-C40	4	0.59	0.56	0.00	0.59	0.54	0.59	0.53	2.27	0.57
41	G-C41	3	0.67	0.72	0.68	0.65	0.64	0.74	0.66	2.05	0.68
42	G-C42	3	0.73	0.77	0.74	0.73	0.76	0.70	0.67	2.18	0.73
43	G-C43	3	0.71	0.67	0.71	0.68	0.66	0.75	0.70	2.10	0.70
44	G-C44	4	0.58	0.53	0.54	0.48	0.51	0.48	0.47	2.05	0.51
45	G-C45	4	0.49	0.00	0.55	0.51	0.50	0.55	0.49	2.05	0.51
46	G-C46	3	0.72	0.63	0.70	0.68	0.72	0.63	0.65	2.02	0.67

47	G-C47	3	0.67	0.64	0.66	0.61	0.68	0.67	0.67	1.97	0.66
48	G-C48	4	0.54	0.53	0.57	0.53	0.51	0.50	0.00	2.13	0.53
49	G-C49	4	0.46	0.53	0.48	0.53	0.53	0.47	0.48	1.99	0.50
50	G-C50	4	0.52	0.47	0.57	0.00	0.58	0.51	0.54	2.13	0.53
51	G-C51	3	0.65	0.69	0.70	0.67	0.65	0.64	0.67	2.00	0.67
52	G-C52	4	0.51	0.54	0.55	0.51	0.56	0.49	0.51	2.09	0.52
53	G-C53	4	0.53	0.53	0.49	0.54	0.53	0.54	0.51	2.09	0.52
54	G-C54	4	0.00	0.51	0.53	0.48	0.52	0.47	0.49	1.99	0.50
55	G-C55	4	0.44	0.50	0.48	0.50	0.00	0.53	0.44	1.93	0.48
56	G-C56	2	1.26	1.07	1.05	1.03	0.95	0.98	1.01	2.10	1.05
57	G-C57	2	0.94	0.85	0.91	0.92	1.00	0.91	0.94	1.85	0.93
58	G-C58	4	0.51	0.46	0.51	0.50	0.54	0.50	0.54	2.04	0.51
59	G-C59	3	0.71	0.66	0.64	0.68	0.64	0.74	0.67	2.03	0.68
60	G-C60	4	0.54	0.56	0.53	0.54	0.53	0.00	0.00	2.16	0.54
61	G-C61	3	0.74	0.67	0.71	0.70	0.65	0.72	0.00	2.09	0.70
62	G-C62	3	0.65	0.70	0.68	0.62	0.61	0.68	0.64	1.96	0.65
63	G-C63	3	0.64	0.65	0.64	0.70	0.63	0.66	0.61	1.95	0.65
64	G-C64	3	0.58	0.69	0.67	0.60	0.68	0.64	0.65	1.94	0.65
65	G-C65	3	0.66	0.59	0.65	0.63	0.00	0.67	0.64	1.92	0.64
66	G-C66	4	0.56	0.49	0.53	0.50	0.57	0.55	0.54	2.13	0.53
67	G-C67	2	0.00	0.41	0.42	0.41	0.46	0.41	0.39	0.84	0.42
68	G-C68	4	0.46	0.31	0.56	0.48	0.50	0.53	0.46	1.88	0.47
69	G-C69	3	0.69	0.63	0.66	0.63	0.70	0.65	0.66	1.98	0.66
70	G-C70	4	0.49	0.49	0.49	0.54	0.48	0.51	0.47	1.98	0.49

Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

Tabla 9. Valores de PPC atípicos del estrato D

N.	Código	N. de Habitantes	PESOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS							Promedio Ponderado	PPC
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
1	G-D01	3	0.00	0.47	0.53	0.38	0.00	0.49	0.00	1.40	0.47
2	G-D02	5	0.38	0.63	0.46	0.57	0.72	0.36	0.48	2.57	0.51
3	G-D03	7	0.56	0.52	0.48	0.53	0.52	0.53	0.49	3.63	0.52
4	G-D04	4	0.73	0.79	0.55	0.57	0.58	0.59	0.58	2.52	0.63
5	G-D05	5	0.66	0.75	0.72	0.71	0.66	0.67	0.73	3.50	0.70
6	G-D06	4	0.80	0.92	0.87	0.89	0.92	0.00	0.00	3.51	0.88
7	G-D07	6	0.58	0.58	0.59	0.60	0.56	0.52	0.56	3.42	0.57
8	G-D08	5	0.39	0.52	0.52	0.46	0.68	0.00	0.00	2.57	0.51
9	G-D09	5	0.41	0.46	0.52	0.50	0.50	0.47	0.43	2.36	0.47

10	G-D10	4	0.93	0.88	0.81	0.88	0.79	0.91	0.82	3.44	0.86
11	G-D11	6	0.54	0.52	0.60	0.51	0.60	0.62	0.50	3.35	0.56

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

La **Figura 8** ilustra la Producción Per Cápita de los estratos B, C y D sin incluir los valores atípicos. Es evidente que la PPC ponderada de la ciudad de Guaranda no ha experimentado cambios significativos a pesar de la exclusión de estos valores atípicos. Por lo tanto, la Producción Per Cápita ponderada sigue manteniéndose en 0.59 kg/hab/día.

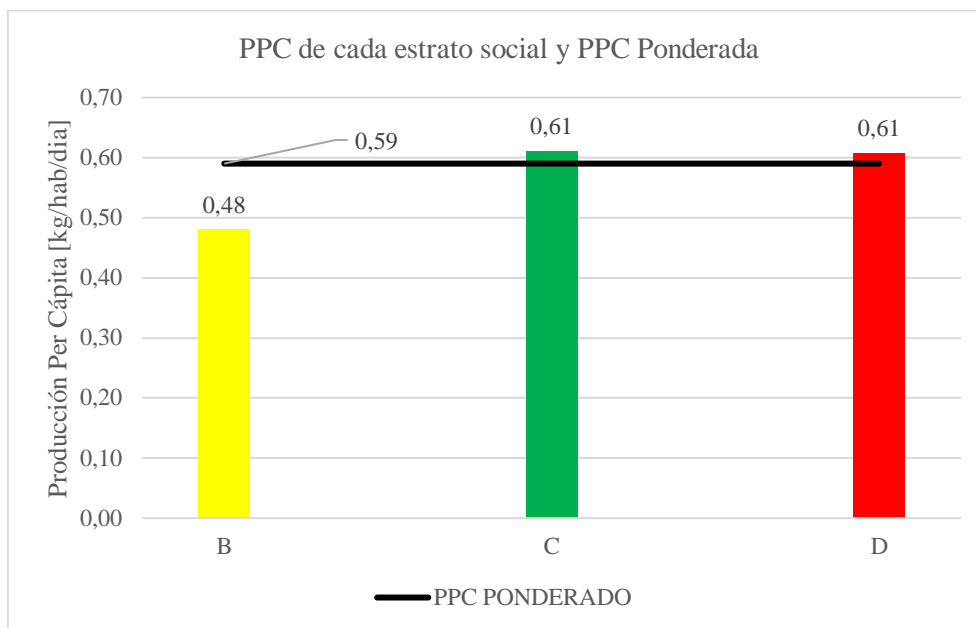


Figura 8. PPC real de los estratos B, C y D

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

La **Figura 8**, a través de un diagrama de barras, revela que tanto el estrato C como el D muestran una Producción Per Cápita de 0.61 kg/hab/día. Para el estrato D, este valor puede atribuirse al hecho de que las familias suelen ser más numerosas, aunque carezcan de recursos suficientes para sostener a todos sus miembros. Es importante destacar que no todos tienen empleos estables, algunos se dedican a emprender de diversas maneras, lo que los lleva a consumir alimentos principalmente en sus hogares. En cambio, para el estrato B, es común que las familias no sean tan numerosas, aunque existen excepciones. Las personas consumen alimentos tanto dentro como fuera de casa. Por último, el estrato C, con una Producción Per Cápita de 0.48 kg/hab/día, muestra la producción más baja de los tres estratos.

Análisis de la técnica estadística varianza ANOVA para la Producción Per Cápita

Para llevar a cabo el análisis de varianza (ANOVA), se seleccionó la ciudad de Guaranda como punto de referencia constante, mientras que se consideraron los estratos socioeconómicos y sus respectivos valores de PPC como variables independientes.

La **Tabla 10** muestra el valor F y el valor P, donde este último es el resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA). Se observa que el valor P es menor que el nivel de significancia ($\alpha=0,05$), lo que indica que rechazamos la hipótesis nula. Por lo tanto, existen diferencias significativas entre las medias de la Producción Per Cápita de los estratos B, C y D.

Tabla 10. Técnica varianza ANOVA de la PPC de los estratos B, C y D

Ciudad	Valor F	Valor P
Guaranda	42.96	0

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

Prueba de Tukey para la producción Per Cápita

La **Tabla 11** muestra los resultados de la prueba de Tukey, la cual indica que los estratos socioeconómicos C y D comparten un mismo grupo (A) en términos de Producción Per Cápita, mientras que el estrato socioeconómico B forma otro grupo separado (B). Esto sugiere que hay diferencias significativas en los valores medios de Producción Per Cápita entre estos estratos socioeconómicos.

Tabla 11. Prueba de Tukey de la Producción Per Cápita de los estratos B, C y D

Estrato	Media o PPC [kg/hab/día]	Agrupación
Estrato D	0.608	A
Estrato C	0.602	A
Estrato B	0.480	B
PPC Ponderado	0.590	

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

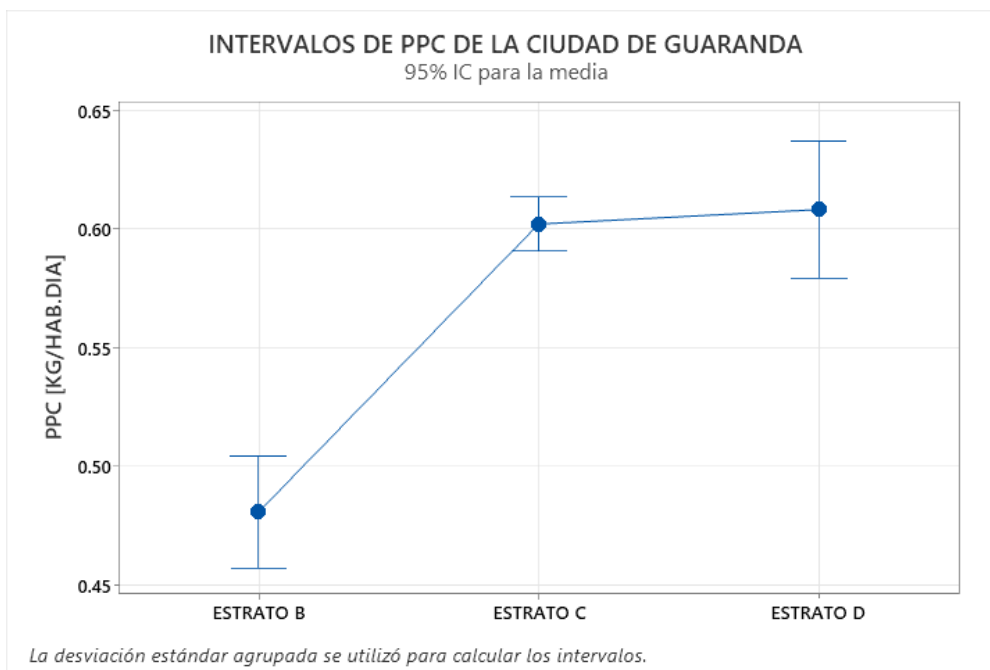


Figura 9. Comparación de la Producción Per Cápita de los estratos B, C y D
Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

La **Tabla 11** presenta la Producción Per Cápita (PPC) ponderada de la ciudad de Guaranda, junto con el PPC individual de cada uno de sus estratos: D, C y B, respectivamente. El valor del PPC ponderado es de 0.59 kg/hab/día. Además, se proporciona el valor de la Producción Per Cápita de cada estrato, lo cual se refleja también en la **Figura 9**.

Densidad de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Guaranda

En la **Tabla 12** se detallan las densidades sueltas registradas para cada estrato socioeconómico analizado a lo largo de la semana de trabajo de campo, junto con el promedio de densidad correspondiente a cada estrato.

Tabla 12. Densidad suelta de los estratos socioeconómicos de la ciudad de Guaranda

Estrato	DENSIDAD SUELTA DIARIA [kg/m ³]							Densidad Suelta [kg/m ³]
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
B	136.07	88.57	111.23	132.97	163.03	110.77	167.83	130.07
C	198.93	184.53	218.80	214.97	183.57	214.07	203.03	202.56
D	153.60	172.70	143.43	234.60	152.43	204.47	199.10	180.05

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

Después de calcular las densidades de cada estrato socioeconómico, se calculó la densidad promedio ponderada para la ciudad de Guaranda. El resultado obtenido fue una

densidad ponderada de 186.58 kg/m^3 . Esta información se visualiza en la **Figura 10** que se presenta a continuación.

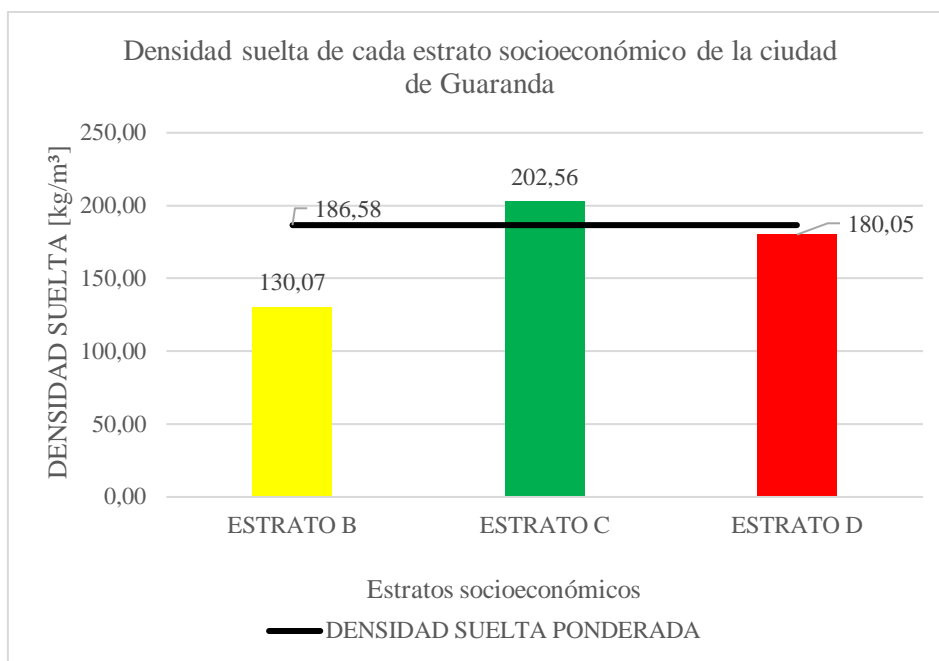


Figura 10. Densidad promedio de los estratos socioeconómicos
Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

La representación gráfica muestra que el estrato C exhibe la densidad suelta más elevada, alcanzando un valor de 202.56 kg/m^3 . Este estrato se destaca por ser uno de los principales generadores de residuos orgánicos. Por otro lado, el estrato D registra una densidad suelta de 180.05 kg/m^3 . Aunque también presenta una producción considerable de residuos orgánicos, se observa una variedad más amplia, incluyendo residuos sólidos como cartón, plásticos, envolturas y empaques de alimentos, entre otros. Finalmente, el estrato B presenta la densidad más baja entre los tres estratos (130.07 kg/cm^3). Este estrato muestra una generación de residuos sólidos que abarca desde orgánicos hasta plásticos, vidrios y una diversidad de papeles, entre otros materiales.

Para detectar la presencia de datos atípicos en los resultados, se empleó el diagrama de cajas y bigotes proporcionado por el software Minitab. Tras su análisis, no se identificó ningún valor atípico, lo que sugiere una consistencia en la densidad suelta y confiabilidad en los resultados obtenidos.

Análisis de varianza ANOVA para las densidades de la ciudad de Guaranda.

Para realizar el análisis de varianza (ANOVA), se tomó la ciudad de Guaranda como punto de referencia constante, mientras que se incluyeron los estratos socioeconómicos y sus valores correspondientes de densidades sueltas como variables independientes.

La **Tabla 13** muestra el valor F y el valor P, donde este último es el resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA). Se aprecia que el valor P es inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha=0,05$), lo que indica que el rechazo de la hipótesis nula. Por consiguiente, existen diferencias significativas entre las medias de las densidades sueltas de los estratos B, C y D.

Tabla 13. Resultado obtenido del análisis de varianza (ANOVA)

Ciudad	Valor F	Valor P
Guaranda	13.34	0

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

Prueba de Tukey para las densidades.

La **Tabla 14** muestra los resultados de la prueba de Tukey, la cual indica que los estratos socioeconómicos C y D comparten un mismo grupo (A) en términos de densidad, mientras que el estrato socioeconómico B forma otro grupo separado (B). Esto sugiere que hay diferencias significativas en los valores medios de Producción Per Cápita entre estos estratos socioeconómicos.

Tabla 14. Prueba de Tukey de las densidades de los estratos B, C y D

Estrato	Densidad [kg/m³]	Agrupación
Estrato C	202.56	A
Estrato D	180	A
Estrato B	134.83	B
Densidad Ponderada	186.58	

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

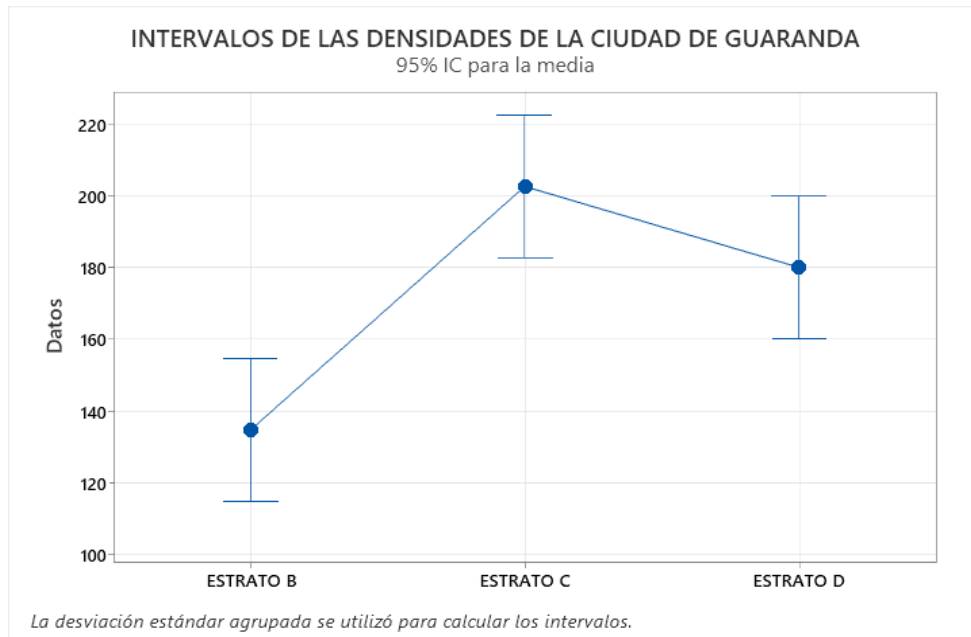


Figura 11. Comparación de las densidades de los estratos B, C y D
Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

En la **Tabla 14** se presentan la densidad ponderada de la ciudad de Guaranda y las densidades sueltas individuales de cada uno de sus estratos: C, D y B, respectivamente. La densidad ponderada es de 186.58 kg/m³. Además, se incluyen los valores de densidad suelta de cada estrato, los cuales también se visualizan en la **Figura 11**.

El estrato C se sitúa en la posición principal como el estrato con la mayor densidad suelta, mientras que el estrato D ocupa el segundo lugar en densidad suelta más alta. Esto se atribuye al consumo de los residentes, con especial consideración a aquellos con limitaciones económicas, quienes tienden a consumir alimentos preparados en sus hogares. Esto implica una mayor generación de residuos orgánicos en esta área.

Composición física de residuos sólidos de la ciudad de Guaranda.

Para determinar la composición física de los Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Guaranda, se tomó una muestra que oscila entre 5 y 7 kg para cada estrato. Esta muestra fue analizada para identificar el tipo de residuos sólidos que contiene, siguiendo una lista de 26 componentes predefinidos. En la **Tabla 15**, **Tabla 16** y **Tabla 17** se registran los componentes encontrados en la muestra de residuos de cada estrato: B, C y D, respectivamente.

Tabla 15. Composición física de los Residuos Sólidos Urbanos para el estrato B

Componentes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio
Botellas de plástico	3.37%	2.21%	3.37%	0.00%	9.54%	5.28%	2.08%	3.69%
Botellas y Frascos de vidrio	0.00%	0.00%	2.88%	0.00%	0.00%	26.12%	3.36%	4.62%
Cartón	3.11%	3.04%	3.61%	6.09%	3.45%	0.00%	2.84%	3.16%
Componentes de computadoras (PCs, monitores, teclados, ratones, cables)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Componentes de teléfonos (carcasas, adaptadores)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Cuero	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Caucho	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Infecciosos (jeringas, gasas, algodones, medicinas, objetos con sangre)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Maderas	2.27%	2.21%	0.00%	2.27%	0.00%	0.00%	2.05%	1.26%
Material de construcción-cerámicas (losa)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Metales	0.00%	0.00%	0.00%	2.49%	2.65%	0.00%	2.85%	1.14%
Orgánicos (sobras de comida, rastros de jardín, excrementos de animales, cáscaras)	62.13%	68.78%	66.83%	71.19%	60.45%	54.35%	61.84%	63.65%
Papel bond blanco	4.49%	3.31%	2.64%	2.77%	2.65%	4.22%	3.10%	3.31%

Papel de color	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Papel periódico	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Papel sanitario (higiénico, servilletas, toallas de cocina)	6.16%	4.42%	3.85%	4.93%	6.63%	3.17%	4.13%	4.75%
Peligrosos (envases de insecticidas, plaguicidas, solventes, desinfectantes)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Pilas y baterías	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Plástico fino (bolsas, envolturas de caramelo)	8.77%	8.56%	6.25%	7.48%	8.48%	4.22%	6.72%	7.21%
Plástico grueso (baldes, tarrinas, tarros, juguetes)	5.98%	4.97%	2.40%	2.77%	4.03%	2.64%	3.93%	3.82%
Tetrapac	3.72%	2.49%	3.41%	0.00%	0.00%	0.00%	3.42%	1.86%
Poliestireno	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Textiles	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mascarillas	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.12%	0.00%	0.00%	0.30%
Toallas sanitarias y pañales	0.00%	0.00%	4.76%	0.00%	0.00%	0.00%	3.67%	1.20%
Otros	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: (Alarcón & Mayancho, 2024)

Tabla 16. Composición física de los Residuos Sólidos Urbanos para el estrato C

Componentes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio
Botellas de plástico	5.48%	2.25%	3.03%	4.40%	2.98%	4.11%	2.11%	3.48%
Botellas y Frascos de vidrio	3.60%	0.00%	3.72%	3.64%	6.20%	6.26%	3.32%	3.82%
Cartón	2.71%	2.54%	6.32%	3.83%	3.96%	5.97%	6.29%	4.51%
Componentes de computadoras (PCs, monitores, teclados, ratones, cables)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Componentes de teléfonos (carcasas, adaptadores)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Cuero	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Caucho	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Infecciosos (jeringas, gasas, algodones, medicinas, objetos con sangre)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Maderas	0.00%	0.00%	3.03%	0.00%	2.23%	0.00%	2.62%	1.13%
Material de construcción-cerámicas (losa)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Metales	0.00%	3.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.52%
Orgánicos (sobras de comida, rastros de jardín, excrementos de animales, cáscaras)	71.05%	67.04%	63.91%	62.85%	64.20%	64.41%	64.05%	65.36%
Papel bond blanco	3.26%	3.10%	2.96%	2.86%	1.98%	2.97%	2.11%	2.75%

Papel de color	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Papel periódico	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Papel sanitario (higiénico, servilletas, toallas de cocina)	2.72%	2.82%	2.27%	3.30%	4.29%	6.72%	4.51%	3.80%
Peligrosos (envases de insecticidas, plaguicidas, solventes, desinfectantes)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Pilas y baterías	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Plástico fino (bolsas, envolturas de caramelo)	4.94%	6.48%	5.05%	3.44%	3.74%	3.25%	3.26%	4.31%
Plástico grueso (baldes, tarrinas, tarros, juguetes)	3.54%	9.30%	3.99%	5.59%	6.78%	2.71%	3.37%	5.04%
Tetrapac	2.70%	0.00%	3.76%	4.11%	0.00%	0.00%	0.00%	1.51%
Poliestireno	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Textiles	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mascarillas	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Toallas sanitarias y pañales	0.00%	2.82%	1.96%	6.00%	3.65%	3.61%	8.36%	3.77%
Otros	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

Tabla 17. Composición física de los Residuos Sólidos Urbanos para el estrato D

Componentes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio
Botellas de plástico	3.02%	3.35%	0.00%	2.07%	2.87%	0.00%	2.56%	1.98%
Botellas y Frascos de vidrio	0.00%	0.00%	0.00%	2.07%	3.51%	0.00%	3.41%	1.28%
Cartón	1.66%	2.51%	6.33%	17.49%	3.82%	14.37%	5.33%	7.36%
Componentes de computadoras (PCs, monitores, teclados, ratones, cables)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Componentes de teléfonos (carcasas, adaptadores)	24.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.51%
Cuero	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Caucho	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Infecciosos (jeringas, gasas, algodones, medicinas, objetos con sangre)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Maderas	2.14%	0.00%	3.04%	0.00%	2.15%	0.00%	2.22%	1.36%
Material de construcción-cerámicas (losa)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Metales	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Orgánicos (sobras de comida, rastrojos de jardín, excrementos de animales, cáscaras)	52.58%	69.20%	68.87%	71.00%	67.73%	64.24%	68.16%	65.97%
Papel bond blanco	2.15%	2.34%	0.00%	1.84%	1.91%	0.00%	1.79%	1.43%

Papel de color	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Papel periódico	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Papel sanitario (higiénico, servilletas, toallas de cocina)	3.30%	4.19%	2.28%	2.76%	2.34%	1.73%	3.83%	2.92%
Peligrosos (envases de insecticidas, plaguicidas, solventes, desinfectantes)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Pilas y baterías	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Plástico fino (bolsas, envolturas de caramelo)	3.11%	5.58%	5.06%	2.76%	3.43%	2.54%	2.76%	3.61%
Plástico grueso (baldes, tarrinas, tarros, juguetes)	2.48%	3.91%	4.00%	0.00%	1.91%	2.11%	2.85%	2.47%
Tetrapac	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Poliestireno	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Textiles	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mascarillas	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Toallas sanitarias y pañales	4.99%	8.93%	10.42%	0.00%	10.34%	12.05%	7.09%	7.69%
Otros	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.96%	0.00%	0.42%

Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

La **Tabla 18** resume los promedios de los componentes físicos encontrados para cada estrato, así como el valor ponderado de cada componente enlistado.

Tabla 18. Promedios de componentes físicos por cada estrato y el valor ponderado

COMPONENETES	ESTRATO B	ESTRATO C	ESTRATO D	PROMEDIO PONDERADO
Botellas de plástico	3.69%	3.48%	1.98%	3.05%
Botellas y Frascos de vidrio	4.62%	3.82%	1.28%	3.24%
Cartón	3.16%	4.51%	7.36%	5.01%
Componentes de computadoras (PCs, monitores, teclados, ratones, cables)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Componentes de teléfonos (carcasas, adaptadores)	0.00%	0.00%	3.51%	1.17%
Cuero	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Caucho	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Infecciosos (jeringas, gasas, algodones, medicinas, objetos con sangre)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Maderas	1.26%	1.13%	1.36%	1.25%
Material de construcción- cerámicas (losa	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Metales	1.14%	0.52%	0.00%	0.55%
Orgánicos (sobras de comida, rastros de jardín, excrementos de animales, cáscaras)	63.65%	65.36%	65.97%	64.99%
Papel bond blanco	3.31%	2.75%	1.43%	2.50%
Papel de color	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Papel periódico	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Papel sanitario (higiénico, servilletas, toallas de cocina	4.75%	3.80%	2.92%	3.83%
Peligrosos (envases de insecticidas, plaguicidas, solventes, desinfectantes	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Pilas y baterías	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Plástico fino (bolsas, envolturas de caramelo)	7.21%	4.31%	3.61%	5.04%

Plástico grueso (baldes, tarrinas, tarros, juguetes)	3.82%	5.03%	2.47%	3.77%
Tetrapac	0.88%	0.79%	0.00%	0.56%
Poliestireno	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Textiles	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mascarillas	0.30%	0.00%	0.00%	0.10%
Toallas sanitarias y pañales	1.20%	3.77%	7.69%	4.22%
Otros	0.00%	0.00%	0.42%	0.14%

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

La **Tabla 18** indica un alto porcentaje para la fracción de residuos orgánicos, con un valor del 64.99%. Es importante destacar que la composición física de los desechos sólidos urbanos está estrechamente vinculada con la densidad suelta de los mismos.

Al analizar las composiciones de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Guaranda, se observa que el componente de residuos orgánicos es el más predominante. En la **Figura 12** se presenta el estrato que genera la mayor cantidad de residuos orgánicos.

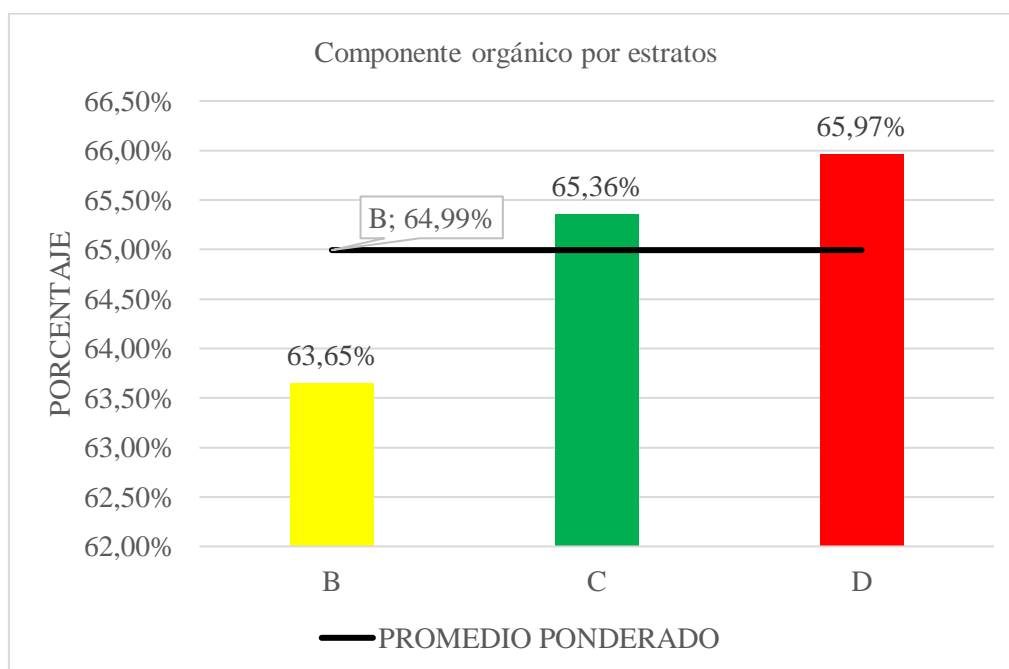


Figura 12. Componentes orgánicos promedio de los estratos B, C y D

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

El estrato D se destaca por ser el que genera la mayor cantidad de residuos orgánicos, con un porcentaje del 65.97%. Esto se puede atribuir a varias razones, entre las cuales se encuentra el elevado número de miembros en las familias de este estrato y los recursos económicos limitados. En muchos casos, estas familias dependen de un único sostén económico, lo que implica que preparen la mayoría de sus alimentos en casa, siendo la opción más coherente y rentable. Por lo tanto, la generación de residuos orgánicos es mayor en este estrato. Es importante destacar que, aunque estas familias no puedan ser económicamente estables, suelen tener diversas mascotas como gallinas, perros y gatos, lo que contribuye aún más a la cantidad de residuos orgánicos generados. El estrato B es el que registra la menor producción de residuos orgánicos, con un porcentaje del 63.65%. Aunque esta cifra no difiere significativamente del porcentaje de producción del estrato D. Esto se debe a que en el estrato B, las personas, ya sea que trabajen fuera de casa o no, tienden a consumir la mayoría de sus alimentos en el hogar. Dado que Guaranda es una ciudad pequeña, el desplazamiento entre el lugar de trabajo y el hogar no demanda mucho tiempo, aunque en algunos casos las familias pueden optar por comer fuera, pero esto ocurre solo en determinados días, no de manera habitual. Finalmente, el estrato C se sitúa en un punto intermedio entre los estratos mencionados, con un porcentaje del 65.36%.

En la **Figura 13** y **Figura 14** se representa el porcentaje de los residuos sólidos que son potencialmente reciclables en la actualidad y los que podrían ser potencialmente reciclables en el futuro.

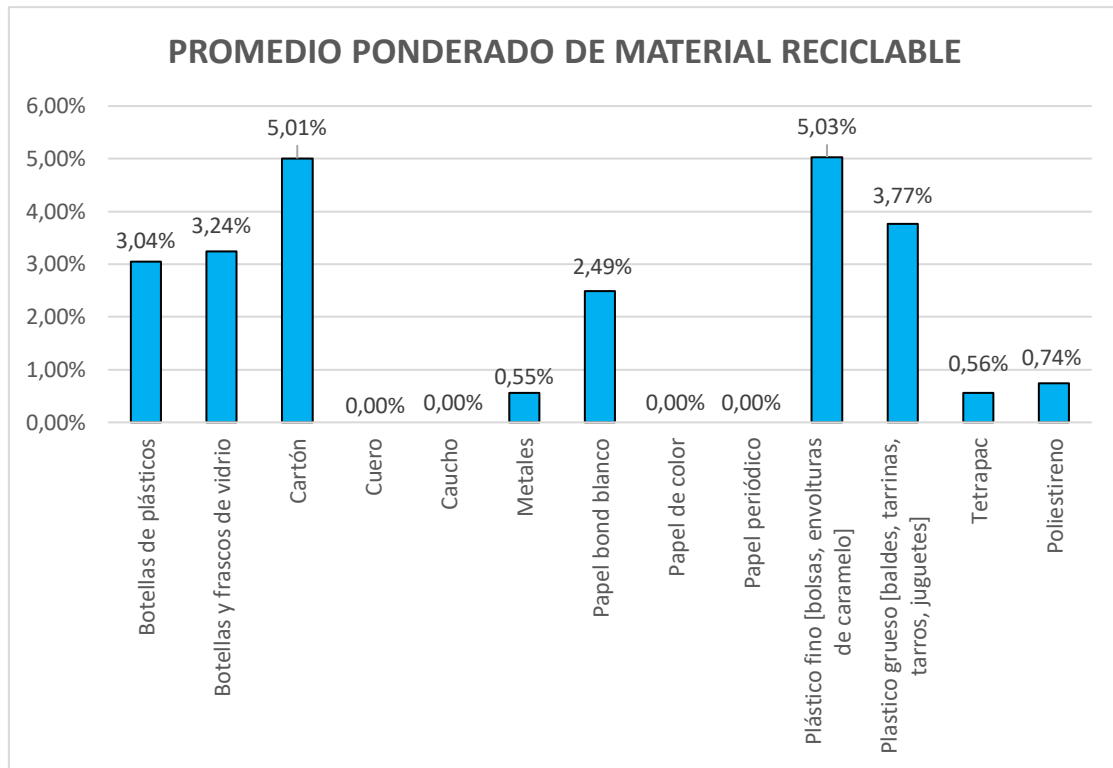


Figura 13. Residuos sólidos potencialmente reciclables
Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

El 24.43% de los residuos sólidos estudiados son potencialmente reciclables. Dentro de este porcentaje, el plástico fino representa el mayor porcentaje con un 5.03%, seguido de los cartones con un 5.01%. Aunque previamente se ha señalado que los residuos predominantes son los orgánicos, es importante destacar que también se utiliza una gran cantidad de productos desechables y envases de un solo uso, como las fundas o envolturas. Es crucial tener en cuenta que en la ciudad de Guaranda no existe un sistema de reciclaje, por lo que todos los residuos recolectados tienen el mismo destino final.

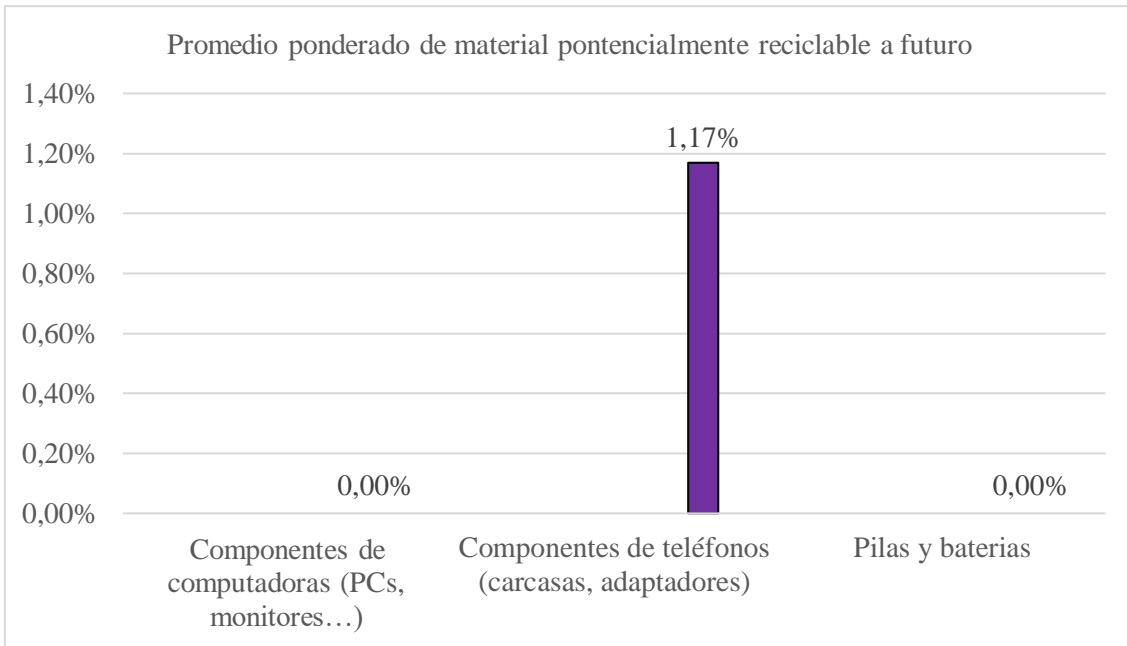


Figura 14. Residuos sólidos potencialmente reciclables a futuro

Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

El porcentaje de material reciclable para el futuro es mínimo, representando solo el 1.17% del total. Por lo tanto, en la actualidad no se recomienda su reciclaje. Esta baja cifra puede deberse a que actualmente este tipo de material no se desecha, ya que las personas optan por venderlo para generar ingresos, incluso si son cantidades mínimas.

En la **Figura 15** se presentan los porcentajes ponderados de los residuos sólidos desechables hallados en la ciudad de Guaranda, incluyendo el porcentaje de componentes de mascarillas, el cual es notablemente bajo en comparación con estudios realizados durante el año de la pandemia. En aquel entonces, las mascarillas eran desechadas a diario debido a su uso intensivo.

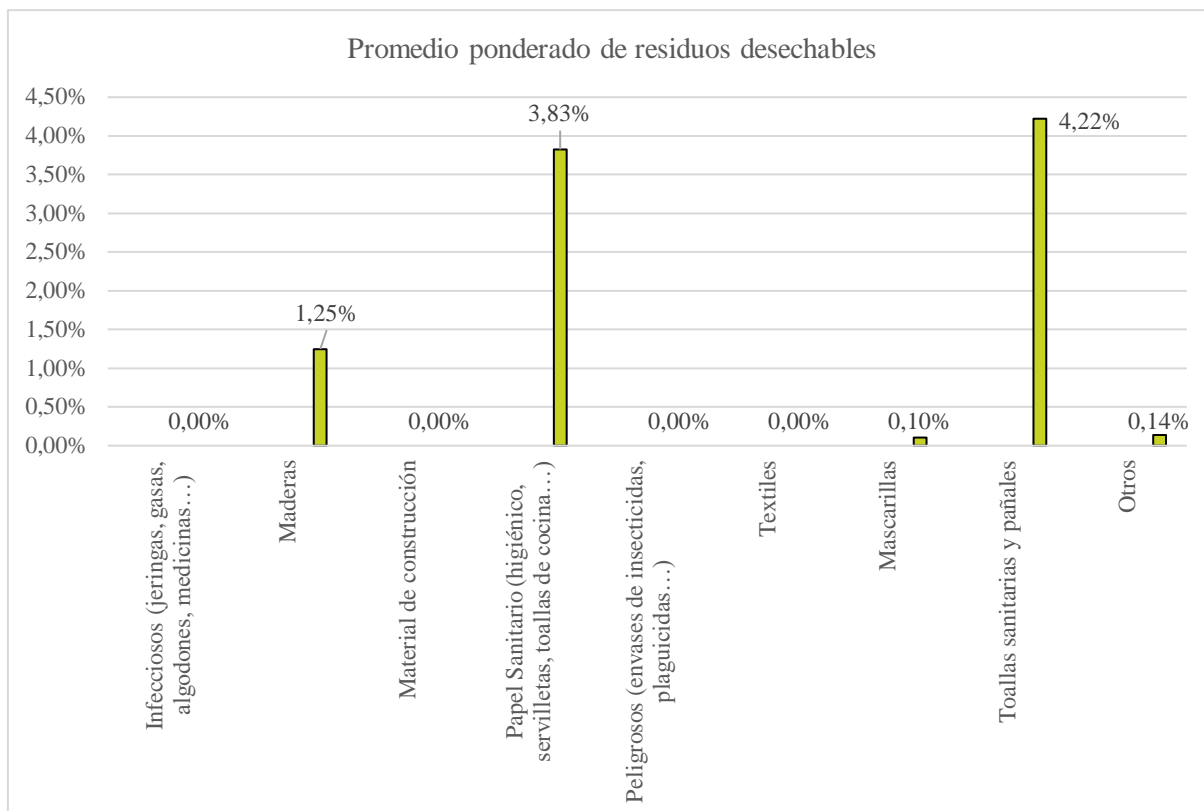


Figura 15. Componentes de residuos sólidos no reciclables

Fuente: (Alarcón & Mayanacha, 2024)

Los residuos desechables representan el 9.52% del total de los residuos sólidos estudiados. Estos residuos se dirigen a su disposición final, donde se someten a tratamiento para reducir su volumen. La separación de residuos en sus distintos componentes sería beneficiosa, ya que evitaría la contaminación de los residuos reciclables por parte de los desechables, permitiendo así su aprovechamiento.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Al completar la caracterización urbanística, se ha llegado a la conclusión de que el 84.11% de las manzanas en el sector urbano de Guaranda se destinan a uso residencial. Dentro de este porcentaje, el estrato C es el más común, abarcando el 70.68% de la ciudad de manera dispersa. Además, se observa que la tendencia urbanística de Guaranda es similar a la de la ciudad de Tena, la cual fue estratificada por (Rosales, 2015).
- Después de realizar la caracterización socioeconómica, se obtuvo información sobre el sector económico en el que se desempeñan los habitantes de Guaranda, así como el promedio de habitantes por vivienda y la forma en que gestionan los residuos sólidos urbanos. Es relevante destacar que, en la mayoría de los casos, a medida que el nivel socioeconómico disminuye, el número de personas por vivienda tiende a ser mayor.
- El Gobierno Municipal de Guaranda estima una población de 25.000 habitantes en el sector urbano de la ciudad. Según el cálculo, la Producción Per Cápita de residuos sólidos es de 0.59 kg por habitante por día. Por lo tanto, el sistema de recolección recoge aproximadamente 14 toneladas de residuos sólidos diarios en la parte urbana de Guaranda.
- Se ha establecido una densidad suelta ponderada de 186.58 kg/m², siendo el estrato C el que presenta la densidad suelta más alta. La producción de desechos sólidos está estrechamente vinculada a la capacidad económica de los habitantes, ya que aquellos con estabilidad financiera tienden a adquirir productos elaborados, lo que resulta en una densidad menor, mientras que aquellos con recursos limitados generarán una densidad más alta al producir más desechos orgánicos.
- Tras evaluar la composición física, se ha observado que la materia orgánica representa el 64.99% del total de los residuos sólidos generados en la ciudad de Guaranda. Le sigue en cantidad el material reciclable con un 24.33%, luego los residuos desechables con un 9.54%, y, por último, los materiales reciclables potenciales con un 1.17%. Todos estos residuos sólidos son enviados a la misma ubicación de disposición final, dado que en la ciudad las personas no realizan ninguna clasificación de la basura.

Recomendaciones

- Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Guaranda implementar programas de instrucción dirigidos hacia la población urbana con el propósito de fomentar una adecuada separación de los desechos sólidos, enfocándose particularmente en los materiales reciclables.
- Se recomienda al GADM de Guaranda la implementación de un sistema de contenedores, en zonas comerciales y aledañas de la ciudad, para prevenir la acumulación de desechos sólidos (basura) en las intersecciones de las cuadras, pues estos son estropeados por animales y por ende son dispersos en las vías y aceras dando una estética desfavorable en relación con el entorno urbano.
- Se recomienda al GADM de Guaranda elaborar nuevas estrategias de planificación de rutas para la recolección de residuos sólidos, basándose en los hallazgos obtenidos en el presente estudio, en vista de las limitaciones de acceso a ciertas áreas que no han sido identificadas dentro de las manzanas para los operadores de recolección.
- Se recomienda al GADM de Guaranda implementar mejoras significativas en las instalaciones del botadero abierto ubicado en Curgua, con el objetivo de evitar la acumulación excesiva de basura y de optimizar el proceso de clasificación de residuos reciclables (cartón, bolsas de plásticos, metales, botellas plásticas, etc.), dada su relevancia como una destacada fuente potencial de ingresos a escala internacional.
- Se recomienda que las investigaciones subsiguientes den seguimiento al avance del proyecto de construcción de un relleno sanitario planificado para ubicarse en la vía Julio Moreno – Shunguna, con el propósito fundamental de abordar de manera efectiva y eficiente la problemática relacionada con la disposición final de una considerable cantidad de residuos sólidos.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- Ambientum. (2022). *Características físicas de los residuos sólidos urbanos*.
https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/caracteristicas_fisicas.asp
- Arellano, A., & Cabezas, L. (2014). *Método para la determinación de la muestra para estudios de producción de residuos sólidos y-o de consumo de agua potable en poblaciones menores a 150.000 habitantes*. January 2014.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29466.26560>
- Arellano, A., Gavilanes, A., & González, C. (2013). *Técnicas de muestreo y caracterización de residuos sólidos para poblaciones menores que 150.000 habitantes*.
https://www.researchgate.net/publication/343267617_TECNICAS_DE_MUESTREO_Y_CHARACTERIZACION_DE_RESIDUOS_SOLIDOS_PARA_POBLACIONES_MENORES_QUE_150000_HABITANTES
- Arellano, A., Gavilanez, A., & González, J. (2012). Método de caracterización urbanística y socioeconómica para poblaciones menores que 150.000 habitantes. *ResearchGate*, January 2012. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17722.21446>
- Cárdenas, R., & Patiño, C. (2022). *CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE OTAVALO*.
file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/TESIS_CARDENAS_Y_PATIÑO.pdf
- Castro, E. A., & Bosque, U. El. (2020). Guía para la caracterización y cuantificación de residuos sólidos. *INVENTUM*, 15(29), 76–94.
<https://doi.org/10.26620/UNIMINUTO.INVENTUM.15.29.2020.76-94>
- Dagnino, J. (2014). *ANÁLISIS DE VARIANZA*.
- Durango, J., Solíz, M., Solano, J., & Yépez, M. (2020). Cartografía-residuos-sólidos-Ecuador-2020. In *Universidad Andina Simon Bolivar* (Vol. 1, Issues 978-9942-837-29–5). <https://no-burn.mystagingwebsite.com/wp-content/uploads/Cartografía-residuos-sólidos-Ecuador-2020.pdf>
- GADMG. (2023). *Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda*.
<https://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/la-ciudad/>

- Kawai, K., & Tasaki, T. (2015). Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 2015 18:1, 18(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/S10163-015-0355-1>
- Lucero, M. E., & Pacheco, S. A. (2023). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO CARRERA INGENIERÍA CIVIL Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Macas Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero / a Civil Autor : Lucero Marca , Manuel Elías Pacheco Villacís , Santiago*. [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10943/1/Lucero%2C Manuel y Pacheco%2C Santiago %282023%29 CARACTERIZACION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE MACAS.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10943/1/Lucero%2C%20Manuel%20y%20Pacheco%2C%20Santiago%202023%29%20CARACTERIZACION%20DE%20RESIDUOS%20SÓLIDOS%20URBANOS%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20MACAS.pdf)
- Mendoza, V. (2023). *Composición de residuos sólidos domiciliarios / Plataforma Nacional de Datos Abiertos*. <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/composición-de-residuos-sólidos-domiciliarios>
- Montoya, A. (2010). Caracterización de Residuos Sólidos. *Cuaderno Activa*, 4(1), 67–72. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- Moriana, L. (2021). *Basura orgánica e inorgánica: qué es y ejemplos - Resumen*. <https://www.ecologiaverde.com/basura-organica-e-inorganica-que-es-y-ejemplos-1243.html>
- Mukrimaa, S. S., Nurdyansyah, Fahyuni, E. F., YULIA CITRA, A., Schulz, N. D., غسان, د., Taniredja, T., Faridli, E. M., & Harmianto, S. (2016). WHAT A WASTE 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. In *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar* (Vol. 6, Issue August).
- Rivas, C. (2018). Piensa Un Minuto Antes De Actuar : Gestión Integral De. *Gestion Integral de Residuos Solidos.*, 63. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx>
- Romero, P. D., & Vásquez, J. L. (2022). *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios y elaboración de una propuesta para el manejo adecuado de los mismos en el casco urbano del cantón Zaruma, provincia de El Oro*. 1–158. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21836?mode=full>

- Rosales, S. (2015). *DISEÑO DE UNA PROPUESTA TÉCNICA PARA LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS URBANOS*,. 151(september 2016), 10–17. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Society, I. B. (2016). Comparing Individual Means in the Analysis of Variance Author (s): John W . Tukey Published by : International Biometric Society Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/3001913> REFERENCES Linked references are available on JSTOR for this article : You . *Biometrics*, 5(2), 99–114.
- Solíz, M. F. (2015). Ecología política y geografía crítica de la basura en el Ecuador. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 17, 4–28. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1259>
- Zafra, A. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: sistemas de caja fija (SCF) A methodology for designing urban solid waste collection by means of extreme generation factors: fixed box systems (FBS). *AGOSTO DE*, 29(2), 119–126.
- Zumba, T. (2016). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA SÓLIDOS PARA LA PARROQUIA DE SAN ANDRÉS CANTÓN GUANO PROVINCIA DE CHIMBORAZO. AUTORA*. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3027/1/UNACH-ING-AMB-2016-0010.pdf>

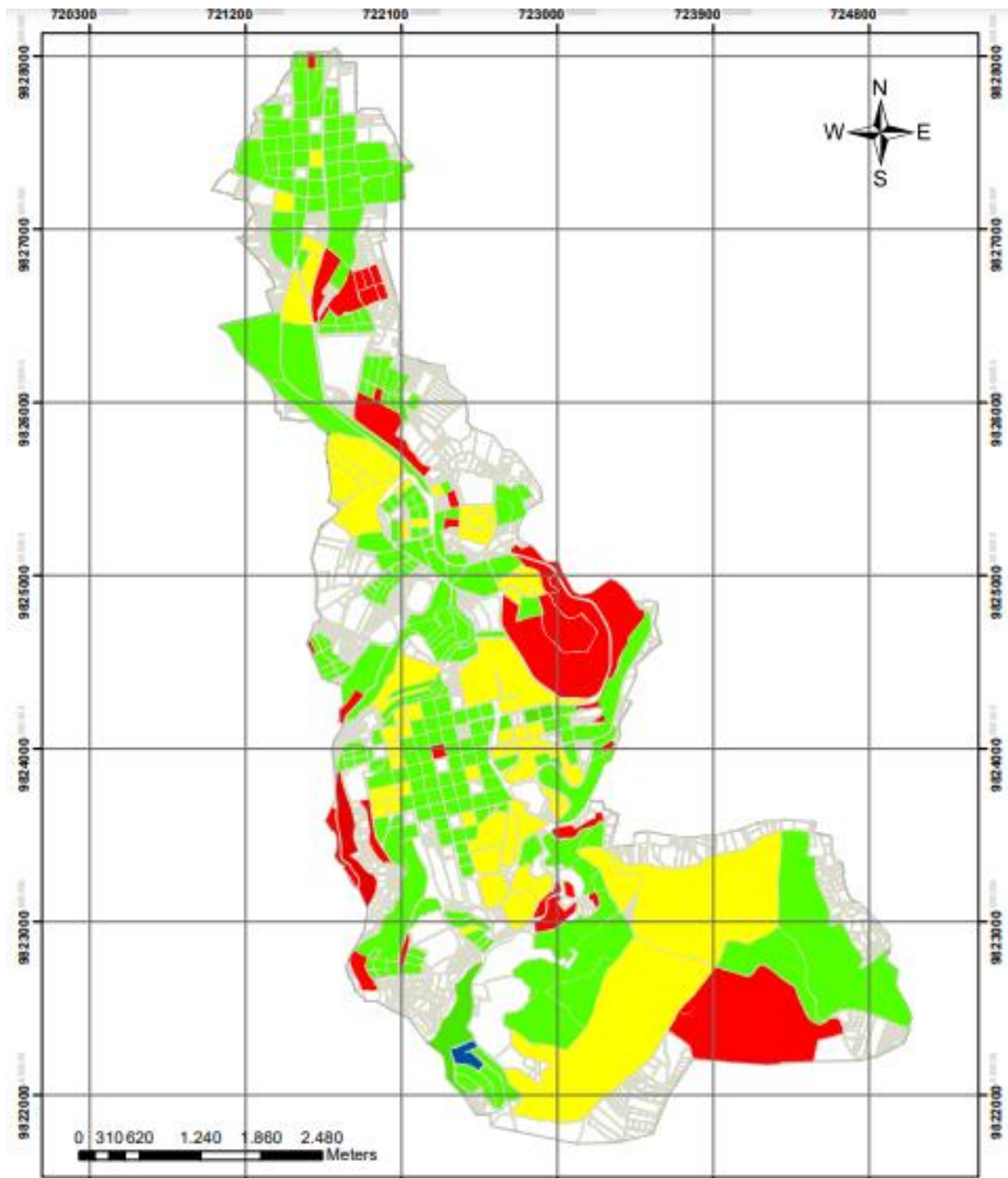
CAPÍTULO VII. ANEXOS






Anexo 1. Deficiencia de las rutas de recolección en el cantón Guaranda



Fuente: (Alarcón & Mayancha, 2024)

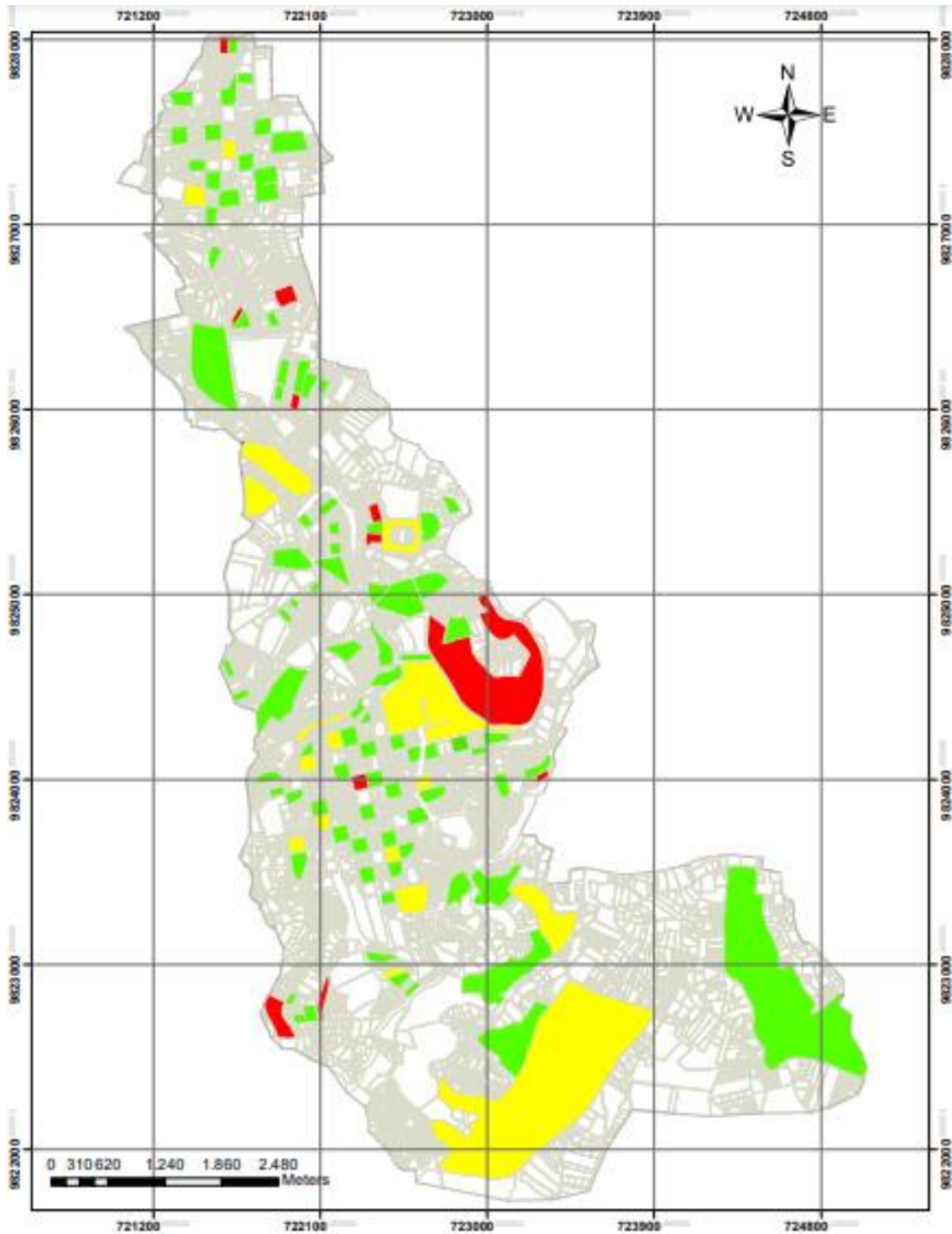
Anexo 2. Planimetría con la identificación de 4 estratos socioeconómicos



SIMBOLOGÍA:		 Unach UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO <small>Libera por su Gracia y su Honor</small>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
ESTRATO A			CONTIENE: MANZANAS IDENTIFICADAS SEGÚN EL ESTRATO SOCIOECONÓMICO. NOTA: MANZANAS NO SEÑALADAS, NO PERTENCEN AL USO DE SUELO DE TIPO RESIDENCIAL	TUTOR: ING. M.Sc. ALFONSO ARELLANO	INTEGRANTES: ISABEL ALARCÓN DANIELA MAYANCHA
ESTRATO B		FECHA: DD/MM/AA		LÁMINA: 1/1	FORMATO: A4
ESTRATO C					
ESTRATO D					

Fuente: (Alarcón & MayanCHA)

Anexo 5. Identificación de la muestra en la Planimetría Urbana



SIMBOLOGÍA:		 Unach UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO <small>Unión por la Universidad y el Estado</small>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
ESTRATO A			CONTIENE: MANZANAS IDENTIFICADAS SEGÚN EL ESTRATO SOCIOECONÓMICO. NOTA: MANZANAS NO SEÑALADAS, NO PERTENCEN AL USO DE SUELO DE TIPO RESIDENCIAL	TUTOR: ING. M.Sc. ALFONSO ARELLANO	INTEGRANTES: ISABEL ALARCÓN DANIELA MAYANCHA
ESTRATO B		FECHA: DD/MM/AA		LÁMINA: 1/1	FORMATO: A4
ESTRATO C					
ESTRATO D					

Fuente: (Alarcón & Mayancha)

Anexo 6. Resultado de la Caracterización Socioeconómica

N.	CÓDIGO	HABITANTES	NOMBRE DEL ENCUESTADO	CATEGORÍA
1	G-B01	6	María Muñoz	B
2	G-B02	9	Katherine Ortiz	B
3	G-B03	5	Margoth Isabel Chora	B
4	G-B04	3	Marjorie Durán	B
5	G-B05	4	Denise Loor Chica	B
6	G-B06	4	William García	B
7	G-B07	4	Rosa Ramírez	B
8	G-B08	4	Joffre López	B
9	G-B09	2	María Andagana	B
10	G-B10	6	Blanca Llumitaxi	B
11	G-B11	4	Henry Hinojoza	B
12	G-B12	4	Emma Peñafiel	B
13	G-B13	3	Diego García	B
14	G-B14	3	Jeniffer Silva	B
15	G-B15	3	Hugo Silva	B
16	G-B16	3	Evelyn Chaguaro	B
17	G-B17	4	Leyner Dávila	B
18	G-C01	1	Emerson Guambo	C
19	G-C02	7	Carmen Ramirez	C
20	G-C03	4	Valeria Borja	C
21	G-C04	5	Neyda Andrade	C
22	G-C05	4	Luz Álvarez	C
23	G-C06	5	Zoilita	C
24	G-C07	3	Mónica Rubio	C
25	G-C08	4	Magali Gualuntuña Dávila	C
26	G-C09	4	Omar Alarcón	C
27	G-C10	3	Juan Zúñiga	C
28	G-C11	3	Ronnie Verdezoto	C
29	G-C12	3	Carla Dávila	C
30	G-C13	4	David Galarza	C
31	G-C14	4	Isabel Silva	C
32	G-C15	4	Danú Isabela Galarza	C

33	G-C16	2	Magdalena Vásconez	C
34	G-C17	1	Milena García	C
35	G-C18	1	Mishell Chicaiza	C
36	G-C19	1	Angela Olalla Mora	C
37	G-C20	2	Sthevania Vásconez	C
38	G-C21	4	Miguel Ramos	C
39	G-C22	4	Yolanda Valdivieso	C
40	G-C23	3	Alicia Bastidas	C
41	G-C24	4	Alexandra Simaleza	C
42	G-C25	4	Guillermo Aragón	C
43	G-C26	3	Joselyn Ruiz	C
44	G-C27	3	Nahomi Realpe	C
45	G-C28	3	Patricia Tovar	C
45	G-C29	4	Andrés Zúñiga	C
47	G-C30	4	Marcia Pazmiño	C
48	G-C31	4	Maritza Peña	C
49	G-C32	3	Dennys Pilco	C
50	G-C33	4	Mishel Moyón	C
51	G-C34	4	Jonathan Galarza	C
52	G-C35	4	Stefania Arellano	C
53	G-C36	4	Beatriz Broncano	C
54	G-C37	2	Yesenia Guamán	C
55	G-C38	4	Cecilia Recalde	C
56	G-C39	3	Margoth Ledesma	C
57	G-C40	4	Henry Gonzalez	C
58	G-C41	3	Daniel Hermosa	C
59	G-C42	3	Maximiliano Mesa	C
60	G-C43	3	Mateo Realpe	C
61	G-C44	4	Adrian Gualuntuña	C
62	G-C45	4	Jonathan Espín	C
63	G-C46	3	Kathya Llerena	C
64	G-C47	3	Bryan Aguay	C
65	G-C48	4	Katherine Zúñiga	C
66	G-C49	4	Sayonara Sisalema	C

67	G-C50	4	Michelle Camacho	C
68	G-C51	3	Andrés Gaibor	C
69	G-C52	4	Carlos Balda	C
70	G-C53	4	María Miño	C
71	G-C54	4	María Moncayo	C
72	G-C55	4	Jaime López	C
73	G-C56	2	Ángel Ramírez	C
74	G-C57	2	Washington Pérez	C
75	G-C58	4	Mary Ruiz	C
76	G-C59	3	Ana Balarezo	C
77	G-C60	4	Miguel Montero	C
78	G-C61	3	Ángel Machado	C
79	G-C62	3	Ana Quintana	C
80	G-C63	3	Luis Peña	C
81	G-C64	3	Ángel Pico	C
82	G-C65	3	Saa Dolores	C
83	G-C66	4	Pablo Toscano	C
84	G-C67	2	Carlos Simaleza	C
85	G-C68	4	Lourdes Sánchez	C
86	G-C69	3	Vinicio Ballesteros	C
87	G-C70	4	Pedro Lucio	C
88	G-D01	3	Adrián Alarcón	D
89	G-D02	5	María Dolores Pungaña	D
90	G-D03	7	Ximena Beatriz Sisa	D
91	G-D04	5	Marcia Pazamiño	D
92	G-D05	6	Michelle Camacho	D
93	G-D06	4	Mauricio Robalino	D
94	G-D07	6	Paúl Robalino	D
95	G-D08	5	Rocío Cayambe	D
96	G-D09	5	Bryan Poma	D
97	G-D10	4	Sandy Nájera	D
98	G-D11	6	Mauro García	D

Fuente: (Alarcón & Mayancha)

Anexo 7. Registro fotográfico del proceso



Fotografía 1: Caracterización urbanística



Fotografía 2: Caracterización socioeconómica



Fotografía 3: Codificación de las viviendas



Fotografía 4: Entrega de fundas previo al enceramiento



Fotografía 5: Enceramiento



Fotografía 6: Recolección de muestras y entrega de fundas diarias



Fotografía 7: Traslado de muestras hacia el lugar de trabajo



Fotografía 8: Pesaje de muestras por estrato



Fotografía 9: Homogenización de RSU



Fotografía 10: Cuarteo de RSU



Fotografía 11: Pesaje del componente orgánico



Fotografía 12: Separación de componentes físicos



Fotografía 13: Eliminación de vacíos previo a la obtención de la densidad suelta



Fotografía 14: Pesaje del balde de 30 lt más residuos sólidos previo a la obtención de la densidad suelta