



Alcaldía de Medellín

1

INFORME DE LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR NO RESIDENCIAL DEL MUNICIPIO DE MEDELLÍN Y SUS CINCO CORREGIMIENTOS

## **Informe de la caracterización de residuos sólidos en el sector no residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos**

Consortio Residuos Sólidos Medellín  
Secretaría de Gestión y Control Territorial del Municipio de Medellín

Contrato Nro. 4600077223 de 2018 de caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial y no residencial del área urbana y rural de Medellín y sus cinco corregimientos

Para:

**ALCALDÍA DE MEDELLÍN**

Secretaría de Gestión y Control Territorial  
Subsecretaría de Servicios Públicos

Medellín  
2019





## **DIRECCIÓN**

Ana Paola Correa Gonzalez , Administradora Ambiental

## **SUPERVISIÓN**

Julia Alejandra Barrios Barrera, Ingeniera Ambiental

## **APOYO TÉCNICO DE SUPERVISIÓN**

Juan Felipe Hernández Galvis, Ingeniero Ambiental

Lina Marcela Duque Alzate, Ingeniera Ambiental

## **COORDINACIÓN TÉCNICA**

Katherin Rivera Echavarría, Ingeniera Química

## **COORDINADORES**

Jefferson Enrique Gutiérrez Medina, Ingeniero Ambiental

Maswel Andrey Ortiz Parra, Ingeniero Ambiental

Raúl Alberto Rangel Acosta, Ingeniero Ambiental

Jean Paul Retat Hernández, Ingeniero Ambiental

## **ASESORES**

Laura Vanessa González Londoño, Profesional en Estadística Cielo

Vargas Cardona, Profesional Social

Jorge Enrique Delgado Vélez, Profesional en Sistemas de Información





## AGRADECIMIENTOS

El Consorcio Residuos Sólidos Medellín agradece a la Secretaría de Gestión y Control Territorial, especialmente al equipo de la subsecretaría de Servicios públicos de la Alcaldía de Medellín, por el apoyo y acompañamiento en la ejecución del Estudio de caracterización de Residuos Sólidos en el sector no residencial del Municipio de Medellín y sus cinco Corregimientos.

Agradecemos a todas las empresas que participaron en la caracterización de los residuos, por brindarnos apoyo logístico para lograr el objetivo y por su tiempo para atendernos en todo momento. A su vez, agradecemos que se haya replicado la información de la caracterización de residuos sólidos en las Empresas.



Foto Alcaldía de Medellín





## ENTIDADES QUE PARTICIPARON EN EL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR NO RESIDENCIAL

### • SUBSECTOR INDUSTRIAL:

Panadería y repostería francachela s.a.s., laminaire s.a.s., industrial de bujes y herrajes s.a.s., laboratorios maría salomé sas, ci iblu sas, formacol, equipos técnicos y logística s.a. – equitel, c.i girdle & lingerie s.a.s (leonisa), claro oscuro enrollables sas, calzado orda, coltabaco s.a.s., giselle arango - taller de jabones, estruque s.a.s., speed solutions sas, estampados el taller s.a., pampa distribuciones s.a.s., calza kids s.a.s., estanterías metálica medellín s.a.s., productos rikata ltda, vimetal, listo el pollo colombia s.a.s., alfarera santa rita s.a., ferrocortes s.a.s., cuarto menguante obra en madera, tortas y tortas s.a., ventanas y puertas sas, idj s.a.s., procesos va s.a.s., c.i hermeco s.a., c.j bakery s.a.s - pull pan, el zarzal s.a., orthopraxis s.a.s., comercializadora feryins sas, confecciones millar sas, proexcar s.a.s., compañía plastica santricol, tapiformas, salamanca alimentos de calidad, makrocolchones, noelia hincapié, cortes y dobleces ltda, pinturas & yesos s.a., d carnes s.a., vittamor s.a.s., corporación de fomento asistencial del hospital universitario san vicente fundación, subligraphika s.a.s., tecnoquímica s.a.s., vitalum s.a.s., laboratorios mineralin s.a.s., umo s.a., reencauchadora mejía, bocadillos el caribe, fundiciones industriales s.a.s., avery dennison ruis colombia, impresiones rojo s.a.s., industrias cory s.a.s., ladrillera san cristóbal, dicolsa s.a.s., metalicas y estructuras la esperanza s.a.s., laboratorios herbaplant sas, industrias estra, rio chevi, tekvo sas, metal maquinados, fábrica de calzado 70 s.a., taller koré autos, plásticos goja, galvatubos s.a.s., industrias kent y sorrento s.a., hijo restrepo vásquez s.a.s., metalicas la 48 sas, vidrio nare, cosiendo ideas, pvc innovation s.a.s., vidrios cristales tamayo, taller julio franco s.a.s., sociedad industrial metal eléctrica s.a.s., ferrocortes g.m y cia s.a.s., generación 21 s.a.s., forros los d'afan, productos alimenticios la abundancia s.a.s., baterías ricardo cano, stean s.a.s., unicilindros s.a., panecillos y pastelitos s.a.s., taller eléctrico automotriz - tapicería el rodeo, alico, c.i. el globo s.a.s., productos alimenticios arco iris s.a.s., tonos litográficos, vayoplas s.a.s., amagran, montura el triunfo, inversiones talón s.a.s. – athlon, productora colombiana de materiales – procolmat, productos naturales de la sabana, cárnicos extra, varquímica, taller industrial m & b, industrias ovelma s.a.s., pisende, colplásticos s.a.s., técnicas guillermo álvarez (tecnigal), laboratorios ecar s.a., plásticos impresos cdv, tapicería y mueblería decomoda, el horno de mikaela s.a.s., laboratorio bachué s.a.s., taller industrial here, madecentro colombia sas, colorex limitada, aldus ltda, mecintrac sas, salva tus llantas sas, cauchos especiales malaca sas, ,everfit s.a., creaciones santé sa, empaquetaduras y empaques s.a., tostaditas susanita s.a.s., color y fashion international s.a.s., resortes hércules s.a., mármoles y servicios, landers y cía. s.a., servireencauche de medellín, plastextil s.a.s., dibtec s.a.s., inversiones lazus je sas, indurob s.a.s., monar sas (bocadillos frutirrey), pitillos cañitas, quimicolor.

### • SUBSECTOR CENTROS COMERCIALES:

Centro comercial el diamante, terminal del sur, punto clave, centro comercial del este, centro comercial la central ph, mall laureles centro comercial, plaza gardel centro comercial, gran via mall comercial, centro comercial aventura, centro comercial obelisco, centro comercial sandiego p.h., el union centro comercial - centro comercial el patio del union, centro comercial metro centro 1, c.c. paseo bolivar p.h., centro comercial villanueva.







- **SUBSECTOR PLAZAS DE MERCADO**

Plaza minorista de medellín, plaza de mercado campo valdes, placita de flores, plaza de mercado la américa.

- **SUBSECTOR OFICIAL:**

Plaza de la libertad, subestacion policia san cristobal, biblioteca publica piloto (biblioteca publica poblado), casa de gobierno san antonio de prado - municipio de medellin, parque biblioteca belen, biblioteca gabriel garcia marquez, idea, biblioteca quintana, casa de justicia robledo el diamante, biblioteca la ladera, comando de policia de antioquia, casa de gobierno altavista, educacion sapiencia, corporación ruta n, metroplus, a.c.i agencia de cooperacion e inversion de medellin y el area metropolitana, asociación de municipios, biblioteca publica corregimental altavista, alcaldía de medellin sede obreros de cobertura, secretaria de educación, casa de gobierno san sebastian de palmitas, casa de gobierno de santa elena, secretaria de inclusion - unidad de atencion para las victimas, area metropolitana del valle de aburra, instituto de cultura y patrimonio de antioquia, estacion de policia villa nueva, empresa de vivienda de antioquia, agencia para la gestion del paisaje, patrimonio y las alianzas publico - privadas, biblioteca pública piloto, casa de la cultura avila.

- **SUBSECTOR INSTITUCIONES EDUCATIVAS**

Colegio joaquin vallejo arboleda, nuestra señora del buen consejo, colegio marymount, i.e. la sierra, i.e. jose antonio galan, i.e. america, colegio lorenza villegas de santos, i.e. sor juana ines de la cruz, i.e. sagrada familia, i.e. santos angeles custodios, inem, i.e. san juan bosco, i.e. ramon munera lopera, i.e. alvernia, i.e. gilberto alzate avendaño, colegio mayor de antioquia, la avanzada, i.e. casd sección escuela contranal, i.e. san antonio de prado, i.e. el corazonista, colegio gimnasio los pinares, i.e. la pastora, i.e. compartir, i.e. juan xxiii, centro educativo pasos de amor, colegio san jose de la salle, san juan bautista de la salle, i. tecnico pascual bravo, i.e. pequeña maria fundacion aldea celeste, i.e. eduardo santos sede pedro j. gomez, i.e. altavista, i.e. rodrigo arenas betancur, centro infantil casita de ilusiones, preescolar colombianitos del futuro, i.e. manuel jose gomez serna, i.e. vida para todos, i.e. progresar, i.e. lola gonzalez sede primaria, i.e. san nicolas, i.e. plesbitero antonio jose bernal, i.e. la libertad, i.e. rafael uribe uribe, i.e. hector rogelio montoya, itm fraternidad, i.e. san pablo, i.e. lucitania de la paz colombia, centro educativo los delfines, universidad san buenaventura, i.e. pedro octavio amado, i.e. jardin nacional, i.e. jose horacio betancur, colegio juan andres patiño sede el cerro, corpocemped, i.e. el diamante, i.e. capilla del rosario, sec. educativa el diamante, i.e. marina orth, corporacion cendi, colegio calazans femenino, colegio vermont, i.e. federico ozanam, i.e. ciro mendia, i.e. javiera londoño, i.e. villa del socorro, colegio san ignacio, i.e. fundadores, colegio pestalozzi, escuela universidad nacional, centro educativo los pioneros, i.e. manuel jose cayzedo, i.e. maestro arenas betancur, colegio montessori, liceo san rafael, colegio palermo de san jose, escuela popular eucaristica, i.e. rafael garcia herreros, i. salesiano pedro justo berrio, c.e. juan andres patiño sede barro blanco, i.e. la presentacion, i.e. permanente mazo, i.e. san roberto belardino, i.e. alfonso upegui orozco, corporacion educativa tomas carrasquilla, i.e. el playon, i.e. octavio harry - jacqueline kennedy, colegio militar jose maria cordoba, colegio lujan, i.e. villa de la candelaria, i.e. fatima nutibara, colegio gente unida sede sagrada familia, i.e. la asuncion, i.e. barrio santa cruz, jardin infantil magico universo, colegio gente unida jovenes por la paz, jardin infantil pinocho, udea robledo, i.e. ramon giraldo ceballos, grupo formarte, fundación educativa san juan eudes, instruimos, i.e. pablo neruda, corporacion ser especial, i.e. samuel barrientos restrepo, i.e. yermo y parres, i.e. mariscal



robledo, colegio antares sede prado, fundacion universitaria esumer, colegio antares sede robledo, i.e. camilo mora carrasquilla, i.e tomas carrasquilla #2



- **SUBSECTOR SALUD:**

Cooperativa antioqueña de salud coopsana s.a., gustavo adolfo molina u., optica centro óptico villanueva, metrosalud estadio, avanza salud ips, instituto del tórax, clínica de fracturas de medellín s.a.s., hospital infantil santa ana, corporación de estudios en salud - ces san diego, fundación clínica noel, sociedad medica antioqueña s.a soma, dinámica manila ips, clínica de oftalmología san diego s.a., iq. interquirófano s.a., clínica el rosario, sinergia en salud s.a.s., ips odontología integral de castilla, alexandra gutiérrez, laborum sld s.a.s., diagnosticarte s.a.s., caja de compensación familiar de antioquia – comfama, isabel isaza - sandra escobar, aurora centro especializado en cáncer de piel sas, ana maría montoya - jaimé carizosa - richard baquero, clínica odontológica dra. erika, clínica juan fernando bojanini s.a.s., clínica antienvjecimiento dra. lucia castro, dentalike, asociación mutual santa clara., unidad alergológica s.a.s., centro de reconocimiento de conductores condumed ips sas, diana y alina, ips clínica odontológica dientes sanos, alejandro acosta, centro de salud picacho, meditec calidad en salud, labor y salud sede san juan.,simmetria, odontología y cirugía maxilofacial sas, centro médico la 67, asociación de lucha contra el cáncer medicáncer, inversiones damasalud s.a.s, clínica urgencias pediátricas s.a.s – urpedian, sociedad de anesthesiólogos las américas, ozono clínica s.a.s., abaco salud sas, ese metrosalud san antonio de prado, adolfo león lópez d., laboratorio clínico hematológico, adriana maría echavarría, lotero y osorio s.a.s - bio-lab laboratorio clínico.,dentialandia sas, clínica diagnostica vid, luis rodolfo gómez wolff, instituto colombiano del dolor, orlando garcés picón, alviva clínica, myriam patricia montes chica, suplimed hospitalario, gonzalo alberto ángel cano, i.p.s cooperativa de salud san esteban cta., juan fernando calle lemus, centro de ayudas diagnosticas maxilofacial - cadmax s.a.s., juan david cuartas tamayo, rehabilitación y deporte reyde, luis fernando ochoa s., clínica vida - fundación colombiana de cancerología clínica vida, centro de neurorrehabilitación bloom ips sas, instituto de coloproctología, centro de salud loreto – metrosalud, servicios médicos san ignacio - laboratorio smsi, buccal, consultora en salud ocupacional cinco s.a., corporación genesis salud ips – medimas, metrosalud el salvador, consultorio odontológico olga marleny londoño, metrosalud palmitas, luisa correa, diagnóstico y asistencia médica - dinámica ips, lyda loraine perez, empresa social del estado metrosalud altavista, alejandra rúa maza, centro de salud moravia – metrosalud, serenarte, alianza medellín antioquia eps s.a.s -savia salud eps, ortocare odontología especializada, centro de salud civiton – metrosalud, mentha estética dental, centro de salud y belleza matiz, intergastro s.a., helpharma almacentro, consultorio mauricio pineda, cedimed, unidad visual global, sodime s.a.s., mg salud clínica odontológica san ignacio ii, vibart dental clinic ips, hospital pablo tobón uribe, mónica maría zapata vida, centro de salud santa elena – metrosalud, pluripotencial sa - carlos eduardo velásquez córdoba, odontoclave s.a.s., jomedical, clínica de implantes dentales poblado de las vegas s.a., satori medical sas, clínica odontológica salud, estética y sonrisa, la clínica s.a.s., unidos salud oral integral,, dr. héctor dj iriarte garcía cirugía plástica y estética, centro san camilo ltda, maría victoria moreno mora, fresenius medical care colombia s.a., juan felipe jaramillo daza, consultorio odontológico alonso cano, daza y franco cirugía plástica, clínica medellín sede belén, ecoprado, unidad hospitalaria san javier - metro salud, prolab, corporación genesis salud - san diego, fundación colombiana de cancerología clínica vida, consultorio médico san javier, uroclin s.a.s., instituto del corazón, lab mesa cock ricardo aníbal s.a.s., artmedica, unidad de osteoporosis s.a.s., coomsocial ips sas, viva 1a ips, sonría belén, imágenes diagnosticas de antioquia sas, centro médico villa laura - metro salud, red humana sas, consultorio odontológico arte y ciencia dr. ricardo uribe, angela maría restrepo, orthoimagen.





## • SUBSECTOR COMERCIAL:

Francisco murillo s.a.s., forretodo s.a., mármoles y granitos de alicante s.a.s., envia colvanes s.a.s., comercializadora internacional de llantas s.a., comercializadora maxi tenis, r.p. medicas sa,, memo gorras, oxisalud sas, de moda, ingeniería de telecomunicaciones sas, denmark, hl combustibles s.a.s., ,creaciones xuxa, excedentes electrónicos adz, inversiones supervaquita la 33 s.a.s., antioqueña de automotores y repuestos s.a., distribuidora y salsamentaria valentina, colecciones exclusivas de textiles s.a., materiales emo s.a.s., inversiones jalbor s.a.s - full hogar, vaquita express, autolarte s.a., central de mangueras - central de bandas - cdemicdeb s.a., dya import & export sas, ambiente inmobiliario s.a., marllantas s.a., farmacia fundadores, macrollantas sas, j.a. grifos y enchapes, sumimega s.a.s., aqua trading s.a.s, ucayali s.a.s.,ferrovariedades botero, laboratorios funat - sol verde droguería la 70, confecarro, cnv construcciones s.a.s., mas finca producción, almacen rodamientos s.a., super huevo, multielectro s.a.s., alarcom alarmas gps, distribuidora pasteur s.a., r y r lubricantes s.a.s (oficinas adm), mobiliaria group ltda, suramericana de arrendamientos s.a., químicos y tintas alfa, mineros nacionales s.a.s., casa ferretera s.a., metro gas s.a.s., calzado el buho medellin s.a.s., muebles juventud s.a.s., ranking sports s.a.s. (tienda branchos), punto led, comercializadora aeromaquinados s.a.s., carnicería la colina, tuyo motor s.a., inter acril, cacharrería mundial s.a.s., euro nipón, ferretería los fierros s.a., codelectric madrigal, la tienda para el celular s.a.s., mercados la 53, mini mercado punto verde, supermercado d y m, cooperativa colanta, tierragro, ciclope, almacenes capiro, ferretería la 87, arrendamientos alnago, ferre amarilla, vikingos barber shop men, tecno mobile, supermotos de antioquia s.a.s., madepuertas w y m, todo led s.a.s., variedad de frutos geiver, pérez eléctricos s.a.s., ar express s.a.s., macofil s.a.s., deposito de medicamentos emes s.a.s., equielect s.a.s., ferretodito, tika s.a.s., centro de servicios crediticios s.a., almacén cachaludos, welcome b1 s.a.s., toni motos, de todo un poco la 70, petra group s.a.s.,distribuidora cultura etilica, comercializadora jagir s.a.s., creaciones puppet sas, milenio pc, caracas solution, celuoptica, vida acuática, materiales emo s.a.s., la perfumeria fragancias e insumos, atmopel s.a., puntos estilo colombia s.a.s., bazar americano s.a.s., figuras informales s.a.s., granero el platanal, mody marcas s.a.s., pisos y enchapes euro caribe, calzados y accesorios los jara, que locura, ferretería río frío s.a.s., ,almacén aventura, materiales y suministros vahos botero s.a.s., variedades la 92, pinturas idea s.a.s., de motos, distribuidora de muebles rigoberto ospina, ,sofia posada s.a.s., fga fondo de garantías s.a., importadora nipon s.a., inversiones merca z s.a., supermercado autoservicio 84, super almacen olimpica, madecentro colombia s.a., surticarnes los ángeles, almacén haby, mercaderia justo y bueno s.a.s., londoño gómez, jaisned importaciones s.a.s., efitrans, ferretería la luneta s.a.s., federación gremial de trabajadores de la salud "fedsalud", vision cosmetica s.a.s., agropecuaria central, telas e hilos de colombia, multi servicios palmitas, remates los espejos a y j, dumlux - iluminación led, botica junin, merque rico, tienda naturista orleany, cacharrería bombay, potenco s.a.s., solo envases, siempre bella luz, ideplast s.a., electropartes s.a.s., cremalleras y parabrisas belén, mundo alianza s.a., torre la vega suramericana de arrendamientos, jmg espacios en pvc s.a.s., creaciones vc s.a.s - happy kids, cueros velez s.a.s., restaurante bar kennedy, w estudios de colombia s.a.s., inversoras malla s.a – siroka, st. even s.a.s., medicamentos pos prado - farmacia dempos, nalsani s.a.s (totto), reforestadora integral de antioquia s.a., compretex s.a., empresa para la seguridad urbana -esu, f y c calzado cosmos, surtimax altavista, mussi zapatos s.a.s., oficinas familia, crystal s.a.s gef, callcenter, pash s.a.s – patrimo, comercializadora de servicios financieros s.a.s., c.i hermeco s.a., bbva colombia, supermercado mercoop, bbva colombia entidad bancaria, polos y mas, ,edificio bbva el poblado, creaciones monte blanco, nemco, master door internacional s.a.s., miguel moreno juan diego velásquez, gomez barreiro, francisco ochoa avalúos s.a.s.,



comercializadora etic s.a.s., raúl botero botero, marrocar s.a.s (feria del brasier y solo kukos), bbva seguros colombia s.a., las victorias s.a.s., ganadería barsovia, edificio bbva, inversiones botero peláez, asesoría contable oscar hugo.

- **SUBSECTOR RESTAURANTES:**

Cafetería jc, empanadas y palitos, de corazón resto café, restaurante tr3nando's, (grupo providencia) rapidogs mall de la mota, brasas de antioquia, restaurante alma, joe mix (que arepas) moll la mota, restaurante centro musical tribu america, mas pan, restaurante don jaime, trigo y laurel, restaurante rapido y delicioso, alsimon s ltda (sandwich q'bano), café a su gusto, caminito paisa, restaurante godob - salsamentaria la japonesa, restaurante el paisita, caseritos gourmet (juan guillermo zapata), pollos asados la 70, restaurante brasas de colombia, sazón america, restaurante bar genova, caryl sas / restaurante la margarita, pollo a la brasa con sabor caleño, restaurante bar midas, restaurante la casita, ama, pizza y café, restaurante makro chino, empanadas la estación s.a.s., restaurante gran china brillante, industria de alimentos don jacob, restaurante celestial, inversiones amor a dulce s.a.s., restaurante la nueva alpujarra, estación paisa parrilla, restaurante angus house, broosty rico, cafeteria anderson, tienda mixta laureles, restaurante la olla de petra, grupo empresarial princoverd, restaurante osmar, gastronomía y eventos empresariales sas (maru rico), restaurante tempers parrilla sas, pollo la delicia al carbon, restaurante el colmado, asados y comidas rapidas mexicanas (los asados), restaurante maria alitas ,burger king (kinco s.a.s), restaurante mi rancherito, nissi pizza, barbacoas burger y beer, restaurante chino emir, restaurante el chaparral de la 70, the grill station burger, tal cual restaurante s.a.s, ika restaurante, panadería y restaurante punto r, la melona, delicias altavista, restaurante tivoli, repostería el brasil, delicias de san benito, pollo al carbon la 49, ritmo y sazón paisa, cafeteria donde ara ,restaurante sol naciente, charcuteria d'rios, batifruta cosechas, panadería y repostería santa lucia, mi lugar ensaladas y café, inversiones en expansion la pastizzeria, asadero frosty, restaurante la esquina de octavio, villa delicia, restaurante la costeña, restaurante bar santa elena, molino y corral, paisa almuerzos.





## Tabla de contenido

Pág.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>   | <b>15</b> |
| <b>2. OBJETIVO GENERAL</b>   | <b>17</b> |
| <b>3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>  | <b>17</b> |
| <b>4. ALCANCE</b>  | <b>17</b> |
| <b>5. MARCO NORMATIVO</b>  | <b>18</b> |
| <b>6. JUSTIFICACIÓN</b>  | <b>21</b> |
| <b>7. DISEÑO METODOLÓGICO PARA EL SECTOR NO RESIDENCIAL</b>  | <b>22</b> |
| 7.1. Definición del objetivo de la investigación   |           |
| 7.2. Metodología de selección de la muestra  |           |
| 7.3. Descripción del Universo y unidades que lo conforman  |           |
| 7.4. Tamaño muestral   |           |
| 7.5. Distribución de la Muestra  |           |
| 7.6. Tamaños de Muestra para enviar a laboratorio en el Sector No Residencial  |           |
| <b>8. METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS PARA EL SECTOR NO RESIDENCIAL DE MEDELLÍN Y SUS CINCO CORREGIMIENTOS</b>        | <b>29</b> |
| 8.1. Recolección y aforo de muestras para el sector No Residencial de Medellín y sus cinco corregimientos                        |           |
| <b>9. RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA Y DENSIDAD PARA EL SECTOR NO RESIDENCIAL EN LOS CINCO CORREGIMIENTOS Y MEDELLÍN</b> | <b>32</b> |
| 9.1. Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector industrial  |           |
| 9.2. Resultados de la Producción Per Cápita y densidad en el subsector Centros Comerciales                                       |           |
| 9.3. Resultados de la de Producción Per Cápita y densidad en el subsector Oficial  |           |
| 9.4. Resultados de producción per cápita y densidad del subsector instituciones educativas                                       |           |
| 9.5. Resultados Producción Per Cápita y Densidad del Subsector Salud   |           |
| 9.6. Resultados Producción Per Cápita y Densidad del Subsector Restaurantes  |           |
| 9.7. Resultados Producción Per Cápita y Densidad del Subsector Plazas de Mercado   |           |
| 9.8. Resultados Producción Per Cápita y Densidad del Subsector Comercial   |           |
| <b>10. COMPOSICIÓN FÍSICA PORCENTUAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR NO RESIDENCIA</b>                                      | <b>91</b> |
| 10.1. Subsector industrial   |           |
| 10.2. Subsector centros comerciales  |           |





- 10.3. Subsector oficial
- 10.4. Subsector instituciones educativas
- 10.5. Subsector salud
- 10.6. Subsector restaurantes
- 10.7. Subsector plazas de mercado
- 10.8. Subsector comercial

---

**11. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y FITOTÓXICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR NO RESIDENCIAL** **150**

- 11.1. Resultados de los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos para el subsector Industrial
- 11.2. Resultados Parámetros físicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos para el subsector Centros comerciales
- 11.3. Resultados de los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos Para el subsector oficial
- 11.4. Resultados de los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos para el Subsector Instituciones Educativas
- 11.5. Resultados de los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos del subsector Salud
- 11.6. Resultados de los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos del subsector Restaurantes
- 11.7. Resultados de los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos del subsector Plazas de Mercado
- 11.8. Resultados de los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos del subsector Comercial
- 11.9. Análisis general de los resultados reportados por el laboratorio
- 11.10. Resultados del Poder Calorífico para las muestras del Sector No Residencial

---

**12. POTENCIAL USO DE RESIDUOS APROVECHABLES EN LOS DIFERENTES SUBSECTORES NO RESIDENCIALES** **186**

- 12.1. Aprovechamiento térmico
- 12.2. Aprovechamiento de residuos reciclables
- 12.3. Aprovechamiento de residuos orgánicos

---

**13. ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN EN EL SECTOR NO RESIDENCIAL EN MEDELLÍN** **201**

---

**14. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA** **208**

---

**15. CONCLUSIONES** **214**

---

**16. RECOMENDACIONES** **218**

---

**17. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA** **220**

---







## Lista de tablas

|                 |   | PÁGINA |
|-----------------|---|--------|
| <b>Tabla 1</b>  | Usuarios sector No residencial para Medellín y los cinco corregimientos   | 22     |
| <b>Tabla 2</b>  | Distribución de la muestra No residencial por subsectores   | 24     |
| <b>Tabla 3</b>  | Distribución acordada por muestreo por conveniencia   | 25     |
| <b>Tabla 4</b>  | Número de entidades a tener en cuenta de la muestra por subsector   | 27     |
| <b>Tabla 5</b>  | Resumen de clasificación según la composición de los residuos sólidos   | 30     |
| <b>Tabla 6</b>  | Resultados finales caracterización subsector Industrial – 131 empresas  | 32     |
| <b>Tabla 7</b>  | Resultados de la producción per cápita (PPC) para el sector industrial según estudios realizados en los años 2007, 2009, 2011, 2014 y 2018                      | 38     |
| <b>Tabla 8</b>  | Densidades de las muestras de acuerdo con la categoría dentro del subsector Industrial  | 39     |
| <b>Tabla 9</b>  | Análisis de Varianza de un factor para la diferencia de densidades medias entre los sectores de alimentos, metalurgia, manufactura, plásticos, química y otros. | 40     |
| <b>Tabla 10</b> | Resultados e la Producción per cápita en el subsector Industrial-Alimentos  | 41     |
| <b>Tabla 11</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Alimentos  | 42     |
| <b>Tabla 12</b> | Resultados de la PPC y la densidad del sector Industrial- Metalurgia  | 44     |
| <b>Tabla 13</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Metalurgia   | 45     |
| <b>Tabla 14</b> | Resultados de la PPC y densidad del subsector Industrial-manufactura  | 46     |
| <b>Tabla 15</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Manufactura  | 48     |
| <b>Tabla 16</b> | Resultados de los PPC y la densidad del sector Industrial-Plásticos   | 49     |
| <b>Tabla 17</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Plásticos  | 50     |





|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| <b>Tabla 18</b> | Resultados de la PPC y la Densidad para el subsector Industrial - Químicos  | <b>51</b> |
| <b>Tabla 19</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Químico  | <b>51</b> |
| <b>Tabla 20</b> | Resultados de la PPC y densidad para el subsector Industrial-otros  | <b>53</b> |
| <b>Tabla 21</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Otros  | <b>54</b> |
| <b>Tabla 22</b> | Producción per-cápita y densidad del sector no residencial -Centros comerciales   | <b>55</b> |
| <b>Tabla 23</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector Centros Comerciales   | <b>56</b> |
| <b>Tabla 24</b> | Producción per-cápita y densidad del sector no residencial - Oficiales  | <b>57</b> |
| <b>Tabla 25</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector Oficial   | <b>58</b> |
| <b>Tabla 26</b> | Producción per-cápita y densidad del sector no residencial -Instituciones Educativas                                      | <b>60</b> |
| <b>Tabla 27</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector Instituciones Educativas  | <b>64</b> |
| <b>Tabla 28</b> | Producción per-cápita y densidad del sector no residencial- Salud   | <b>66</b> |
| <b>Tabla 29</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector Instituciones Salud   | <b>72</b> |
| <b>Tabla 30</b> | Producción per-cápita y densidad del sector no residencial - Restaurantes   | <b>73</b> |
| <b>Tabla 31</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector Instituciones restaurantes  | <b>76</b> |
| <b>Tabla 32</b> | Producción per-cápita y densidad del sector no residencial- Plazas de Mercado   | <b>77</b> |
| <b>Tabla 33</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector Instituciones Plazas de Mercado   | <b>78</b> |
| <b>Tabla 34</b> | Producción per-cápita y densidad del sector no residencial- Plazas de Mercado   | <b>79</b> |
| <b>Tabla 35</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector Comercial   | <b>87</b> |
| <b>Tabla 36</b> | Resultados análisis estadístico para el subsector Comercial sin datos atípicos  | <b>87</b> |
| <b>Tabla 37</b> | Comparación de los Resultados de la PPC promedio para los estudios de caracterización del año 2014 y 2018 por subsectores | <b>88</b> |





|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Tabla 38</b> | Comparación de los Resultados de las densidades promedio para los estudios de caracterización del año 2014 y 2018 por subsectores               | <b>89</b>  |
| <b>Tabla 39</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial   | <b>91</b>  |
| <b>Tabla 40</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial alimentos   | <b>95</b>  |
| <b>Tabla 41</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Manufactura   | <b>99</b>  |
| <b>Tabla 42</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Metalurgia  | <b>103</b> |
| <b>Tabla 43</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Plásticos   | <b>107</b> |
| <b>Tabla 44</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Química   | <b>110</b> |
| <b>Tabla 45</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Otras industrias   | <b>114</b> |
| <b>Tabla 46</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Centros Comerciales  | <b>118</b> |
| <b>Tabla 47</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Oficial.   | <b>121</b> |
| <b>Tabla 48</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Instituciones Educativa  | <b>125</b> |
| <b>Tabla 49</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Salud  | <b>129</b> |
| <b>Tabla 50</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Restaurantes   | <b>134</b> |
| <b>Tabla 51</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Plazas de Mercados   | <b>137</b> |
| <b>Tabla 52</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Comercial  | <b>141</b> |
| <b>Tabla 53</b> | Componentes porcentuales de los residuos en los subsectores No Residenciales  | <b>145</b> |
| <b>Tabla 54</b> | Comparación de los porcentajes de residuos en los estudios de caracterización de residuos de los años 2014 y 2018 para el Sector No Residencial | <b>145</b> |
| <b>Tabla 55</b> | Convenciones usadas en los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos  | <b>153</b> |
| <b>Tabla 56</b> | Límites máximos permisibles para Metales Pesado según el Título F del RAS 2000 y la NTC 5167  | <b>154</b> |





|                 |  |            |
|-----------------|--|------------|
| <b>Tabla 57</b> | Parámetros fisicoquímicos para garantizar según la normatividad colombiana en residuos sólidos urbanos separados en fuente y productos agrícolas a partir de estos                   | <b>155</b> |
| <b>Tabla 58</b> | Límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos según la normatividad colombiana en residuos sólidos urbanos separados en fuente y productos agrícolas a partir de estos | <b>156</b> |
| <b>Tabla 59</b> | Porcentajes para macro contaminantes en muestras según NTC 5167  | <b>156</b> |
| <b>Tabla 60</b> | Resultados de metales pesados en Muestras del sector No residencial - Subsector Industrial   | <b>157</b> |
| <b>Tabla 61</b> | Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Industrial   | <b>157</b> |
| <b>Tabla 62</b> | Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencial-Subsector Industrial   | <b>158</b> |
| <b>Tabla 63</b> | Resultados parámetros Fitotóxicos en muestras del sector No residencial-Subsector Industrial   | <b>159</b> |
| <b>Tabla 64</b> | Resultados de metales pesados en muestra del sector No residencial- Subsector Centros Comerciales  | <b>159</b> |
| <b>Tabla 65</b> | Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestra del sector No residencial – Subsector centros Comerciales   | <b>160</b> |
| <b>Tabla 66</b> | Resultados de parámetros microbiológicos en muestra del sector No residencial- Subsector Centros Comerciales   | <b>161</b> |
| <b>Tabla 67</b> | Resultados de parámetros Fitotóxicos en muestra del sector No residencial -Subsector Centros Comerciales   | <b>161</b> |
| <b>Tabla 68</b> | Resultados de Metales pesados en Muestra del sector No residencial- Subsector Oficial  | <b>162</b> |
| <b>Tabla 69</b> | Resultados de parámetros fisicoquímicos en Muestra del sector No residencial- Subsector Oficial  | <b>162</b> |
| <b>Tabla 70</b> | Resultados de parámetros microbiológicos en muestra del sector No residencial - Subsector Oficial  | <b>163</b> |
| <b>Tabla 71</b> | Resultados de parámetros fitotóxicos en muestra del sector No Residencial- Subsector Centros Comerciales   | <b>163</b> |
| <b>Tabla 72</b> | Resultados de metales pesados en muestra del sector No Residencial- Subsector Instituciones Educativas   | <b>164</b> |
| <b>Tabla 73</b> | Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestra del sector No Residencial- Subsector Instituciones Educativas   | <b>165</b> |
| <b>Tabla 74</b> | Resultados Parámetros microbiológicos de muestras sector No residencial-Subsector Instituciones Educativas   | <b>165</b> |
| <b>Tabla 75</b> | Resultados Parámetros fitotóxicos de muestras sector No residencial-Subsector Instituciones Educativas   | <b>166</b> |





|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Tabla 76</b> | Resultados de metales pesados en muestras del sector No residencia-Subsector Salud                        | <b>166</b> |
| <b>Tabla 77</b> | Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Salud              | <b>167</b> |
| <b>Tabla 78</b> | Resultados de parámetros microbiológicos en muestras del sector No residencia-Subsector Salud             | <b>167</b> |
| <b>Tabla 79</b> | Resultados parámetros fitotóxicos en muestras del sector No residencia-Subsector Salud                    | <b>168</b> |
| <b>Tabla 80</b> | Resultados de metales pesados en muestras del sector No residencia-Subsector Restaurantes                 | <b>168</b> |
| <b>Tabla 81</b> | Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Restaurantes       | <b>169</b> |
| <b>Tabla 82</b> | Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Restaurantes       | <b>170</b> |
| <b>Tabla 83</b> | Resultados de parámetros fitotóxicos en muestras del sector No residencia-Subsector Restaurantes          | <b>170</b> |
| <b>Tabla 84</b> | Resultados de metales pesados en muestras del sector No residencia-Subsector Plazas de mercado            | <b>170</b> |
| <b>Tabla 85</b> | Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Plazas de mercado  | <b>171</b> |
| <b>Tabla 86</b> | Resultados de parámetros microbiológicos en muestras del sector No residencia-Subsector Plazas de mercado | <b>172</b> |
| <b>Tabla 87</b> | Resultados de parámetros fitotóxicos en muestras del sector No residencia-Subsector Plazas de mercado     | <b>172</b> |
| <b>Tabla 88</b> | Resultados de metales pesados en muestras del sector No residencia-Subsector Comercial                    | <b>173</b> |
| <b>Tabla 89</b> | Resultados de Parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Comercial          | <b>173</b> |
| <b>Tabla 90</b> | Resultados de parámetros microbiológicos en muestras del sector No residencia-Subsector Comercial         | <b>174</b> |
| <b>Tabla 91</b> | Resultados de parámetros fitotóxicos en muestras del sector No residencia-Subsector Comercial             | <b>174</b> |
| <b>Tabla 92</b> | Aplicación de procesos de incineración según metodología CEPIS  | <b>182</b> |
| <b>Tabla 93</b> | Resultados de poder calorífico por método práctico y porcentaje de Humedad                                | <b>186</b> |
| <b>Tabla 94</b> | Componentes porcentuales tenidos en cuenta para el cálculo de poder calorífico por métodos analíticos     | <b>183</b> |





|                  |   |            |
|------------------|---|------------|
| <b>Tabla 95</b>  | Resultados del poder calorífico por subsector mediante método analítico de (KUNITOSHI, 1998)                        | <b>183</b> |
| <b>Tabla 96</b>  | Resultados de poder calorífico promedio para el subsector No residencial por métodos analíticos                     | <b>184</b> |
| <b>Tabla 97</b>  | Residuos Susceptibles de Aprovechamiento como Materia Prima Secundaria  | <b>187</b> |
| <b>Tabla 98</b>  | Resumen de las posibles tecnologías que se pueden usar y los gestores en Medellín para diferentes tipos de residuos | <b>189</b> |
| <b>Tabla 99</b>  | Ventajas y desventajas de diferentes procesos para el aprovechamiento térmico de los RSU                            | <b>193</b> |
| <b>Tabla 100</b> | Parámetros geodésicos para la estructuración de la información espacial del proyecto                                | <b>213</b> |

### Lista de gráficos

|                   |  | <b>PÁGINA</b> |
|-------------------|--|---------------|
| <b>Gráfico 1</b>  | Gráfica de Dispersión de la producción per cápita del subsector Industrial - Alimentos         | <b>43</b>     |
| <b>Gráfico 2</b>  | Gráfica de Dispersión de datos producción per cápita del subsector Industrial – Metalurgia     | <b>45</b>     |
| <b>Gráfico 3</b>  | Gráfica de Dispersión de datos de producción per cápita del subsector Industrial – Manufactura | <b>48</b>     |
| <b>Gráfico 4</b>  | Gráfica de Dispersión de Producción per cápita del subsector Industrial – Plástico             | <b>50</b>     |
| <b>Gráfico 5</b>  | Gráfica de Dispersión de Producción per cápita en subsector Industrial – Químico               | <b>52</b>     |
| <b>Gráfico 6</b>  | Gráfica de Dispersión de producción per cápita del subsector Industrial – Otros                | <b>54</b>     |
| <b>Gráfico 7</b>  | Gráfica de Dispersión de datos de producción per cápita en 15 Centros Comerciales              | <b>56</b>     |
| <b>Gráfico 8</b>  | Gráfica de Dispersión de la producción per cápita en 30 Instituciones de Sector Oficial        | <b>59</b>     |
| <b>Gráfico 9</b>  | Gráfica de Dispersión de la producción per cápita en 110 Instituciones Educativas              | <b>65</b>     |
| <b>Gráfico 10</b> | Gráfica de Dispersión de datos de generación per cápita en el subsector Salud                  | <b>72</b>     |







|                   |   |            |
|-------------------|---|------------|
| <b>Gráfico 11</b> | Gráfica de Dispersión de datos de generación per cápita en el subsector Restaurantes                    | <b>76</b>  |
| <b>Gráfico 12</b> | Gráfica de Dispersión de datos de generación per cápita en el subsector Plazas de Mercado               | <b>78</b>  |
| <b>Gráfico 13</b> | Gráfica de Dispersión de datos de la producción per cápita en 191 empresas del Sector Comercial         | <b>87</b>  |
| <b>Gráfico 14</b> | Gráfica de Dispersión de producción per cápita en 189 empresas del Sector Comercial- Sin datos atípicos | <b>88</b>  |
| <b>Gráfico 15</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial                           | <b>93</b>  |
| <b>Gráfico 16</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial alimentos                 | <b>98</b>  |
| <b>Gráfico 17</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Manufactura.              | <b>102</b> |
| <b>Gráfico 18</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Metalurgia                | <b>105</b> |
| <b>Gráfico 19</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Plásticos                 | <b>109</b> |
| <b>Gráfico 20</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Química.                  | <b>113</b> |
| <b>Gráfico 21</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Otras industrias                     | <b>117</b> |
| <b>Gráfico 22</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Centros Comerciales                  | <b>120</b> |
| <b>Gráfico 23</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Oficial                              | <b>124</b> |
| <b>Gráfico 24</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Instituciones Educativas             | <b>128</b> |
| <b>Gráfico 25</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Salud                                | <b>132</b> |
| <b>Gráfico 26</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Restaurantes                         | <b>136</b> |
| <b>Gráfico 27</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Plazas de Mercados                   | <b>140</b> |
| <b>Gráfico 28</b> | Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Comercial                            | <b>143</b> |





|                   |   |            |
|-------------------|---|------------|
| <b>Gráfico 29</b> | Resumen de las composiciones porcentuales promedio de los residuos sólidos en el sector No Residencial  | <b>146</b> |
| <b>Gráfico 30</b> | Comparación gráfica de las composiciones físicas porcentuales promedios de los subsectores no residenciales del estudio de caracterización de residuos sólidos en Medellín en los años 2014-2018. | <b>148</b> |
| <b>Gráfico 31</b> | Promedio de los Residuos recuperables en el sector no residencial   | <b>149</b> |

### Lista de fotografías

|                     |  | <b>PÁGINA</b> |
|---------------------|--|---------------|
| <b>Fotografía 1</b> | Gráfica de Dispersión de la producción per cápita del subsector Industrial - Alimentos         | <b>203</b>    |
| <b>Fotografía 2</b> | Gráfica de Dispersión de datos producción per cápita del subsector Industrial – Metalurgia     | <b>203</b>    |
| <b>Fotografía 3</b> | Gráfica de Dispersión de datos de producción per cápita del subsector Industrial – Manufactura | <b>204</b>    |
| <b>Fotografía 4</b> | Gráfica de Dispersión de Producción per cápita del subsector Industrial – Plástico             | <b>204</b>    |
| <b>Fotografía 5</b> | Gráfica de Dispersión de Producción per cápita en subsector Industrial – Químico               | <b>205</b>    |
| <b>Fotografía 6</b> | Gráfica de Dispersión de producción per cápita del subsector Industrial – Otros                | <b>205</b>    |
| <b>Fotografía 7</b> | Gráfica de Dispersión de datos de producción per cápita en 15 Centros Comerciales              | <b>206</b>    |
| <b>Fotografía 8</b> | Gráfica de Dispersión de la producción per cápita en 30 Instituciones de Sector Oficial        | <b>206</b>    |
| <b>Fotografía 9</b> | Gráfica de Dispersión de la producción per cápita en 110 Instituciones Educativas              | <b>209</b>    |





## Lista de ilustraciones

|                      |  | PÁGINA |
|----------------------|--|--------|
| <b>Ilustración 1</b> | Diagrama del procedimiento para la caracterización de los residuos sólidos de Medellín y sus corregimientos  | 30     |
| <b>Ilustración 2</b> | Plataforma de la Bolsa de residuos y subproductos industriales   | 147    |
| <b>Ilustración 3</b> | Estructura general de almacenamiento para el proyecto de caracterización de residuos sólidos en el sector No Residencial del Municipio de Medellín | 210    |
| <b>Ilustración 4</b> | Estructura detallada de la Carpeta Geodatabase   | 210    |
| <b>Ilustración 5</b> | Estructura de la GDB para el Sector No Residencia  | 211    |
| <b>Ilustración 6</b> | Estructura de mapas para el sector Residencial y No Residencial  | 211    |
| <b>Ilustración 7</b> | Estructura detallada de la Carpeta DOCUMENTOS  | 217    |

## Lista de ecuaciones

|                    |  | PÁGINA |
|--------------------|--|--------|
| <b>Ecuación 1</b>  | Tamaño de la Muestra   | 23     |
| <b>Ecuación 2</b>  | Tamaño de muestras de una población finita o contable                                      | 26     |
| <b>Ecuación 3</b>  | Producción per cápita de residuos sólidos  | 32     |
| <b>Ecuación 4</b>  | Densidad de las muestras   | 32     |
| <b>Ecuación 5</b>  | Cálculo del Poder Calorífico Inferior  | 178    |
| <b>Ecuación 6</b>  | Poder Calorífico Inferior reemplazando G   | 179    |
| <b>Ecuación 7</b>  | Ecuación de Dulong para el cálculo del Poder Calorífico Inferior                           | 179    |
| <b>Ecuación 8</b>  | Ecuación de Ali Khan y Abu Gararah para el cálculo del Poder Calorífico Superior           | 180    |
| <b>Ecuación 9</b>  | Ecuación de Ali Khan y Abu Gararah para el cálculo del Poder Calorífico Inferior           | 180    |
| <b>Ecuación 10</b> | Ecuación de (KUNITOSHI, 1998) para el cálculo del Poder Calorífico Superior en base Seca   | 180    |
| <b>Ecuación 11</b> | Ecuación de (KUNITOSHI, 1998) para el cálculo del Poder Calorífico Superior en base Húmeda | 181    |
| <b>Ecuación 12</b> | Ecuación de (KUNITOSHI, 1998) para el cálculo del Poder Calorífico Inferior                | 186    |





## 1. INTRODUCCIÓN

La generación de residuos en los sectores económicos de una ciudad depende de diversos factores como el lugar en donde esté ubicada la entidad, el número de empleados, las políticas relacionadas con la gestión de los residuos, la normatividad, la época del año, las vacaciones, entre otros, de ahí que, las características de los residuos sólidos también varíen, es decir, la naturaleza de los residuos que se producen en cada sector, asociado a las diversas actividades económicas, se hace necesario analizar los resultados de manera diferenciada. Lo anterior permite tener un panorama amplio de la producción de residuos sólidos en la ciudad tanto de grandes, medianos y pequeños generadores que dinamizan la gestión de los residuos, desde la recolección, hasta la participación de otros actores o gestores de residuos diferentes a los ordinarios, debido a su masiva producción o a su naturaleza, como es el caso de los residuos peligrosos.

Un programa adecuado de gestión de los residuos sólidos urbanos debe estar enfocado en el diagnóstico de la problemática a nivel social y ambiental, además debe, identificar alternativas que sustenten la gestión de residuos como: la separación en la fuente, recolección, tratamiento y aprovechamiento de los residuos de acuerdo con su naturaleza, todo esto encaminado al desarrollo de un buen plan o en este caso, una estrategia para la gestión integral de residuos. El éxito de un PGIRS está en la participación, capacitación y educación ambiental de las personas.

Conocer y documentar la cantidad de residuos que se produce en Medellín, es indispensable para definir, diseñar e implementar procesos y planes de gestión, de acuerdo con la naturaleza de los residuos, de ahí, la importancia de saber qué tipo de residuos se generan en la ciudad; así mismo, es importante relacionar la cantidad y el tipo de residuos con otras características socio económicas tales como: la estratificación social, la ubicación geoespacial (comunidades y barrios), la presencia del servicio público de aseo, los proyectos de urbanismo, el ordenamiento vial y territorial, el porcentaje de aprovechamiento de los residuos, la cultura de separación en la fuente y, la generación de residuos especiales y peligrosos, entre otros.

El objetivo de las caracterizaciones de residuos sólidos, es tener datos fiables y la información siempre actualizada como la producción de residuos, separación en la fuente, reciclaje, percepción de los diferentes sectores No residenciales y su actividad económica, la gestión integral de residuos, para la lo cual es indispensable realizar periódicamente la caracterización de los residuos que permita planear y proyectar el servicio público de aseo en la ciudad conforme a las necesidades de la Ciudad y de los diferentes sectores económicos.

En esta ocasión, el consorcio residuos Sólidos Medellín 2018, bajo la supervisión de la Subsecretaría de Servicios públicos y bajo el marco del CONTRATO No. 4600077223 de 2018, realizó la caracterización de residuos sólidos de Medellín y sus cinco corregimientos en el sector residencial y no residencial.

En este informe final, se describen todas las actividades realizadas para lograr los objetivos del contrato, desde la planeación del trabajo de campo, la estrategia social que se usó para divulgar la realización de este, los resultados de la producción per cápita en Medellín por subsector y un promedio para el sector no residencial, se reportan los resultados para las variables, densidad, volumen, y generación diaria para cada subsector.







Se analizan los resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos más importantes a la luz de la normatividad colombiana, se reportan los resultados del componente de sistemas de información Geográfica en el desarrollo del contrato y, por último, se realiza un análisis de los residuos con más potencial de aprovechamiento según su naturaleza y cantidad.



**Fuente:** Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín.





## 2. OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización de los residuos sólidos generados en el sector no residencial del Municipio de Medellín.

## 3. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Elaborar el diagnóstico sobre caracterizaciones realizadas en el municipio de Medellín a partir de la información secundaria disponible en las entidades públicas y privadas involucradas en la gestión de residuos sólidos urbanos.
- Conocer la composición física química de los residuos sólidos del sector No residencial generados por subsectores económicos del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.
- Estimar la producción de residuos sólidos per cápita del sector No residencial del Municipio de Medellín y sus cinco Corregimientos por subsectores económicos.

## 4. ALCANCE

Conocer por estrato socioeconómico, la cantidad, composición y características físicas y químicas de los residuos sólidos no residenciales que se producen en el municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.



**Fuente:** Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín.





## 5. MARCO NORMATIVO



Colombia ha legislado generando una serie de normas que van desde las leyes, decretos, resoluciones, actos administrativos, entre otros documentos, que han trascendido en el tiempo debido a la realidad y dinamismo de las ciudades y el comportamiento de sus ciudadanos. Desde 1994 con la ley 142, el gobierno nacional viene adelantando políticas y tramitando normas para la gestión integral de los residuos sólidos, con la cual reguló la prestación de los servicios públicos incluyendo el servicio público de aseo y sus actividades complementarias como el aprovechamiento, para esto la Sentencia C-741 de 2003 el Gobierno Nacional permitió la vinculación de los actores como los recicladores y otros relacionados con la actividad de aprovechamiento, históricamente, la ejecución de dicha actividad estaba siendo realizada por organizaciones, grupos y personas naturales de modo independiente al servicio público. Dentro de estos grupos se encuentran los recicladores de oficio, población conformada por personas naturales que realizan de manera habitual los procesos de la recolección, transporte, clasificación y pesaje de material aprovechable, cuyo sustento económico se deriva de la realización de dichos procesos (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016).

Así mismo, dentro del marco normativo de servicios públicos, se expidió el Decreto 1077 de 2015 por medio de cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio en el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo; esto con el fin de garantizar que la recolección, transporte y aprovechamiento de los residuos sólidos sea de manera eficiente para evitar que todos los residuos sólidos sean destinados a un relleno sanitario.

Igualmente, el documento CONPES 3874 DE 2016 desarrolla la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario. Esta política se compone de cuatro ejes estratégicos. El primer eje busca adoptar medidas encaminadas hacia (i) la prevención en la generación de residuos; (ii) la minimización de aquellos que van a sitios de disposición final; (iii) la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; y (iv) evitar la generación de gases de efecto invernadero (REPÚBLICA DE COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, 2016). Apoyando las políticas ambientales y evitando el deterioro de la misma.

Dentro de las leyes y decretos que han legislado desde las diferentes instancias como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se destaca la Resolución 754 de 25/11/2014: "Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS"; el Decreto 351 de 19/02/2014 que reglamenta ambiental y sanitariamente la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades.

La normatividad relacionada con la gestión de los residuos en Colombia es aplicada desde diferentes organismos como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, el Departamento Nacional de Planeación y las instituciones locales, como la Alcaldía de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Cada una proporciona bien sea su alcance, leyes, decretos, resoluciones y lineamientos técnicos para una adecuada gestión de los residuos en Colombia, como los Planes de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, PGIRS, y para el sector no residencial la normatividad





asociada a los programas de pos consumo de residuos como son: las normas para el adecuado manejo de los residuos peligrosos, por ejemplo, el Decreto 351 de 2014, por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades, la Resolución 472 de 2017, por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos sólidos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones y el Decreto 284 del 2018 alusivo a la gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

Otros programas de pos consumo reglamentados son las llantas usadas y las bolsas plásticas, mediante la Resolución 1457 de 2010, relacionada con los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas y la Resolución 1397 de 2018, por la cual se adiciona a la resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas distribuidas en grandes superficies comerciales y almacenes de cadena, supermercados y farmacias de cadena elaborada para minimizar la cantidad de residuos plásticos que se producen con el fin de comprometer más a los diferentes gremios económicos del país.

A su vez, Colombia cuenta con una Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible que tiene como objetivo orientar el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana hacia la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la competitividad de las empresas y al bienestar de la población. Puntualmente en el tema de residuos sólidos, esta política contiene las siguientes líneas de acción: (i) desarrollo de sistemas de aprovechamiento de residuos a nivel regional; (ii) regulación del manejo de residuos en sectores como el de la construcción, la manufactura, el transporte, los alimentos, y los empaques y envases; (iii) desarrollo de la responsabilidad extendida del productor en sectores como el electrónico, el de pilas, baterías, llantas, el farmacéutico y el de productos químicos; (iv) fortalecimiento de los instrumentos económicos existentes y desarrollo de nuevos que promuevan la producción y el consumo sostenible; (v) articulación interinstitucional e intersectorial del Programa Nacional de Educación Ambiental para la producción y consumo sostenible; (vi) fortalecimiento de la capacidad de investigación aplicada de centros, instituciones, fundaciones y empresas, en materia de producción y consumo sostenible, y (vii) emprendimiento de negocios verdes (POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, 2016)

Se reconoce el esfuerzo del país y de la ciudad de Medellín por incluir dentro de sus planes de gobierno el tema de la gestión de los residuos, y en el ámbito local la Dimensión estratégica “Una apuesta de ciudad por el cuidado del medio ambiente”, en el punto 7.1.4. Gestión integral de Residuos Sólidos en el Plan de Desarrollo local del Municipio de Medellín 2016-2019 “Medellín Cuenta con vos”, ya que de esta manera y mediante estos programas, es que se materializan todas las acciones y los avances que ha tenido Medellín en el tema de la gestión de sus residuos.

Se destaca el Decreto 1077 de 2015 en su TÍTULO 2. SERVICIO PÚBLICO DE ASEO, manifiesta las obligaciones y deberes con respecto al tema de aprovechamiento de los residuos sólidos que tienen los municipios y distritos. Textualmente se enuncian los siguientes:

ARTICULO 2.3.2.2.3.89. “Aprovechamiento en el marco de los PGIRS. Los municipios y distritos al actualizar el respectivo plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS están en la obligación de diseñar, implementar y mantener actualizados, programas y proyectos sostenibles de aprovechamiento de residuos sólidos. En desarrollo de esta actividad deberán dar prioridad a los estudios de factibilidad sobre aprovechamiento de residuos. (Decreto 2981 de 2013, art. 90)”





ARTICULO 2.3.2.2.3.90. “Programa de aprovechamiento. En el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, el municipio o distrito deberá diseñar implementar y mantener actualizado un programa de aprovechamiento de residuos sólidos como parte del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos -PGIRS.

Parágrafo. A las autoridades ambientales competentes, les corresponde realizar el control y seguimiento de la ejecución del PGIRS, exclusivamente en lo relacionado con las metas de aprovechamiento y las autorizaciones ambientales que requiera el prestador del servicio de aseo, de conformidad con la normatividad ambiental vigente. (Decreto 2981 de 2013, art. 91)”.

“ Finalmente es cada persona la que toma la **decisión** de separar adecuadamente o no, independiente de que tenga a la mano un punto ecológico. ”





## 6. JUSTIFICACIÓN

A manera de justificación técnica y jurídica para la realización de este tipo de estudios de caracterización de residuos, se enuncia el ARTICULO 2.3.2.2.3.91. Viabilidad de los proyectos de aprovechamiento. “El ente territorial en el marco de los PGIRS deberá determinar la viabilidad de los proyectos de aprovechamiento de residuos, teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos, técnicos, operativos, financieros y comerciales, así como los beneficios, entre otros los ambientales”

Para que un proyecto sea viable según el artículo anterior, está el factor número 2, que remite a la “realización de la cuantificación y caracterización de los residuos para determinar el potencial de aprovechamiento, de acuerdo con sus propiedades y condiciones de mercado”; de ahí que se justifique y cobre aún más importancia realizar este tipo de proyectos para mantener actualizado el PGIRS de la ciudad.

De acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano/, 2012, la caracterización de los residuos se define como la “Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica”.

Esta actividad hace parte del Procedimiento particular para el desarrollo de sistemas de aseo urbano específicamente en el numeral **F1.4.1 Selección del Sistema**, cuyo objetivo es evaluar condiciones particulares de la población objetivo de cada proyecto, teniendo en cuenta, otros usuarios como los sectores comerciales, industrial, y en general identificar el mercado potencial para los productos que se obtengan mediante sistema con aprovechamiento viables.

Específicamente en el numeral **F1.4.1.3 Caracterización de los residuos sólidos**, se provee información acerca de las propiedades físicas, químicas y biológicas que deben analizarse según el nivel de complejidad del servicio y el tipo de sistema a diseñar. Además, se recomienda realizar los métodos de ensayo bajo las normas técnicas colombianas o normas técnicas internacionales, cuando las primeras no existan.

Todo lo anterior justifica realizar la caracterización de los residuos en el sector No residencial del Municipio de Medellín y sus corregimientos, y a su vez esto indica que es un tema de importancia para la Alcaldía, para la ciudadanía y para los diferentes sectores económicos que se estudiaron, además, que se debe seguir trabajando, actualizando datos, mejorando la gestión en todos los ámbitos que indica el decreto 1077 de 2015 en el título 2, como la recolección, transporte, aprovechamiento de los residuos según su naturaleza y el (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano/, 2012).





## 7. DISEÑO METODOLÓGICO PARA EL SECTOR NO RESIDENCIAL

### 7.1. Definición del objetivo de la investigación.

Conocer la composición física y química de los residuos sólidos en el sector no residencial por el tipo de subsector económico, en el Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

### 7.2. Metodología de selección de la muestra.

De acuerdo con la teoría de diseño de proyectos de investigación cualitativa de Rosa María Cifuentes Gil, uno de los enfoques más importantes que se plantean es el empírico analítico y descriptivo cualitativo. Las investigaciones que se desarrollan desde este enfoque buscan conocer de manera objetiva, externa y fáctica de los hechos de la realidad; sus causas, efectos, síntomas, problemas, manifestaciones. Los proyectos de investigación que se analizan desde este enfoque empírico analítico dan importancia a la medición, a la muestra y a la representatividad.

En este estudio de caracterización de la composición física y química de los residuos sólidos del sector No residencial, se busca conocer además los componentes que las conforman, la cantidad, los aspectos relacionados con el manejo de los residuos sólidos desde cada uno de los subsectores no residenciales del Municipio de Medellín y los cinco corregimientos.

### 7.3. Descripción del Universo y unidades que lo conforman.

La población objeto está constituida por todos los usuarios no residenciales ubicados al interior del perímetro urbano del Municipio de Medellín y sus cinco Corregimientos.

Los usuarios de Acueducto del sector no residencial se componen en comercial, industrial y oficial, de acuerdo con la información de la base de datos de la Secretaría de Gestión y Control Territorial y EPM subsidio y contribuciones, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1. Usuarios sector No residencial para Medellín y los cinco corregimientos**

| Sector       | Número de usuarios de acueducto en el sector no residencial |
|--------------|---|
| Comercial    | 50.548  |
| Industrial   | 4.661   |
| Oficial      | 1.030   |
| <b>Total</b> | <b>56.039</b>   |

**Fuente:** Base de Datos Secretaria de Gestión y Control Territorial y EPM Subsidio y Contribuciones





De acuerdo con los objetivos específicos del estudio y siendo ésta una investigación de carácter cuantitativo, **la unidad final de análisis la constituye la entidad de uso No residencial** ubicada en el perímetro urbano del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos.

## 7.4. Tamaño muestral.

Dentro de la especificaciones técnicas y obligaciones del pliego de condiciones del concurso de méritos, se estableció un número mínimo de 700 muestras distribuidas en los diferentes sectores económicos. Además, los siguientes cálculos se realizaron teniendo en cuenta las indicaciones del numeral F1.4.2.7 Número de muestras, del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano del 2012.

Se debe garantizar un nivel de confianza que exprese la certeza que se requiere dentro del margen de error, es decir, garantizar que en un 95% de los casos se obtenga el GPC promedio para Medellín por cada entidad. Ya que el número de entidades de los diferentes sectores No residenciales de Medellín es superior a 100.000, se comporta como una población infinita. Para lo anterior, se define la

**Ecuación 1 para el tamaño de muestra<sup>1</sup> es:**

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 * p * q}{\epsilon^2}$$

**Donde:**

**n:** Tamaño óptimo de la muestra

**p:** Probabilidad de éxito de que la GPC (generación per cápita) esté por debajo de la GPC promedio de Medellín.

**q:** Probabilidad de fracaso de que la GPC esté por debajo de la GPC promedio de Medellín.

**ε:** Error Muestral

### 7.4.1. Nivel de confianza y margen de error con el que se presentan los resultados.

Con lo definido en el punto anterior se definió un nivel de confianza del 95% y un (ε) error máximo de muestreo no superior al 3,7% en la estimación del Coeficiente de Generación Per Cápita (GPC) para un suscriptor del sector no residencial, elegido aleatoriamente del perímetro urbano de la ciudad de Medellín y sus corregimientos.

$Z_{\alpha/2}$ : 1,96 (valor definido en la tabla de la distribución normal)

$p$ : 0.5  $q$ : 0.5  $\epsilon$ : 3.7%



<sup>1</sup> <http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>





Con esto definido, el tamaño de la muestra mínimo para la zona urbana será:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,037^2} = 701.53$$

$$n = 701$$

Se podría llegar a concluir que se necesitan 701 muestras para garantizar que se realicen como mínimo 700 muestras, en las 16 comunas de Medellín y los cinco corregimientos que corresponden a la zona rural de Medellín, distribuidos en los ocho (8) subsectores, las cuales se obtendrán en una sola visita a los establecimientos no residenciales.

## 7.5. Distribución de la Muestra

Para la distribución de la muestra en el sector No residencial, se tuvo en cuenta un universo base para determinar la proporcionalidad del tamaño de cada subsector, este universo base, se extrajo de directorios de los sectores en páginas oficiales y se adquirió una base de datos en la Cámara de Comercio de Medellín clasificada por Códigos CIIU, además, se hizo un comparativo con la muestra realizada en la caracterización pasada.

Se tienen contemplados los siguientes sectores: oficial, industrial, hospitales, instituciones educativas, comercial, restaurantes, plazas de mercado y centros comerciales.

La primera propuesta para la distribución del tamaño de la muestra de la caracterización del sector no residencial se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2. Distribución de la muestra No residencial por subsectores**

| Sector   | Muestra por sector |
|--|--------------------|
| Oficial  | 22                 |
| Industrial                                       | 131                |
| Clínicas y hospitales                            | 140                |
| Plazas de Mercado                                | 2                  |
| Comercial  | 231                |
| Restaurantes (sin puestos de comidas ambulantes) | 50                 |
| Centros Comerciales                              | 15                 |
| Instituciones Educativas                         | 110                |
| <b>TOTAL</b>                                     | <b>701</b>         |

**Fuente:** Distribución estadística proporcional al tamaño del universo





Teniendo en cuenta otros factores como el tamaño de las empresas, la cercanía entre ellas, la disponibilidad de la información, se sugiere realizar un muestreo por conveniencia, este es un muestreo no probabilístico donde los sujetos son seleccionados por la accesibilidad, proximidad, disponibilidad y participación en la caracterización del proyecto, por lo tanto, la muestra se realizará a conveniencia para tener la mejor distribución y se acordó la muestra que se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3. Distribución acordada por muestreo por conveniencia**

| Sector                   | Muestra por sector |
|--------------------------|--------------------|
| Oficial                  | 30                 |
| Industrial               | 131                |
| Clínicas y hospitales    | 140                |
| Plazas de Mercado        | 4                  |
| Comercial                | 191                |
| Restaurantes             | 80                 |
| Centros Comerciales      | 15                 |
| Instituciones Educativas | 110                |
| <b>TOTAL</b>             | <b>701</b>         |

*Fuente: Equipo de Trabajo Consorcio Residuos Sólidos Medellín*

## 7.6. Tamaños de Muestra para enviar a laboratorio en el Sector No Residencial

Para realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los residuos sólidos del sector No Residencial, se deben componer muestras de los ocho sectores, teniendo una población finita a realizar de 701 muestras anteriormente calculadas, y sabiendo de antemano por parte de la supervisión del contrato que se deben llevar al laboratorio diecisiete (17) muestras, el conocimiento de la distribución muestral servirá de base teórica para hacer inferencia estadística.

El objetivo es determinar cuántas entidades por subsector se deben tener en cuenta, para obtener una muestra representativa que será llevada al laboratorio.

Este número se calcula con un tamaño de muestra de una población finita o contable<sup>2</sup>, que será el número de muestras por subsector, es decir, para el caso del sector oficial, el tamaño de la población total N, es 30, para el subsector Industrial N es igual a 131, y así con el resto

<sup>2</sup> <http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>





de los subsectores, ver Tabla 3. Para lo anteriormente definido la ecuación para el tamaño de muestra<sup>3</sup> es:

### Ecuación 2. Tamaño de muestras de una población finita o contable

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 N * P * Q}{e^2(N - 1) + (Z_{\alpha/2})^2 P * Q}$$

#### Donde:

**n** = es el tamaño de la muestra poblacional a obtener.

**N** = es el tamaño de la población total por Subsector, en este caso se toman los valores de la Tabla 3

**P** = proporción esperada, en este caso 2% = 0.02

**Q** = 1 - P, en este caso 1-0.02 = 0.98

**Z** = es el valor obtenido mediante niveles de confianza. Su valor es una constante, por lo general se tienen dos valores dependiendo el grado de confianza que se desee siendo 99% el valor más alto (este valor equivale a 2.58) y 92% (1.76) el valor mínimo aceptado para considerar la investigación como confiable.

**e** = representa el límite aceptable de error muestral, generalmente va del 1% (0.01) al 9% (0.09), para nuestro caso usaremos un 9%.

De acuerdo con lo anterior, y tomando como ejemplo el subsector oficial, se calcula la muestra para cada subsector, con esos valores:

$$n = \frac{(1,76)^2 * (30) * 0.02 * 0.98}{0.09^2(29) + (1,76)^2 0.02 * 0.98} = 6.16 \approx 6$$

Así, queda definido que el tamaño de la muestra, es decir, el número de empresas o entidades para tener en cuenta dentro de las 30 iniciales, de las cuales 6 muestras fueron enviadas al laboratorio.

Para el caso del sector Industrial, el cual se divide en seis subsectores, a saber: alimentos, químicos, plásticos, manufactura, metalurgia y otros, se acordó que 6 de las 17 muestras que serán analizadas en el laboratorio corresponderán a cada actividad económica anteriormente descrita, por lo cual, los valores de la fórmula para calcular n, son los siguientes:

<sup>3</sup> <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>



**Donde:**

**n** = es el tamaño de la muestra poblacional a obtener.

**N** = es el tamaño de la población total por Subsector, en este caso se toman los valores de la Tabla 3

**P** = proporción esperada, en este caso 8% = 0.08

**Q** = 1 – P, en este caso 1-0.08 = 0.92

**Z** = es el valor obtenido mediante niveles de confianza. Su valor es una constante, por lo general se tienen dos valores dependiendo el grado de confianza que se desee siendo 99% el valor más alto (este valor equivale a 2.58) y 92% (1.76) el valor mínimo aceptado para considerar la investigación como confiable.

**e** = representa el límite aceptable de error muestral, generalmente va del 1% (0.01) al 9% (0.09), para este caso se toma un 9%.

$$n = \frac{(1,76)^2 * (131) * 0,08 * 0,92}{0,09^2 (29) + (1,76)^2 0,08 * 0,92} = 23,31 \approx 23$$

Para el resto de los casos, se usaron los siguientes valores:

**Donde:**

**P** = proporción esperada, en este caso 7% = 0.07

**Q** = 1 – P, en este caso 1-0.07 = 0.93

**Z** = es el valor obtenido mediante niveles de confianza. Su valor es una constante, por lo general se tienen dos valores dependiendo el grado de confianza que se desee siendo 99% el valor más alto (este valor equivale a 2.58) y 92% (1.76) el valor mínimo aceptado para considerar la investigación como confiable.

**e** = representa el límite aceptable de error muestral, generalmente va del 1% (0.01) al 9% (0.09), para este caso se toma un 9%.

La distribución de entidades o de muestra por subsector no residencial que se deben tener en cuenta para obtener las muestras para enviar al laboratorio se puede apreciar en la Tabla 4.

**Tabla 4. Número de entidades a tener en cuenta de la muestra por subsector**

| Subsector             | Muestra por Subsector (N) | Entidades Para Sacar Muestra Para El Laboratorio (N) | Tamaño De Muestra A Laboratorio |
|-----------------------|---------------------------|--|---------------------------------|
| Oficial               | 30                        | 6  | 1                               |
| Industrial            | 131                       | 23   | 6                               |
| Clínicas y hospitales | 140                       | 10   | 2                               |





| Subsector                | Muestra por Subsector (N) | Entidades Para Sacar Muestra Para El Laboratorio (N) | Tamaño De Muestra A Laboratorio |
|--------------------------|---------------------------|--|---------------------------------|
| Plazas de Mercado        | 4                         | 2  | 1                               |
| Comercial                | 191                       | 11   | 2                               |
| Restaurantes             | 80                        | 10   | 2                               |
| Centros Comerciales      | 15                        | 5  | 1                               |
| Instituciones Educativas | 110                       | 10   | 2                               |
| <b>TOTAL</b>             | <b>701</b>                | <b>77</b>  | <b>17</b>                       |

**Fuente:** Equipo de Trabajo Consorcio Residuos Sólidos Medellín

La distribución calculada de las 17 muestras que se llevaron al laboratorio para el sector no residencial es proporcional porcentualmente al tamaño del sector y el tamaño de la muestra es un muestreo no probabilístico<sup>4</sup>. A excepción del caso del sector Industrial, por las razones anteriormente descritas. La distribución de los valores de las proporciones muestrales de todas las posibles muestras del mismo tamaño n, tomadas de la misma población<sup>5</sup> da la anterior posibilidad, como se muestra en la Tabla 4.

Las distribuciones muestrales adoptan diferentes formas según las estadísticas investigadas y las características de la población estudiada<sup>6</sup>. Una estadística muestral proveniente de una muestra aleatoria simple tiene un patrón de comportamiento (predecible) en repetidas muestras. Este patrón es llamado *distribución muestral de la estadística*. Por ejemplo, basta con tomar 10 muestras del sector Educación, de las 110 muestras totales, para tener un comportamiento predecible, ya que si se conoce la distribución muestral se puede hacer inferencia de todo el subsector, y así para todos los casos.

<sup>4</sup> Documento pdf adjunto a este escrito llamado: el muestreo.

<sup>5</sup> <ftp://ftp.ugalca.cl/profesores/gicaza/Clases/7Distribuciones%20Muestrales.pdf>

<sup>6</sup> <ftp://ftp.ugalca.cl/profesores/gicaza/Clases/7Distribuciones%20Muestrales.pdf>





## 8. METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS PARA EL SECTOR NO RESIDENCIAL DE MEDELLÍN Y SUS CINCO CORREGIMIENTOS

De acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano/, 2012, la caracterización de los residuos se define como la “Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica”.

Para determinar la cantidad y composición de los residuos sólidos que se producen en el sector no residencial, es necesario efectuar una caracterización de los residuos sólidos que tenga en cuenta no solo las características de cada subsector sino, además, las características que influyen en la producción de residuos de cada entidad visitada.

La caracterización se realizó mediante el método del cuarteo, procedimiento que permitió determinar tanto la densidad de los residuos, la producción per cápita y el porcentaje de materia orgánica, papel, cartón, vidrio, metales, tela, plásticos y el resto de clases de residuos que se generan en las entidades visitadas pertenecientes a los subsectores económicos definidos.

Como señala el numeral F1.4.2.5 del título F del RAS, se determinó el porcentaje en peso de cada uno de los subproductos o componentes que se clasificaron en cada muestra recolectada. El resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes debe ser como mínimo el 95% del peso total de la muestra.

### 8.1. Recolección y aforo de muestras para el sector No Residencial de Medellín y sus cinco corregimientos

En el municipio de Medellín, se tiene una recolección de 2 a 7 veces en zonas no residenciales y 3 veces al día en la zona 7, donde se generan mayor cantidad de residuos sólidos, lo cual está acorde con lo requerido en el artículo 2.3.2.2.2.3.32 del Decreto 1077 de 2015 (EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES - EMPRESAS VARIAS DE MEDELLIN S.A. E.S.P., 2018).

Se contó con una bodega en la cual, mediante la metodología de caracterización de muestras que se muestra en el diagrama de la **Ilustración 1** se realizó la recolección y aforo de las muestras de los diferentes subsectores que se eligieron para la caracterización del sector no residencial en Medellín y los cinco corregimientos.

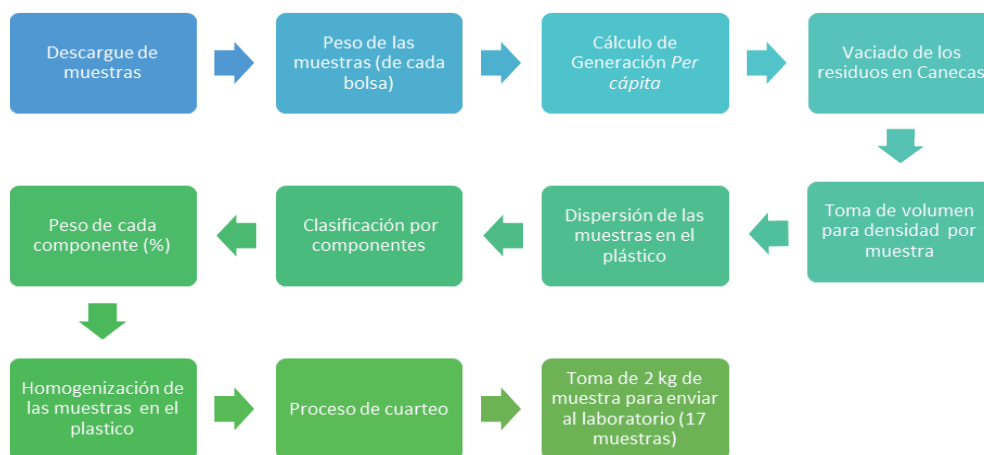
Este procedimiento va desde el descargue de las muestras hasta el pesaje de las bolsas para el cálculo de la producción per cápita y el cuarteo para sacar la muestra enviada al laboratorio.







### Ilustración 1. Diagrama del procedimiento para la caracterización de los residuos sólidos de Medellín y sus corregimientos



**Fuente:** Elaboración propia

Para la clasificación de los residuos sólidos en la bodega se usó el esquema de clasificación según la composición física de los residuos sólidos que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5. Resumen de clasificación según la composición de los residuos sólidos.**

| Biodegradable y putrescibles  | Ordinarios e inertes                                       | Especiales                      |
|---|--|---------------------------------|
| Residuos de alimentos   | Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas. | Escombros                       |
| Residuos de jardín y poda   | Papel no reciclable  | Llantas                         |
| MADERA  | Cartón no reciclable                                       | RAEE                            |
| PAPEL   | Plástico aluminizado                                       | PELIGROSOS                      |
| CARTÓN  | Icopor   | Madera Inmunizada               |
| PLÁSTICOS PET (1), PEAD (2), PVC (3), PEBD (4), PP (5), PS (6), OTROS PLÁSTICOS (7) | Tetra pack, Caucho, Cuero, tetra pack, cuero, espumas      | Biosanitarios y corto punzantes |
| VIDRIO  | Otro ordinarios y barrido                                  | Baterías, pilas y acumuladores  |
| METALES   |  | Baterías acido-plomo            |
| TEXTILES  |  | Lámparas fluorescentes          |
|   |  | Tóner y cintas de impresión     |

**Fuente:** Elaboración propia, basado en (Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio/ Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2012)





Algunas caracterizaciones se realizaron en las instalaciones de la entidad esto dependió del volumen de residuos que generaban, es decir, volúmenes altos de residuos debido a que tengan un número alto de personal o de población flotante, por ejemplo, en las plazas de mercado, Universidades y Hospitales grandes, se realizaron caracterizaciones en sitio.

Una vez concertada la cita con la entidad, el personal del Consorcio se desplazaba con todos los elementos necesarios para hacer las caracterizaciones en el sitio de acopio de residuos de las entidades. Estas caracterizaciones siguieron los mismos pasos que se enuncian en la

“ **Reciclar y reusar se convierten en oportunidades para desarrollar nuevos productos**, reducir costos de producción en una empresa o costos de limpieza en una ciudad, para crear consciencia ambiental en las personas y da paso a la innovación, al desarrollo de tecnologías y nuevos mercados. ”





## 9. RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA Y DENSIDAD PARA EL SECTOR NO RESIDENCIAL EN LOS CINCO CORREGIMIENTOS Y MEDELLÍN.

En este apartado, se presentan los resultados de la producción per cápita y de la densidad que se calcularon a partir de las caracterizaciones realizadas a los residuos sólidos de los diferentes subsectores en el sector No residencial de Medellín y sus cinco corregimientos.

La caracterización se realizó a los residuos sólidos que las entidades entregan al servicio público de aseo, es decir, que no se tuvieron en cuenta los residuos entregados a otros gestores de residuos como residuos peligrosos, reciclables o especiales, sin embargo, esta información se consolidó en las encuestas realizadas a las entidades.

Se usó el indicador de producción per cápita (PPC) en términos de (kg residuos/persona\*día), el cual relaciona la cantidad de residuos que se caracterizaron, el número de personas de las entidades (fijas y flotantes) y el tiempo de generación de los residuos, ver Ecuación 3

### Ecuación 3. Producción per cápita de residuos sólidos

$$\text{Producción per cápita de los R.S.: } \frac{(\text{Peso de la muestra}) \text{ en kg}}{\text{Número de personas} \times \text{día}}$$

Para la densidad se usó la Ecuación 4

### Ecuación 4. Densidad de las muestras

$$\text{Densidad de la muestra } \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(\text{Peso}_i - \text{Peso del recipiente}) \text{ en kg}}{\text{Volumen de la muestra en el recipiente en m}^3}$$

Para el cálculo de la producción per cápita en el sector no residencial se verificaron los datos de las encuestas, como número de empleados, ya sean directos o indirectos, la población flotante para el caso de los Centros comerciales, Plazas de mercado, Instituciones Educativas y los Centros de salud. Además, de los días de almacenamiento de los residuos. A continuación, se presentarán los resultados de la PPC y la densidad para cada subsector con su respectivo análisis

### 9.1. Resultados de la producción per cápita y densidad en el subsector industrial

Para este subsector se contactaron y caracterizaron 131 empresas con diferentes actividades económicas, factor que influye en la producción per cápita, además del número de empleados que laboran en estas y las estrategias de gestión de residuos que se identificaron en las empresas. Para realizar un mejor análisis las 131 empresas se agruparon en siete (7) categorías: Alimentos, metalurgia, químicos, plásticos, manufactura, química y otros, lo cual permitió asociar las variables que influyen en la producción per cápita con la actividad económica, reconociendo la diversidad entre ellas.





Tabla 6. Resultados finales caracterización subsector Industrial – 131 empresas

| ID | CATEGORIA   | N° EMPLEADOS | DÍAS APORTE | PPC (kg/persona*día) | GENERACIÓN DIARIA (kg/día) | DENSIDAD (Kg/m3) |
|----|-------------|--------------|-------------|----------------------|----------------------------|------------------|
| 1  | ALIMENTOS   | 58           | 1           | 0,133                | 7,7                        | 62,73            |
| 2  | METALURGIA  | 52           | 2           | 0,190                | 9,9                        | 69,31            |
| 3  | MANUFACTURA | 403          | 1           | 0,128                | 51,5                       | 50,67            |
| 4  | OTROS       | 120          | 1           | 0,183                | 21,9                       | 37,23            |
| 5  | MANUFACTURA | 77           | 1           | 0,752                | 57,9                       | 68,23            |
| 6  | MANUFACTURA | 670          | 2           | 0,082                | 54,8                       | 44,16            |
| 7  | MANUFACTURA | 30           | 2           | 1,658                | 49,75                      | 57,78            |
| 8  | MANUFACTURA | 111          | 2           | 0,155                | 17,2                       | 89,21            |
| 9  | MANUFACTURA | 122          | 1           | 0,011                | 1,4                        | 28               |
| 10 | ALIMENTOS   | 117          | 1           | 0,687                | 80,4                       | 87,13            |
| 11 | ALIMENTOS   | 20           | 3           | 2,804                | 56,07                      | 124,89           |
| 12 | METALURGIA  | 129          | 3           | 0,032                | 4,17                       | 90,71            |
| 13 | ALIMENTOS   | 190          | 1           | 0,495                | 94                         | 67,98            |
| 14 | METALURGIA  | 160          | 1           | 0,044                | 7,1                        | 40,56            |
| 15 | MANUFACTURA | 600          | 1           | 0,016                | 9,7                        | 40,46            |
| 16 | ALIMENTOS   | 211          | 3           | 0,029                | 6,2                        | 51,83            |
| 17 | MANUFACTURA | 25           | 1           | 0,184                | 4,6                        | 25,56            |
| 18 | ALIMENTOS   | 120          | 4           | 0,139                | 16,73                      | 134,67           |
| 19 | PLÁSTICO    | 3            | 2           | 0,133                | 0,4                        | 80               |
| 20 | MANUFACTURA | 3            | 1           | 0,067                | 0,2                        | 40               |
| 21 | METALURGIA  | 8            | 2           | 0,350                | 2,8                        | 70               |
| 22 | ALIMENTOS   | 32           | 1           | 1,078                | 34,5                       | 346              |
| 23 | QUÍMICOS    | 135          | 1           | 0,421                | 56,9                       | 42,2             |
| 24 | QUÍMICOS    | 22           | 1           | 0,123                | 2,7                        | 35               |
| 25 | QUÍMICOS    | 36           | 2           | 0,231                | 8,3                        | 44,31            |





| ID | CATEGORIA   | N° EMPLEADOS | DÍAS APORTE | PPC (kg/persona*día) | GENERACIÓN DIARIA (kg/día) | DENSIDAD (Kg/m3) |
|----|-------------|--------------|-------------|----------------------|----------------------------|------------------|
| 26 | OTROS       | 32           | 1           | 0,278                | 8,9                        | 64,29            |
| 27 | METALURGIA  | 48           | 1           | 0,504                | 24,2                       | 233,67           |
| 28 | MANUFACTURA | 40           | 3           | 0,448                | 17,9                       | 92,78            |
| 29 | MANUFACTURA | 86           | 3           | 0,025                | 2,13                       | 82,5             |
| 30 | MANUFACTURA | 30           | 1           | 0,173                | 5,2                        | 104              |
| 31 | PLÁSTICO    | 380          | 2           | 0,044                | 16,8                       | 40,64            |
| 32 | MANUFACTURA | 13           | 1           | 0,077                | 1                          | 100              |
| 33 | MANUFACTURA | 200          | 3           | 0,189                | 37,73                      | 168,86           |
| 34 | PLÁSTICO    | 13           | 3           | 1,221                | 15,87                      | 44,57            |
| 35 | PLÁSTICO    | 270          | 3           | 0,049                | 13,1                       | 76,78            |
| 36 | METALURGIA  | 46           | 1           | 0,043                | 2                          | 100              |
| 37 | MANUFACTURA | 4            | 1           | 0,100                | 0,4                        | 40               |
| 38 | MANUFACTURA | 6            | 1           | 0,100                | 0,6                        | 120              |
| 39 | METALURGIA  | 105          | 2           | 0,036                | 3,75                       | 43,75            |
| 40 | MANUFACTURA | 13           | 1           | 0,192                | 2,5                        | 38,46            |
| 41 | ALIMENTOS   | 93           | 1           | 0,171                | 15,9                       | 58,23            |
| 42 | MANUFACTURA | 54           | 1           | 0,131                | 7,1                        | 71               |
| 43 | ALIMENTOS   | 33           | 1           | 0,470                | 15,5                       | 110,83           |
| 44 | PLÁSTICO    | 1100         | 1           | 0,124                | 136,8                      | 78,06            |
| 45 | ALIMENTOS   | 102          | 1           | 0,075                | 7,7                        | 37               |
| 46 | PLÁSTICO    | 20           | 1           | 0,080                | 1,6                        | 40               |
| 47 | MANUFACTURA | 18           | 2           | 0,061                | 1,1                        | 73,33            |
| 48 | OTROS       | 17           | 1           | 1,488                | 25,3                       | 38,89            |
| 49 | ALIMENTOS   | 54           | 1           | 3,008                | 162,43                     | 132,37           |
| 50 | METALURGIA  | 8            | 2           | 0,106                | 0,85                       | 51,25            |





| ID | CATEGORIA   | N° EMPLEADOS | DÍAS APORTE | PPC (kg/persona*día) | GENERACIÓN DIARIA (kg/día) | DENSIDAD (Kg/m3) |
|----|-------------|--------------|-------------|----------------------|----------------------------|------------------|
| 51 | OTROS       | 5            | 2           | 0,250                | 1,25                       | 43,33            |
| 52 | MANUFACTURA | 28           | 3           | 0,199                | 5,57                       | 72,92            |
| 53 | PLÁSTICO    | 11           | 2           | 0,152                | 1,68                       | 50               |
| 54 | ALIMENTOS   | 80           | 3           | 0,339                | 27,13                      | 62,2             |
| 55 | MANUFACTURA | 4            | 2           | 0,338                | 1,35                       | 67,5             |
| 56 | QUÍMICOS    | 7            | 2           | 0,300                | 2,1                        | 52,5             |
| 57 | METALURGIA  | 10           | 3           | 0,037                | 0,37                       | 110              |
| 58 | MANUFACTURA | 22           | 1           | 0,068                | 1,5                        | 37,5             |
| 59 | MANUFACTURA | 33           | 1           | 0,248                | 8,2                        | 55,33            |
| 60 | ALIMENTOS   | 250          | 2           | 0,252                | 62,9                       | 100,09           |
| 61 | MANUFACTURA | 8            | 1           | 0,463                | 3,7                        | 123,33           |
| 62 | MANUFACTURA | 430          | 1           | 0,060                | 25,7                       | 65               |
| 63 | PLÁSTICO    | 80           | 1           | 2,644                | 211,5                      | 152,59           |
| 64 | MANUFACTURA | 17           | 1           | 0,135                | 2,3                        | 46               |
| 65 | ALIMENTOS   | 60           | 2           | 0,653                | 39,2                       | 78,32            |
| 66 | METALURGIA  | 170          | 1           | 0,026                | 4,5                        | 92               |
| 67 | QUÍMICOS    | 150          | 2           | 0,052                | 7,75                       | 82               |
| 68 | PLÁSTICO    | 290          | 2           | 0,036                | 10,55                      | 75,6             |
| 69 | MANUFACTURA | 708          | 1           | 0,100                | 70,5                       | 74,46            |
| 70 | MANUFACTURA | 4            | 3           | 0,692                | 2,77                       | 137,5            |
| 71 | MANUFACTURA | 1            | 1           | 0,100                | 0,1                        | 10               |
| 72 | MANUFACTURA | 46           | 3           | 0,011                | 0,5                        | 18,75            |
| 73 | ALIMENTOS   | 40           | 4           | 0,550                | 22                         | 82,61            |
| 74 | METALURGIA  | 9            | 1           | 1,333                | 12                         | 92,31            |
| 75 | METALURGIA  | 7            | 1           | 0,057                | 0,4                        | 40               |







| ID  | CATEGORIA   | N° EMPLEADOS | DÍAS APORTE | PPC (kg/persona*día) | GENERACIÓN DIARIA (kg/día) | DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|-------------|--------------|-------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 76  | MANUFACTURA | 79           | 1           | 0,190                | 15                         | 52,88                         |
| 77  | MANUFACTURA | 12           | 1           | 0,192                | 2,3                        | 115                           |
| 78  | METALURGIA  | 46           | 1           | 0,148                | 6,8                        | 138                           |
| 79  | ALIMENTOS   | 49           | 1           | 0,394                | 19,3                       | 81,67                         |
| 80  | ALIMENTOS   | 89           | 1           | 1,009                | 89,8                       | 155,52                        |
| 81  | MANUFACTURA | 20           | 1           | 0,715                | 14,3                       | 98,33                         |
| 82  | MANUFACTURA | 443          | 1           | 0,406                | 179,8                      | 543,42                        |
| 83  | PLÁSTICO    | 23           | 3           | 0,268                | 6,17                       | 160                           |
| 84  | ALIMENTOS   | 109          | 1           | 1,799                | 196,1                      | 184,04                        |
| 85  | MANUFACTURA | 18           | 2           | 0,122                | 2,2                        | 55                            |
| 86  | QUÍMICOS    | 8            | 1           | 0,413                | 3,3                        | 110                           |
| 87  | MANUFACTURA | 46           | 1           | 0,474                | 21,8                       | 55,75                         |
| 88  | MANUFACTURA | 15           | 2           | 0,220                | 3,3                        | 66                            |
| 89  | METALURGIA  | 68           | 1           | 0,315                | 21,4                       | 95,92                         |
| 90  | MANUFACTURA | 167          | 2           | 0,319                | 53,25                      | 91,06                         |
| 91  | ALIMENTOS   | 199          | 3           | 0,710                | 141,37                     | 53,53                         |
| 92  | MANUFACTURA | 180          | 2           | 0,638                | 114,9                      | 128,91                        |
| 93  | QUÍMICOS    | 63           | 1           | 0,225                | 14,2                       | 34,5                          |
| 94  | QUÍMICOS    | 15           | 1           | 0,380                | 5,7                        | 64,44                         |
| 95  | QUÍMICOS    | 30           | 1           | 0,513                | 15,4                       | 70,26                         |
| 96  | MANUFACTURA | 27           | 3           | 1,767                | 47,7                       | 130,87                        |
| 97  | METALURGIA  | 3            | 1           | 0,267                | 0,8                        | 160                           |
| 98  | OTROS       | 8            | 1           | 0,138                | 1,1                        | 15,71                         |
| 99  | METALURGIA  | 8            | 1           | 0,188                | 1,5                        | 25                            |
| 100 | METALURGIA  | 6            | 1           | 0,300                | 1,8                        | 36                            |





| ID  | CATEGORIA   | N° EMPLEADOS | DÍAS APORTE | PPC (kg/persona*día) | GENERACIÓN DIARIA (kg/día) | DENSIDAD (Kg/m3) |
|-----|-------------|--------------|-------------|----------------------|----------------------------|------------------|
| 101 | OTROS       | 4            | 12          | 1,433                | 5,73                       | 333,18           |
| 102 | PLÁSTICO    | 4            | 2           | 0,525                | 2,1                        | 42               |
| 103 | OTROS       | 12           | 1           | 0,450                | 5,4                        | 180              |
| 104 | METALURGIA  | 11           | 1           | 0,045                | 0,5                        | 16,67            |
| 105 | OTROS       | 3            | 1           | 0,433                | 1,3                        | 19,17            |
| 106 | OTROS       | 2            | 1           | 2,650                | 5,3                        | 132,5            |
| 107 | METALURGIA  | 55           | 1           | 0,027                | 1,5                        | 50               |
| 108 | MANUFACTURA | 3            | 1           | 1,300                | 3,9                        | 55,71            |
| 109 | MANUFACTURA | 700          | 1           | 0,023                | 16                         | 200              |
| 110 | MANUFACTURA | 20           | 1           | 0,120                | 2,4                        | 48               |
| 111 | OTROS       | 27           | 1           | 0,174                | 4,7                        | 52,22            |
| 112 | MANUFACTURA | 67           | 4           | 0,119                | 7,98                       | 54               |
| 113 | ALIMENTOS   | 245          | 3           | 0,074                | 18,23                      | 72,83            |
| 114 | QUÍMICOS    | 21           | 1           | 0,157                | 3,3                        | 41,25            |
| 115 | MANUFACTURA | 68           | 1           | 0,218                | 14,8                       | 70,48            |
| 116 | PLÁSTICO    | 18           | 1           | 1,278                | 23                         | 77,64            |
| 117 | QUÍMICOS    | 248          | 1           | 1,494                | 370,4                      | 109,7            |
| 118 | MANUFACTURA | 3            | 1           | 1,000                | 3                          | 300              |
| 119 | MANUFACTURA | 14           | 2           | 0,282                | 3,95                       | 88,89            |
| 120 | MANUFACTURA | 93           | 1           | 0,159                | 14,8                       | 92,5             |
| 121 | OTROS       | 30           | 1           | 0,277                | 8,3                        | 103,75           |
| 122 | OTROS       | 10           | 1           | 0,330                | 3,3                        | 165              |
| 123 | OTROS       | 430          | 2           | 0,221                | 94,85                      | 85,93            |
| 124 | OTROS       | 750          | 2           | 0,059                | 44                         | 61,18            |
| 125 | MANUFACTURA | 150          | 1           | 0,031                | 4,6                        | 30,63            |





| ID  | CATEGORIA  | N° EMPLEADOS | DÍAS APORTE | PPC (kg/persona*día) | GENERACIÓN DIARIA (kg/día) | DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|------------|--------------|-------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 126 | OTROS      | 43           | 3           | 0,163                | 7                          | 49,75                         |
| 127 | OTROS      | 47           | 1           | 0,621                | 29,2                       | 162,22                        |
| 128 | METALURGIA | 74           | 1,5         | 0,140                | 10,33                      | 131,67                        |
| 129 | METALURGIA | 41           | 1           | 0,307                | 12,6                       | 70                            |
| 130 | PLÁSTICO   | 15           | 1           | 0,920                | 13,8                       | 69                            |
| 131 | QUÍMICOS   | 38           | 2,5         | 1,531                | 58,16                      | 108,21                        |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7. Resultados de la producción per cápita (PPC) para el sector industrial según estudios realizados en los años 2007, 2009, 2011, 2014 y 2018.**

| Año estudio | Número de Unidades Generadoras | PPC (Kg/persona*día) | Desviación estándar |
|-------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| 2007        | 18                             | 1,84                 | 3,2                 |
| 2009        | 19                             | 0,8                  | 0,67                |
| 2012        | 41                             | 0,55                 | 0,51                |
| 2014        | 51                             | 0,18                 | 2,12                |
| 2018        | 131                            | 0,44                 | 0,58                |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las **Tabla 6 y Tabla 7**, el número de empresas que participaron en la caracterización es significativamente mayor con respecto a los estudios anteriores, con respecto al estudio del 2012 se incrementó la muestra en un 256%, además, se resalta que, con el fin de abarcar más territorio y empresas en las diferentes zonas de la ciudad, se distribuyeron de manera que quedaron ubicadas en 12 de las 16 comunas de Medellín y se tomaron en cuenta dos corregimientos, cada uno con una empresa.

Comparando los resultados con los años anteriores, se obtuvo una disminución significativa de la PPC con respecto al estudio del año 2014 el cual fue de (1.31 kg/persona\*día) y para este año la PPC para este subsector fue de (0.44 Kg/persona\*día).

Este resultado puede deberse a que dentro de las 131 empresa se tienen algunas con un número alto de empleados y una baja PPC y viceversa, sin embargo, no se puede atribuir





la disminución sólo a este parámetro, además en las visitas se notó que los procesos de gestión de residuos cada vez son más exigentes, lo que conlleva a obtener resultados positivos con respecto a la generación, es decir, tener puntos ecológicos, realizar campañas de sensibilización en el tema de separación y disposición de residuos dentro de las empresa, podría está surgiendo un efecto de disminución en la generación diaria de estas.

De acuerdo con lo anterior, y con el objeto de definir la influencia del proceso productivo, su nivel de tecnificación, procesos de control de calidad, gestión de residuos, entre otros y los residuos asociados a estos en la PPC, se hace necesario analizar cada subsector industrial para poder explicar mejor las diferencias con respecto a los estudios anteriores.

La densidad media de los subsectores puede ayudar a explicar la influencia de los procesos productivos inherentes a cada subsector en la PPC, se verificó entonces, las diferencias entre ellas. En la siguiente tabla se presentan las densidades de cada empresa separadas por categorías y para mayor facilidad de asociación con la Tabla 7, se ubicó el ID de cada una entre paréntesis antes del resultado.

**Tabla 8. Densidades de las muestras de acuerdo con la categoría dentro del subsector Industrial**

| ALIMEN-<br>TOS | MANUFACTURA |             | META-<br>LURGIA | PLÁSTICO    | QUÍMICOS     | OTROS        |
|----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|
| (1) 62,73      | (2) 50,67   | (55) 67,50  | (2) 69,31       | (19) 80,00  | (23) 42,20   | (4) 37,23    |
| (10) 87,13     | (5) 68,23   | (58) 37,50  | (12) 90,71      | (31) 40,64  | (24) 35,00   | (26) 64,29   |
| (11) 124,89    | (6) 44,16   | (59) 55,33  | (14) 40,56      | (34) 44,57  | (25) 44,31   | (48) 38,89   |
| (13) 67,98     | (7) 57,78   | (61) 123,33 | (21) 70,00      | (35) 76,78  | (56) 52,50   | (51) 43,33   |
| (16) 51,83     | (8) 89,21   | (62) 65,00  | (27) 233,67     | (44) 78,06  | (67) 82,00   | (98) 15,71   |
| (18) 134,67    | (9) 28,00   | (64) 46,00  | (36) 100,00     | (46) 40,00  | (86) 110,00  | (101) 333,18 |
| (22) 346,00    | (15) 40,46  | (69) 74,46  | (39) 43,75      | (53) 50,00  | (93) 34,50   | (103) 180,00 |
| (41) 58,23     | (17) 25,56  | (70) 137,50 | (50) 51,25      | (63) 152,59 | (94) 64,44   | (105) 19,17  |
| (43) 110,83    | (20) 40,00  | (71) 10,00  | (57) 110,00     | (68) 75,60  | (95) 70,26   | (106) 132,50 |
| (45) 37,00     | (28) 92,78  | (72) 18,75  | (66) 92,00      | (83) 160,00 | (114) 41,25  | (111) 52,22  |
| (49) 132,37    | (29) 82,50  | (76) 52,88  | (74) 92,31      | (102) 42,00 | (117) 109,70 | (121) 103,75 |
| (54) 62,20     | (30) 104,00 | (77) 115,00 | (75) 40,00      | (116) 77,64 | (131) 108,21 | (122) 165,00 |
| (60) 100,09    | (32) 100,00 | (81) 98,33  | (78) 138,00     | (130) 69,00 |              | (123) 85,93  |
| (65) 78,32     | (33) 168,86 | (82) 543,42 | (89) 95,92      |             |              | (124) 61,18  |





| ALIMENTOS   | MANUFACTURA  |              | METALURGIA   | PLÁSTICO | QUÍMICOS | OTROS        |
|-------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|--------------|
| (73) 82,61  | (37)40,00    | (85) 55,00   | (97) 160,00  |          |          | (126) 49,75  |
| (79) 81,67  | (38) 120,00  | (87) 55,75   | (99) 25,00   |          |          | (128) 162,22 |
| (80) 155,52 | (40) 38,46   | (88) 66,00   | (100) 36,00  |          |          |              |
| (84) 184,04 | (42) 71,00   | (90) 91,06   | (104) 16,67  |          |          |              |
| (91) 53,53  | (47) 73,33   | (92) 128,91  | (107) 50,00  |          |          |              |
| (113) 72,83 | (52) 72,92   | (96)130,87   | (128) 131,67 |          |          |              |
|             | (115) 70,48  | (108) 55,71  | (129) 70,00  |          |          |              |
|             | (118) 300,00 | (109) 200,00 |              |          |          |              |
|             | (119) 88,89  | (110) 48,00  |              |          |          |              |
|             | (120) 92,50  | (112) 54,00  |              |          |          |              |
|             | (125) 30,63  |              |              |          |          |              |

**Fuente:**

El análisis **Anova** es una prueba estadística que señala si las variables son dependientes o independiente, esta prueba está relacionada en base a si las medias de la variable dependiente (PPC) son diferentes en las categorías o grupos de la variable independiente (estratos). Es decir, señala si las medias entre dos o más grupos son similares o diferentes. Se usa un análisis **Anova** de un factor en cuando se quiere saber si las medias de una variable son diferentes entre los niveles o grupos de otra variable.

Acontinuación, en la **Tabla 9**, se presentarán los resultados de la prueba de análisis de varianza de la densidad para este subsector, en esta se encuentra que el valor  $p < 0.01$  (0.7029), es decir, que sí existen diferencias entre las densidades medias poblacionales de las diferentes categorías dentro del subsector Industrial, con una confianza de 95%.



**Tabla 9. Análisis de Varianza de un factor para la diferencia de densidades medias entre los sectores de alimentos, metalurgia, manufactura, plásticos, química y otros.**

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F          | Valor P    | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|------------|------------|----------------------|
| Entre grupos              | 14414,723         | 5                  | 2882,94459                | 0,59618406 | 0,70290742 | 2,28677072           |
| Dentro de los grupos      | 604457,749        | 125                | 4835,66199                |            |            |                      |
| Total                     | 618872,472        | 130                |                           |            |            |                      |

**Fuente:** Se puede decir entonces que, las distribuciones de las densidades son diferentes según su actividad económica, es decir, hay suficiente evidencia que cada categoría dentro del subsector Industrial debe ser tratado y analizado de forma independiente.

En las siguientes tablas y graficas se presentan los resultados según la división del subsector Industrial en las 6 actividades económicas que lo componen: alimentos, metalúrgicos, manufacturero, plásticos, químicos y otros.

### Industrias de Alimentos

Se tomaron en cuenta 20 muestras de empresas dedicadas a la producción de todo tipo de alimentos. Para el subsector de la industria de alimentos, los resultados se presentan en la tabla siguiente

**Tabla 10. Resultados de la Producción per cápita en el subsector Industrial- Alimentos**

| ID | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 1  | 58           | 1           | 0,132759              | 7,70                       | 62,73            |
| 10 | 117          | 1           | 0,687179              | 80,40                      | 87,13            |
| 11 | 20           | 3           | 2,803558              | 56,07                      | 124,89           |
| 13 | 190          | 1           | 0,494737              | 94,00                      | 67,98            |
| 16 | 211          | 3           | 0,029384              | 6,20                       | 51,83            |
| 18 | 120          | 4           | 0,139375              | 16,73                      | 134,67           |
| 22 | 32           | 1           | 1,078125              | 34,50                      | 346,00           |
| 41 | 93           | 1           | 0,170968              | 15,90                      | 58,23            |
| 43 | 33           | 1           | 0,469697              | 15,50                      | 110,83           |





| ID  | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 45  | 102          | 1           | 0,075490              | 7,70                       | 37,00            |
| 49  | 54           | 1           | 3,007963              | 162,43                     | 132,37           |
| 54  | 80           | 3           | 0,339167              | 27,13                      | 62,20            |
| 60  | 250          | 2           | 0,251600              | 62,90                      | 100,09           |
| 65  | 60           | 2           | 0,653333              | 39,20                      | 78,32            |
| 73  | 40           | 4           | 0,550000              | 22,00                      | 82,61            |
| 79  | 49           | 1           | 0,393878              | 19,30                      | 81,67            |
| 80  | 89           | 1           | 1,008989              | 89,80                      | 155,52           |
| 84  | 109          | 1           | 1,799083              | 196,10                     | 184,04           |
| 91  | 199          | 3           | 0,710385              | 141,37                     | 53,53            |
| 113 | 245          | 3           | 0,074422              | 18,23                      | 72,83            |

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 11, se presenta el análisis estadístico para este tipo de industrias,

**Tabla 11. Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Alimentos**

| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3)           | 104,22   | 68,57               | 74,17                  | 134,28       |
| Volumen Diario (m3)        | 0,93     | 1,13                | 0,44                   | 1,43         |
| Generación Diaria (Kg/día) | 55,66    | 55,68               | 31,25                  | 80,06        |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 0,74     | 0,85                | 0,37                   | 1,12         |

**Fuente:** Elaboración propia



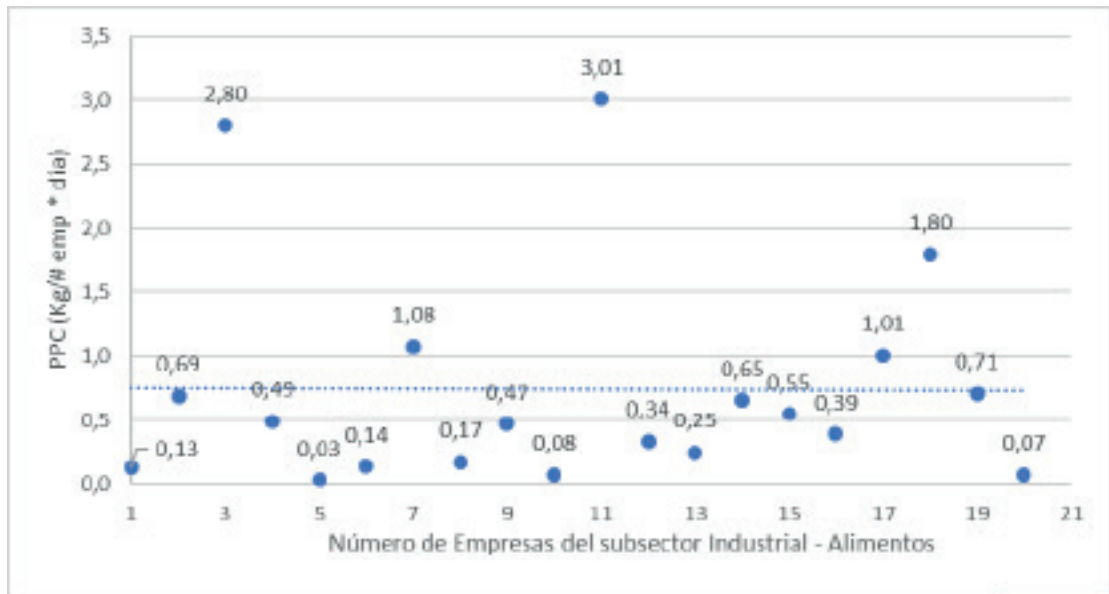




La PPC promedio para este subsector fue de 0,74 (kg/emp\*día) y la densidad promedio fue de 104,22 kg/m<sup>3</sup>, a comparación del estudio pasado, en donde la PPC dio 1,09 y la densidad 143,11, se puede atribuir al volumen de las muestras caracterizadas ya que, en este año, el valor promedio fue de 0,93m<sup>3</sup> y el valor promedio para el 2014 fue de 3,20m<sup>3</sup>.

En el Gráfico 1, se muestra la dispersión de los datos para la PPC de las industrias de alimentos.

**Gráfico 1. Gráfica de Dispersión de la producción per cápita del subsector Industrial - Alimentos**



**Fuente:** Elaboración propia

La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0.85; el cual está cerca de la media (0.74), lo cual explica que hay homogeneidad en los datos, como se puede ver en el Gráfico 1. Para el caso de la desviación estándar de la densidad (68,57), se encuentra un poco alejado de la media, lo que atribuye heterogeneidad en esta variable, esto puede deberse a que como esta variable depende el volumen y de la generación diaria, que son muy variables, hacen que aumente la heterogeneidad en los datos, además de la temporalidad de la variable, es decir, cambia con el tiempo, pues no todos los días se produce la misma cantidad de residuos en estas industrias ya que depende de picos de producción, entregas, compras, precios de materias primas, entre otras.

Con respecto a los intervalos de confianza, para todas las variables, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos, como es el caso, ver **Tabla 11**.

## Industrias de Metalurgia

En esta categoría se consideraron aquellas empresas que están dedicadas a la transformación de metales y producción de ellos. Del total de la muestra 21 empresas se dedican a esta actividad económica, en la **Tabla 12** se puede ver los resultados





Tabla 12. Resultados de la PPC y la densidad del sector Industrial- Metalurgia

| ID  | N° empleados flotantes | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 2   | 52                     | 2           | 0,190385              | 9,90                       | 69,31            |
| 12  | 129                    | 3           | 0,032300              | 4,17                       | 90,71            |
| 14  | 160                    | 1           | 0,044375              | 7,10                       | 40,56            |
| 21  | 8                      | 2           | 0,350000              | 2,80                       | 70,00            |
| 27  | 48                     | 1           | 0,504167              | 24,20                      | 233,67           |
| 36  | 46                     | 1           | 0,043478              | 2,00                       | 100,00           |
| 39  | 105                    | 2           | 0,035714              | 3,75                       | 43,75            |
| 50  | 8                      | 2           | 0,106250              | 0,85                       | 51,25            |
| 57  | 10                     | 3           | 0,036667              | 0,37                       | 110,00           |
| 66  | 170                    | 1           | 0,026471              | 4,50                       | 92,00            |
| 74  | 9                      | 1           | 1,333333              | 12,00                      | 92,31            |
| 75  | 7                      | 1           | 0,057143              | 0,40                       | 40,00            |
| 78  | 46                     | 1           | 0,147826              | 6,80                       | 138,00           |
| 89  | 68                     | 1           | 0,314706              | 21,40                      | 95,92            |
| 97  | 3                      | 1           | 0,266667              | 0,80                       | 160,00           |
| 99  | 8                      | 1           | 0,187500              | 1,50                       | 25,00            |
| 100 | 6                      | 1           | 0,300000              | 1,80                       | 36,00            |
| 104 | 11                     | 1           | 0,045455              | 0,50                       | 16,67            |
| 107 | 55                     | 1           | 0,027273              | 1,50                       | 50,00            |
| 128 | 74                     | 1,5         | 0,139640              | 10,33                      | 131,67           |
| 129 | 41                     | 1           | 0,307317              | 12,60                      | 70,00            |

Fuente: Elaboración propia





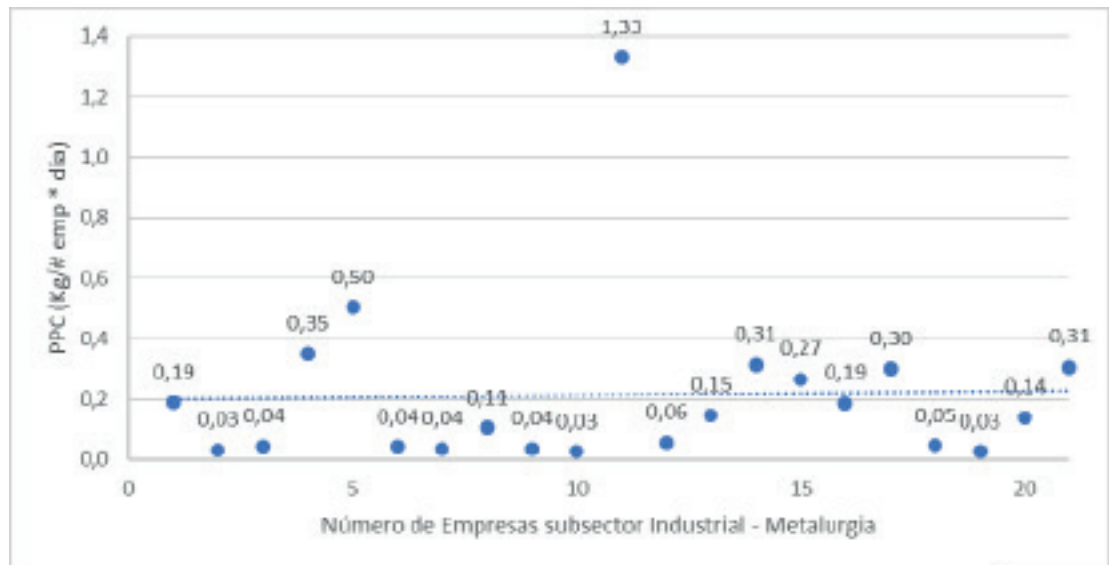
Las variables calculadas en la anterior tabla se analizaron desde el punto de vista estadístico, los resultados se presentan en la Tabla 13.

**Tabla 13. Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Metalurgia**

| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3)           | 83,66    | 51,58               | 61,60                  | 105,72       |
| Volumen Diario (m3)        | 0,11     | 0,10                | 0,06                   | 0,15         |
| Generación Diaria (Kg/día) | 6,16     | 6,80                | 3,25                   | 19,49        |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 0,21     | 0,29                | 0,09                   | 0,34         |

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfico 2. Gráfica de Dispersión de datos producción per cápita del subsector Industrial – Metalurgia**



**Fuente:** Elaboración propia

En el **Gráfico 2**, se muestra la dispersión de los datos para la PPC de las industrias dedicadas a la metalurgia y aparece un posible dato atípico, sin embargo, se descarta porque se encuentra en el rango de los valores de la PPC. La desviación estándar de la PPC para este caso fue de 0,29; el cual está cerca de la media (0,21), lo cual explica que hay homogeneidad en los datos. La desviación estándar para el Volumen diario y la generación diaria, también están cercanas a la media, lo cual corrobora la homogeneidad de los datos.

Para el caso de la desviación estándar de la densidad (51,58), también se encuentra un poco alejado de la media, Lo que puede agregar heterogeneidad en esta variable. Con respecto





a los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos, como es el caso, ver **Tabla 13**.

## Industrias de Manufactura

Se tomaron en cuenta 49 muestras de empresas dedicadas a la producción manufacturera ropa y diferentes artículos en la ciudad. Para el subsector de la industria manufacturera, los resultados se presentan en la tabla siguiente

**Tabla 14. Resultados de la PPC y densidad del subsector Industrial-manufacturera**

| ID | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 3  | 403          | 1           | 0,127792              | 51,50                      | 50,67            |
| 5  | 77           | 1           | 0,751948              | 57,90                      | 68,23            |
| 6  | 670          | 2           | 0,081791              | 54,80                      | 44,16            |
| 7  | 30           | 2           | 1,658333              | 49,75                      | 57,78            |
| 8  | 111          | 2           | 0,154955              | 17,20                      | 89,21            |
| 9  | 122          | 1           | 0,011475              | 1,40                       | 28,00            |
| 15 | 600          | 1           | 0,016167              | 9,70                       | 40,46            |
| 17 | 25           | 1           | 0,184000              | 4,60                       | 25,56            |
| 20 | 3            | 1           | 0,066667              | 0,20                       | 40,00            |
| 28 | 40           | 3           | 0,447500              | 17,90                      | 92,78            |
| 29 | 86           | 3           | 0,024806              | 2,13                       | 82,50            |
| 30 | 30           | 1           | 0,173333              | 5,20                       | 104,00           |
| 32 | 13           | 1           | 0,076923              | 1,00                       | 100,00           |
| 33 | 200          | 3           | 0,188667              | 37,73                      | 168,86           |
| 37 | 4            | 1           | 0,100000              | 0,40                       | 40,00            |
| 38 | 6            | 1           | 0,100000              | 0,60                       | 120,00           |
| 40 | 13           | 1           | 0,192308              | 2,50                       | 38,46            |
| 42 | 54           | 1           | 0,131481              | 7,10                       | 71,00            |
| 47 | 18           | 2           | 0,061111              | 1,10                       | 73,33            |





| ID  | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 52  | 28           | 3           | 0,198810              | 5,57                       | 72,92            |
| 55  | 4            | 2           | 0,337500              | 1,35                       | 67,50            |
| 58  | 22           | 1           | 0,068182              | 1,50                       | 37,50            |
| 59  | 33           | 1           | 0,248485              | 8,20                       | 55,33            |
| 61  | 8            | 1           | 0,462500              | 3,70                       | 123,33           |
| 62  | 430          | 1           | 0,059767              | 25,70                      | 65,00            |
| 64  | 17           | 1           | 0,135294              | 2,30                       | 46,00            |
| 69  | 708          | 1           | 0,099576              | 70,50                      | 74,46            |
| 70  | 4            | 3           | 0,691667              | 2,77                       | 137,50           |
| 71  | 1            | 1           | 0,100000              | 0,10                       | 10,00            |
| 72  | 46           | 3           | 0,010870              | 0,50                       | 18,75            |
| 76  | 79           | 1           | 0,189873              | 15,00                      | 52,88            |
| 77  | 12           | 1           | 0,191667              | 2,30                       | 115,00           |
| 81  | 20           | 1           | 0,715000              | 14,30                      | 98,33            |
| 82  | 443          | 1           | 0,405869              | 179,80                     | 543,42           |
| 85  | 18           | 2           | 0,122222              | 2,20                       | 55,00            |
| 87  | 46           | 1           | 0,473913              | 21,80                      | 55,75            |
| 88  | 15           | 2           | 0,220000              | 3,30                       | 66,00            |
| 90  | 167          | 2           | 0,318862              | 53,25                      | 91,06            |
| 92  | 180          | 2           | 0,638333              | 114,90                     | 128,91           |
| 96  | 27           | 3           | 1,766667              | 47,70                      | 130,87           |
| 108 | 3            | 1           | 1,300000              | 3,90                       | 55,71            |
| 109 | 700          | 1           | 0,022857              | 16,00                      | 200,00           |
| 110 | 20           | 1           | 0,120000              | 2,40                       | 48,00            |
| 112 | 67           | 4           | 0,119030              | 7,98                       | 54,00            |
| 115 | 68           | 1           | 0,217647              | 14,80                      | 70,48            |
| 118 | 3            | 1           | 1,000000              | 3,00                       | 300,00           |





| ID  | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 119 | 14           | 2           | 0,282143              | 3,95                       | 88,89            |
| 120 | 93           | 1           | 0,159140              | 14,80                      | 92,50            |
| 125 | 150          | 1           | 0,030667              | 4,60                       | 30,63            |

Fuente: Elaboración propia

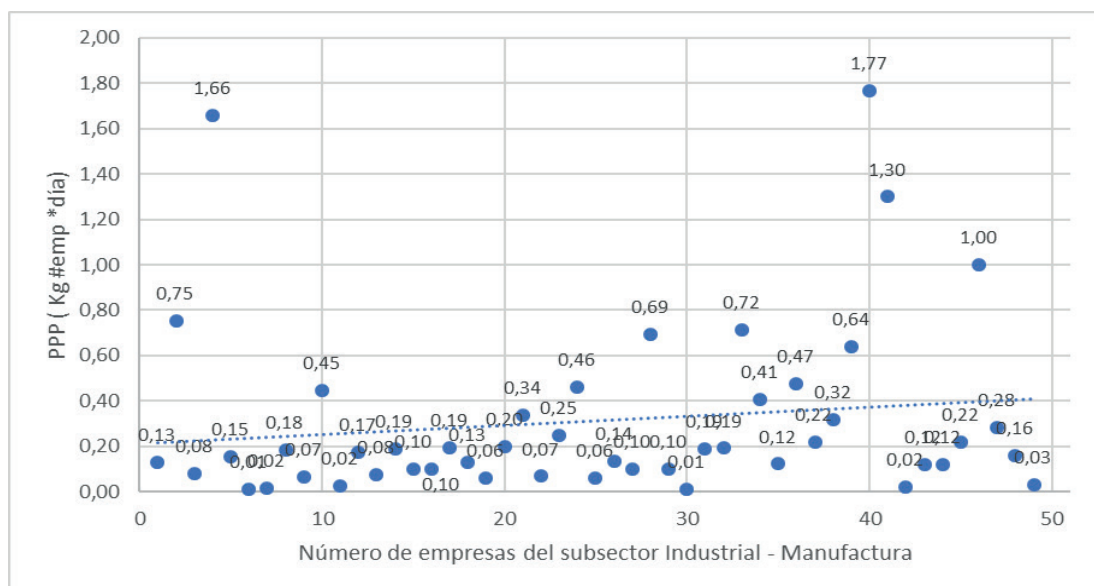
Las variables calculadas en la anterior tabla se analizaron desde el punto de vista estadístico, los resultados se presentan en la Tabla 15

Tabla 15. Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Manufactura

| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3)           | 88,18    | 83,14               | 64,90                  | 111,46       |
| Volumen Diario (m3)        | 0,36     | 0,54                | 0,21                   | 0,51         |
| Generación Diaria (Kg/día) | 19,81    | 33,12               | 10,54                  | 29,09        |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 0,31     | 0,40                | 0,20                   | 0,42         |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Gráfica de Dispersión de datos de producción per cápita del subsector Industrial – Manufactura



Fuente: Elaboración propia





En el **Gráfico 3**, se puede apreciar que este subsector presente heterogeneidad en los datos. Desde el punto de vista de la PPC, la desviación estándar fue de 0,40; el cual está cerca de la media (0,31), lo cual explica homogeneidad en los datos, para el caso de la desviación estándar de la densidad (83,14), también se encuentra cercana de la media (88,18), lo que las hace representativas para este grupo de empresas. Sin embargo, la desviación estándar para el volumen diario y la generación diaria, están alejadas de la media, lo cual indica heterogeneidad los datos y puede deberse a las diferencias de tipo de manufactura de las empresas que se caracterizaron, además que son variables temporales, por lo que puede generar una alta heterogeneidad en los datos.

En la **Tabla 15**, los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos, como es el caso.

### Industrias de Plástico

En esta categoría se consideraron aquellas empresas que están dedicadas principalmente a la elaboración de etiquetas y productos plásticos en general. Del total de la muestra 13 empresas se dedican a esta actividad económica.

**Tabla 16. Resultados de los PPC y la densidad del sector Industrial-Plásticos**

| ID  | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 19  | 3            | 2           | 0,133333              | 0,40                       | 80,00            |
| 31  | 380          | 2           | 0,044211              | 16,80                      | 40,64            |
| 34  | 13           | 3           | 1,220513              | 15,87                      | 44,57            |
| 35  | 270          | 3           | 0,048519              | 13,10                      | 76,78            |
| 44  | 1100         | 1           | 0,124364              | 136,80                     | 78,06            |
| 46  | 20           | 1           | 0,080000              | 1,60                       | 40,00            |
| 53  | 11           | 2           | 0,152273              | 1,68                       | 50,00            |
| 63  | 80           | 1           | 2,643750              | 211,50                     | 152,59           |
| 68  | 290          | 2           | 0,036379              | 10,55                      | 75,60            |
| 83  | 23           | 3           | 0,268116              | 6,17                       | 160,00           |
| 102 | 4            | 2           | 0,525000              | 2,10                       | 42,00            |
| 116 | 18           | 1           | 1,277778              | 23,00                      | 77,64            |
| 130 | 15           | 1           | 0,920000              | 13,80                      | 69,00            |

**Fuente:** Elaboración Propia







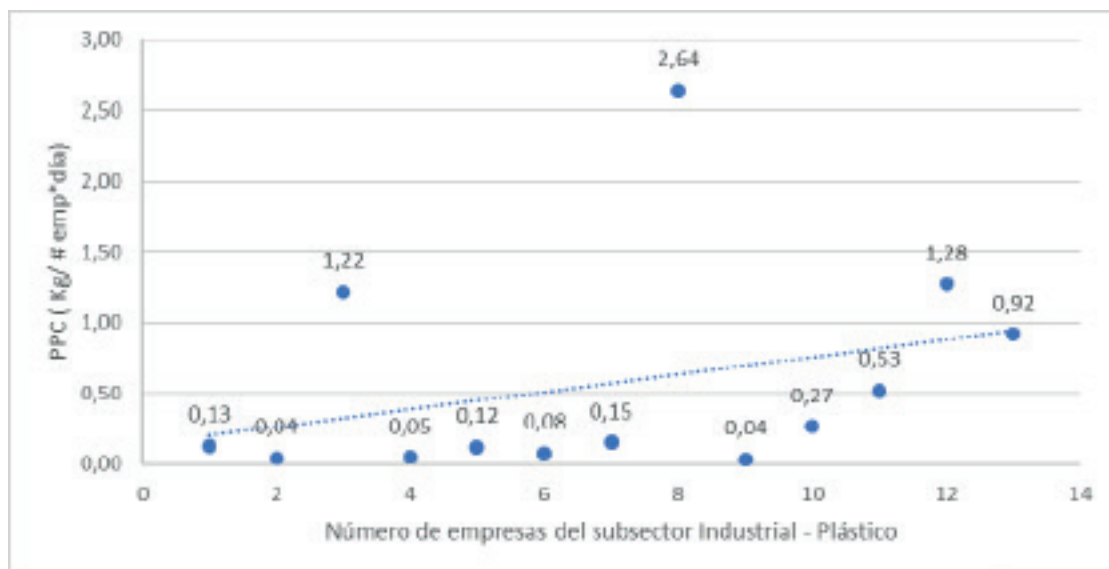
Las variables calculadas en la anterior tabla se analizaron desde el punto de vista estadístico, los resultados se presentan en la Tabla 17

**Tabla 17. Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Plásticos**

| Variables                        | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                                  |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )    | 75,91    | 39,12               | 54,65                  | 97,18        |
| Volumen Diario (m <sup>3</sup> ) | 0,52     | 0,62                | 0,18                   | 0,86         |
| Generación Diaria (Kg/día)       | 34,87    | 64,04               | 0,06                   | 69,69        |
| PPC (kg/ #emp*día)               | 0,58     | 0,77                | 0,16                   | 0,99         |

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfico 4. Gráfica de Dispersión de Producción per cápita del subsector Industrial – Plástico**



**Fuente:** Elaboración propia

Desde el punto de vista de la PPC la desviación estándar fue de 0,77; el cual está alejada de la media (0,57), lo cual explica heterogeneidad en los datos, al igual que para la desviación estándar de la densidad (39,12), también se encuentra muy alejada de la media (75,91), y de la Generación diaria (64,04) con respecto su media (34,87), lo que indica alta heterogeneidad en los datos, es decir, que estos valores no son representativos para este grupo de empresas de plásticos. Puede deberse a las diferencias en las producciones de los tipos de plásticos u objetos de plásticos, picos de producción, compras y precios de materias primas, calidad de las materias primas, entre otros.





En la **Tabla 17**, los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos, como es el caso.

## Industrias Químicas

En esta categoría se consideraron aquellas empresas que están dedicadas principalmente a la elaboración de productos químicos, aseo y limpieza, entre otros. Del total de la muestra 12 empresas se dedican a esta actividad económica.

**Tabla 18. Resultados de la PPC y la Densidad para el subsector Industrial - Químicos**

| ID  | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 23  | 135          | 1           | 0,421481              | 56,90                      | 42,20            |
| 24  | 22           | 1           | 0,122727              | 2,70                       | 35,00            |
| 25  | 36           | 2           | 0,230556              | 8,30                       | 44,31            |
| 56  | 7            | 2           | 0,300000              | 2,10                       | 52,50            |
| 67  | 150          | 2           | 0,051667              | 7,75                       | 82,00            |
| 86  | 8            | 1           | 0,412500              | 3,30                       | 110,00           |
| 93  | 63           | 1           | 0,225397              | 14,20                      | 34,50            |
| 94  | 15           | 1           | 0,380000              | 5,70                       | 64,44            |
| 95  | 30           | 1           | 0,513333              | 15,40                      | 70,26            |
| 114 | 21           | 1           | 0,157143              | 3,30                       | 41,25            |
| 117 | 248          | 1           | 1,493548              | 370,40                     | 109,70           |
| 131 | 38           | 2,5         | 1,530526              | 58,16                      | 108,21           |

**Fuente:** Elaboración propia

A continuación, se presenta el análisis estadístico para la industria química en la **Tabla 19**

**Tabla 19. Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Químico**

| Variables        | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                  |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3) | 66,20    | 29,68               | 49,41                  | 82,99        |

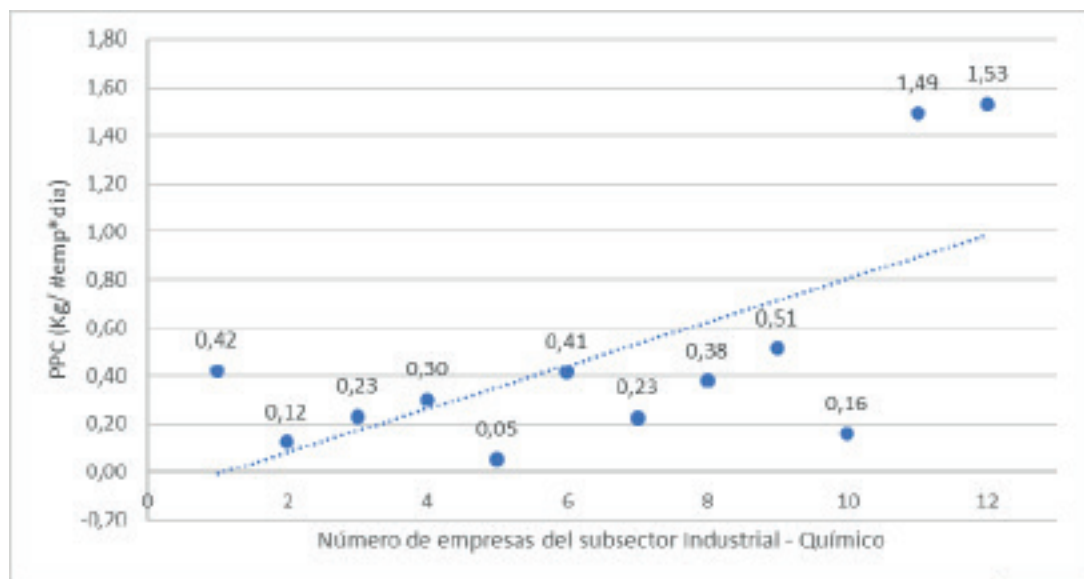




| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Volumen Diario (m3)        | 0,62     | 0,97                | 0,07                   | 1,16         |
| Generación Diaria (Kg/día) | 45,68    | 104,19              | -13,27                 | 104,63       |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 0,48     | 0,50                | 0,20                   | 0,77         |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Gráfica de Dispersión de Producción per cápita en subsector Industrial – Químico



Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 19**, los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos, como es el caso.

Desde el punto de vista de la PPC La desviación estándar fue de 0,50; la cual está muy cercana de la media (0,49), lo cual explica homogeneidad en los datos. Esto indica que la PPC es representativa para el subsector.

Caso contrario muestran las desviaciones estándar de la densidad (29,68), de la Generación diaria (104,19) y del volumen diario (0,97) con respecto sus medias (66,2), (45,68) y (0,62) respectivamente, ya que se encuentran alejadas, lo que indica heterogeneidad en los datos de este subsector.





## Industrias- OTROS

En esta categoría se consideraron aquellas empresas que están dedicadas principalmente a la elaboración de otros productos industriales a partir de como cauchos, autopartes, cerámicos, forros, baterías, equipos electrónicos entre otros. Del total de la muestra 16 empresas se dedican a estas actividades económicas.

**Tabla 20. Resultados de la PPC y densidad para el subsector Industrial-otros**

| ID  | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 4   | 120          | 1           | 0,182500              | 21,90                      | 37,23            |
| 26  | 32           | 1           | 0,278125              | 8,90                       | 64,29            |
| 48  | 17           | 1           | 1,488235              | 25,30                      | 38,89            |
| 51  | 5            | 2           | 0,250000              | 1,25                       | 43,33            |
| 98  | 8            | 1           | 0,137500              | 1,10                       | 15,71            |
| 101 | 4            | 12          | 1,433333              | 5,73                       | 333,18           |
| 103 | 12           | 1           | 0,450000              | 5,40                       | 180,00           |
| 105 | 3            | 1           | 0,433333              | 1,30                       | 19,17            |
| 106 | 2            | 1           | 2,650000              | 5,30                       | 132,50           |
| 111 | 27           | 1           | 0,174074              | 4,70                       | 52,22            |
| 121 | 30           | 1           | 0,276667              | 8,30                       | 103,75           |
| 122 | 10           | 1           | 0,330000              | 3,30                       | 165,00           |
| 123 | 430          | 2           | 0,220581              | 94,85                      | 85,93            |
| 124 | 750          | 2           | 0,058667              | 44,00                      | 61,18            |
| 126 | 43           | 3           | 0,162791              | 7,00                       | 49,75            |
| 127 | 47           | 1           | 0,621277              | 29,20                      | 162,22           |

**Fuente:** Elaboración propia





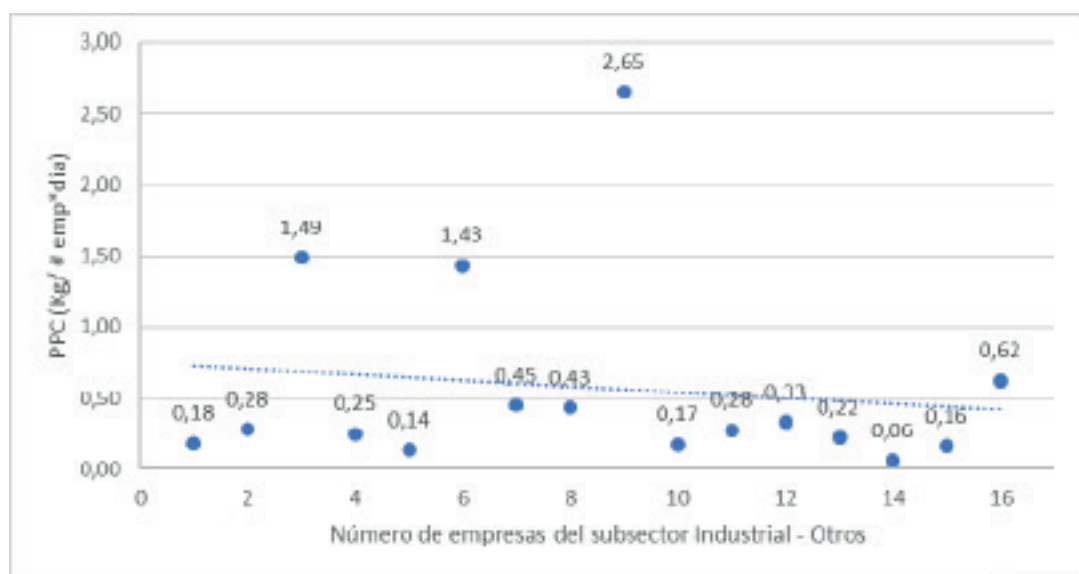
A continuación, se presenta el análisis estadístico para el subsector Otros:

**Tabla 21. Resultados análisis estadístico para el subsector industrial - Otros**

| Variables                        | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                                  |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )    | 96,52    | 82,49               | 56,10                  | 136,94       |
| Volumen Diario (m <sup>3</sup> ) | 0,40     | 0,64                | 0,09                   | 0,72         |
| Generación Diaria (Kg/día)       | 16,72    | 24,16               | 4,88                   | 28,56        |
| PPC (kg/ #emp*día)               | 0,57     | 0,70                | 0,23                   | 0,91         |

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfico 6. Gráfica de Dispersión de producción per cápita del subsector Industrial – Otros**



**Fuente:** Elaboración propia

Desde el punto de vista de la PPC, la desviación estándar fue de 0,70; la cual se muestra alejada de la media (0,57), lo cual explica posible heterogeneidad en los datos y que esta PPC no sea representativa para el subsector. En el caso de las otras variables también pasa lo mismo, los valores de las medias están alejados de la desviación estándar.

Una de las razones para que se presenten estos resultados puede ser las diferencias entre las actividades económicas de las empresas que se visitaron dentro de esta categoría, es decir, cada una tiene procesos de producción diferentes, a su vez que son diversas sus actividades comerciales, lo que supone alta heterogeneidad en los datos.





En la **Tabla 21**, los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos, como es el caso.

## 9.2. Resultados de la Producción Per Cápita y densidad en el subsector Centros Comerciales

De acuerdo a la distribución de la tamaño de la muestra, se caracterizaron 15 centros comerciales de diferentes tamaños, los cuales su generación de residuos son uno de las más grandes debido a que estos presentan una gran afluencia de personas las cuales acuden a estos lugares a realizar diferentes actividades, ya sea de recreación, ocio, alimentación, compras u otras actividades que allí se encuentren; esta población se toma como promedio estimado debido a que por parte de algunos centros comerciales no se lleva un cálculo o registro de las personas que allí ingresan.

En la Tabla 22, observamos los datos de los diferentes centros comerciales que se les realizo el estudio, los cuales arrojan los siguientes resultados:

**Tabla 22. Producción per-cápita y densidad del sector no residencial -Centros Comerciales**

| ID | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 1  | 727          | 1           | 0,324179              | 235,68                     | 43,97            |
| 2  | 3034         | 1           | 0,295254              | 895,80                     | 113,02           |
| 3  | 3000         | 1           | 0,047200              | 141,60                     | 232,21           |
| 4  | 2925         | 4           | 0,017342              | 50,73                      | 74,18            |
| 5  | 550          | 1           | 0,495091              | 272,30                     | 101,88           |
| 6  | 1076         | 3           | 0,113538              | 122,17                     | 79,38            |
| 7  | 1234         | 1           | 0,015802              | 19,50                      | 92,38            |
| 8  | 6392         | 1           | 0,011170              | 71,40                      | 59,79            |
| 9  | 13008        | 1           | 0,001899              | 24,70                      | 45,00            |
| 10 | 1509         | 1           | 0,060636              | 91,50                      | 59,28            |
| 11 | 32336        | 1           | 0,015271              | 493,80                     | 32,87            |
| 12 | 713          | 1           | 0,368583              | 262,80                     | 93,94            |
| 13 | 275          | 1           | 0,297455              | 81,80                      | 66,28            |
| 14 | 169          | 1           | 0,113609              | 19,20                      | 33,56            |





| ID | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 15 | 3900         | 1           | 0,008385              | 32,70                      | 155,71           |

**Fuente:** Elaboración propia

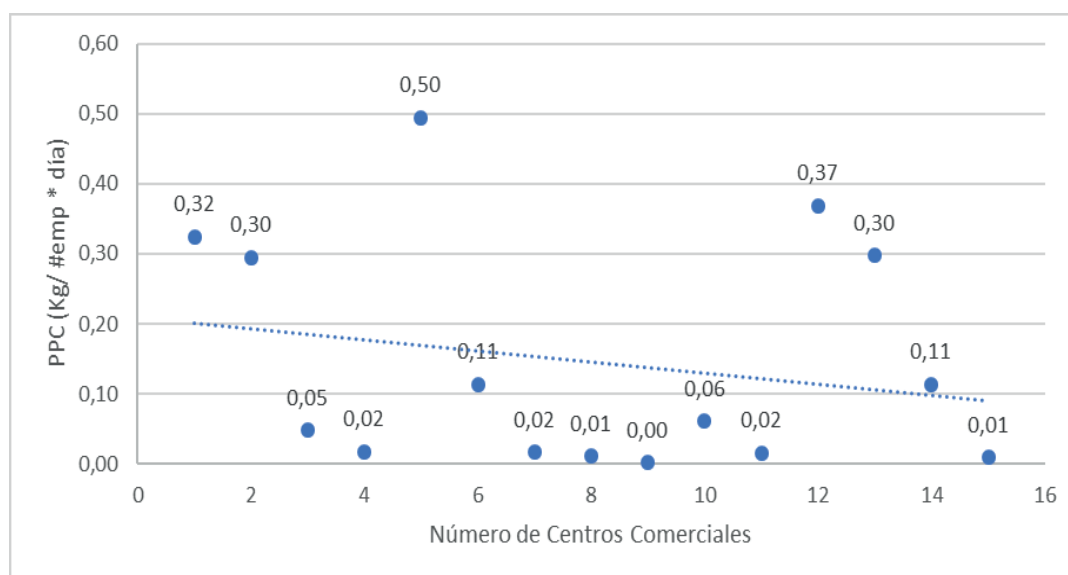
En la **Tabla 23**, los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos.

**Tabla 23. Resultados análisis estadístico para el subsector Centros Comerciales**

| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3)           | 85,56    | 52,31               | 59,09                  | 112,04       |
| Volumen Diario (m3)        | 2,46     | 2,69                | 1,10                   | 3,82         |
| Generación Diaria (Kg/día) | 187,71   | 235,53              | 68,52                  | 306,91       |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 0,15     | 0,16                | 0,06                   | 0,23         |

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfico 7. Gráfica de Dispersión de datos de producción per cápita en 15 Centros Comerciales**



**Fuente:** Elaboración propia







Desde el punto de vista de la PPC, la desviación estándar fue de 0,16; y está muy cercana a la media (0,15), así mismo, se presenta una desviación estándar para el volumen diario cercana a su media, lo cual explica homogeneidad en los datos, y que esta PPC si es representativa para el subsector Centros Comerciales.

Con respecto a los resultados de las desviaciones estándar de las variables densidad y generación diaria de los centros comerciales en las cuales se evidencia una importante heterogeneidad en los datos, es decir, una gran dispersión. Es importante, resaltar la influencia de la población flotante en este subsector, ya que de este número depende la generación diaria de residuos, bien sea un centro comercial pequeño o grande, depende también de su ubicación y de los puntos ecológicos que tenga.

### 9.3. Resultados de la de Producción Per Cápita y densidad en el subsector Oficial

Para este estudio se tomaron 30 sectores oficiales los cuales se distribuyen entre bibliotecas, secretarías, comandos de policía, Cedezo - Centro de Desarrollo Empresarial Zonal, Unidades de Vida Articulada, UVAS, casas de gobierno, el Instituto para el Desarrollo de Antioquia, IDEA, casa de cultura entre otras. Al ser sitios públicos y donde las afluencias de personas o usuarios se toman en cuenta el ítem de población flotante ya que estos al realizar sus diferentes actividades son generadores de residuos sólidos.

Los valores de residuos son muy variados, ya que depende del número de afluencia de las personas que ingresan, el número de empleados que prestan sus servicios, los horarios de atención, entre otros. En la siguiente tabla se evidencia la generación de cada uno de estos sitios.

**Tabla 24. Producción per-cápita y densidad del sector no residencial - Oficiales**

| ID | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 1  | 1300         | 1           | 0,039769              | 51,70                      | 36,98            |
| 2  | 84           | 3           | 0,055952              | 4,70                       | 79,44            |
| 3  | 6            | 2           | 0,925000              | 5,55                       | 70,63            |
| 4  | 40           | 1           | 0,227500              | 9,10                       | 68,18            |
| 5  | 30           | 3           | 0,373333              | 11,20                      | 76,54            |
| 6  | 1222         | 4           | 0,004583              | 5,60                       | 61,11            |
| 7  | 170          | 1           | 0,087059              | 14,80                      | 140,63           |
| 8  | 625          | 3           | 0,017707              | 11,07                      | 82,00            |
| 9  | 48           | 2           | 0,092708              | 4,45                       | 51,76            |
| 10 | 534          | 3           | 0,013233              | 7,07                       | 87,99            |





| ID | N° empleados | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|--------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 11 | 400          | 1           | 0,209250              | 83,70                      | 62,34            |
| 12 | 35           | 4           | 0,039286              | 1,38                       | 91,67            |
| 13 | 175          | 1           | 0,060000              | 10,50                      | 40,56            |
| 14 | 61           | 1           | 0,059016              | 3,60                       | 120,00           |
| 15 | 70           | 1           | 0,040000              | 2,80                       | 75,00            |
| 16 | 51           | 1           | 0,041176              | 2,10                       | 33,33            |
| 17 | 2            | 1           | 0,050000              | 0,10                       | 10,00            |
| 18 | 6            | 2           | 0,475000              | 2,85                       | 71,25            |
| 19 | 36           | 1           | 0,413889              | 14,90                      | 99,33            |
| 20 | 1500         | 1           | 0,010733              | 16,10                      | 214,00           |
| 21 | 9            | 2           | 0,233333              | 2,10                       | 210,00           |
| 22 | 40           | 1           | 0,150000              | 6,00                       | 66,67            |
| 23 | 80           | 3           | 0,039583              | 3,17                       | 53,33            |
| 24 | 725          | 1           | 0,062483              | 45,30                      | 61,68            |
| 25 | 390          | 1           | 0,040513              | 15,80                      | 83,16            |
| 26 | 130          | 2           | 0,355385              | 46,20                      | 128,23           |
| 27 | 190          | 1           | 0,057895              | 11,00                      | 18,67            |
| 28 | 58           | 1           | 0,091379              | 5,30                       | 58,89            |
| 29 | 440          | 1           | 0,027500              | 12,10                      | 82,00            |
| 30 | 144          | 3           | 0,003926              | 0,57                       | 85,00            |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Resultados análisis estadístico para el subsector Oficial

| Variables           | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|---------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                     |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3)    | 80,68    | 45,78               | 64,30                  | 97,06        |
| Volumen Diario (m3) | 0,29     | 0,35                | 0,16                   | 0,41         |

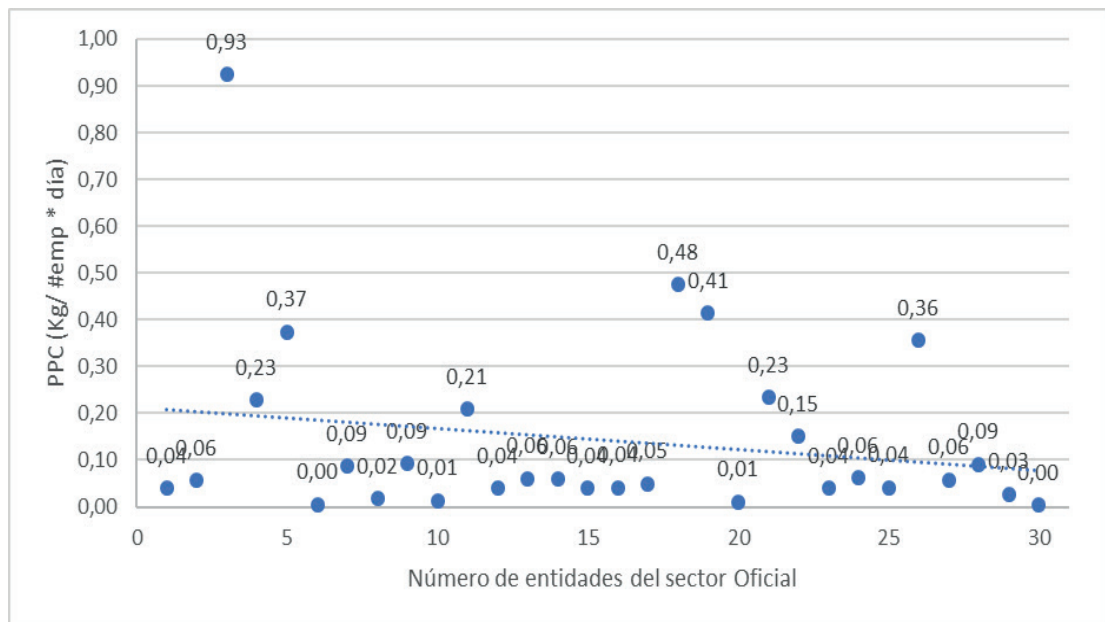




| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Generación Diaria (Kg/día) | 13,69    | 18,72               | 13,69                  | 13,69        |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 0,14     | 0,20                | 0,07                   | 0,21         |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Gráfica de Dispersión de la producción per cápita en 30 Instituciones de Sector Oficial



Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 25** y el **Gráfico 8**, se puede analizar que, La desviación estándar de la PPC fue de 0,20; y que está cercana a la media (0,14), así mismo, se presenta una desviación estándar para el volumen diario y para la generación diaria, cercanas a su media respectiva, lo cual explica homogeneidad en estos datos, se puede decir que esta PPC es representativa para el subsector Oficial.

Con respecto a los resultados de las desviaciones estándar de la densidad se evidencia una diferencia significativa con la media, lo que indica heterogeneidad en los datos. Posiblemente la variación en la densidad de los residuos de este subsector se deba al número de personas que trabaja en estas entidades, que como se puede ver en la **Tabla 25** también es muy variada.

Los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos, como es el caso.





## 9.4. Resultados de producción per cápita y densidad del subsector instituciones educativas

Se caracterizaron para este proyecto 110 instituciones educativas las cuales fueron distribuidas entre jardines, colegios, centros de aprendizaje, instituciones técnicas, universitarias, para referenciar todo lo que se refiere al sector educativo, a su vez, se procuró su distribución en las 7 zonas, 16 comunas y los cinco corregimientos.

En este estudio se incluyeron 80 Instituciones educativas más que en el estudio anterior, equivale a un incremento del 57%.

Dentro de este sector, principalmente se tuvo en cuenta el número de estudiantes matriculados dentro de las diferentes instituciones ya que son estos los mayores generadores de residuos, sobre todo en las jornadas de descanso. A continuación, se reportan los datos de producción per-cápita obtenido en el estudio para este sector.

**Tabla 26 Producción per-cápita y densidad del sector no residencial -Instituciones Educativas**

| ID | No. empleados + población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|------------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 1  | 1435                               | 2           | 0,012962              | 18,60                      | 34,26            |
| 2  | 1196                               | 1           | 0,191472              | 229,00                     | 80,24            |
| 3  | 1050                               | 3           | 0,042667              | 44,80                      | 137,79           |
| 4  | 1702                               | 1           | 0,089189              | 151,80                     | 122,44           |
| 5  | 1307                               | 11          | 0,019712              | 25,76                      | 74,47            |
| 6  | 4235                               | 2           | 0,011488              | 48,65                      | 100,17           |
| 7  | 483                                | 2           | 0,008178              | 3,95                       | 49,38            |
| 8  | 2268                               | 1           | 0,065564              | 148,70                     | 85,74            |
| 9  | 653                                | 1           | 0,080704              | 52,70                      | 65,71            |
| 10 | 1101                               | 3           | 0,015592              | 17,17                      | 84,49            |
| 11 | 705                                | 1           | 0,071348              | 50,30                      | 47,03            |
| 12 | 1014                               | 4           | 0,020907              | 21,20                      | 50,05            |
| 13 | 26                                 | 1           | 0,134615              | 3,50                       | 37,78            |
| 14 | 1783                               | 3           | 0,024229              | 43,20                      | 109,54           |
| 15 | 1518                               | 3           | 0,023101              | 35,07                      | 98,02            |
| 16 | 404                                | 2           | 0,046535              | 18,80                      | 62,35            |





| ID | No. empleados + población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|------------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 17 | 163                                | 3           | 0,043558              | 7,10                       | 117,22           |
| 18 | 520                                | 2           | 0,019808              | 10,30                      | 190,91           |
| 19 | 1144                               | 2           | 0,043313              | 49,55                      | 73,85            |
| 20 | 662                                | 1           | 0,046224              | 30,60                      | 136,69           |
| 21 | 890                                | 1           | 0,025056              | 22,30                      | 39,38            |
| 22 | 357                                | 1           | 0,071709              | 25,60                      | 102,99           |
| 23 | 2842                               | 1           | 0,011049              | 31,40                      | 53,83            |
| 24 | 100                                | 1           | 0,039000              | 3,90                       | 55,71            |
| 25 | 1043                               | 3           | 0,048035              | 50,10                      | 90,35            |
| 26 | 660                                | 1           | 0,075606              | 49,90                      | 261,32           |
| 27 | 520                                | 1           | 0,041346              | 21,50                      | 61,11            |
| 28 | 840                                | 3           | 0,049841              | 41,87                      | 106,60           |
| 29 | 339                                | 1           | 0,050737              | 17,20                      | 31,48            |
| 30 | 566                                | 1           | 0,094700              | 53,60                      | 87,71            |
| 31 | 2269                               | 2           | 0,033958              | 77,05                      | 91,87            |
| 32 | 1364                               | 2           | 0,071334              | 97,30                      | 100,78           |
| 33 | 2459                               | 1           | 0,218666              | 537,70                     | 214,04           |
| 34 | 197                                | 1           | 0,062437              | 12,30                      | 72,94            |
| 35 | 287                                | 1           | 0,093031              | 26,70                      | 118,29           |
| 36 | 836                                | 4           | 0,036214              | 30,28                      | 197,15           |
| 37 | 628                                | 4           | 0,018352              | 11,53                      | 60,61            |
| 38 | 170                                | 1           | 0,037059              | 6,30                       | 78,75            |
| 39 | 1540                               | 2           | 0,036591              | 56,35                      | 75,32            |
| 40 | 607                                | 2           | 0,089209              | 54,15                      | 64,58            |
| 41 | 1121                               | 1           | 0,031490              | 35,30                      | 66,66            |
| 42 | 365                                | 3           | 0,017534              | 6,40                       | 36,64            |
| 43 | 980                                | 3           | 0,033197              | 32,53                      | 117,64           |





| ID | No. empleados + población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|------------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 44 | 330                                | 1           | 0,015455              | 5,10                       | 53,61            |
| 45 | 330                                | 2           | 0,064394              | 21,25                      | 99,03            |
| 46 | 881                                | 2           | 0,024007              | 21,15                      | 183,33           |
| 47 | 41                                 | 1           | 0,141463              | 5,80                       | 145,00           |
| 48 | 131                                | 2           | 0,044275              | 5,80                       | 56,53            |
| 49 | 1150                               | 1           | 0,067391              | 77,50                      | 211,31           |
| 50 | 1563                               | 3           | 0,034122              | 53,33                      | 95,18            |
| 51 | 854                                | 2           | 0,053981              | 46,10                      | 85,70            |
| 52 | 1154                               | 2           | 0,042158              | 48,65                      | 74,14            |
| 53 | 745                                | 2           | 0,049866              | 37,15                      | 93,92            |
| 54 | 1928                               | 4           | 0,025622              | 49,40                      | 82,20            |
| 55 | 1015                               | 1           | 0,047980              | 48,70                      | 71,37            |
| 56 | 735                                | 2           | 0,046871              | 34,45                      | 85,67            |
| 57 | 1190                               | 2           | 0,019790              | 23,55                      | 66,37            |
| 58 | 550                                | 2           | 0,109455              | 60,20                      | 127,17           |
| 59 | 1073                               | 2           | 0,044501              | 47,75                      | 87,54            |
| 60 | 952                                | 1           | 0,016702              | 15,90                      | 54,42            |
| 61 | 1115                               | 2,5         | 0,026942              | 30,04                      | 49,16            |
| 62 | 987                                | 2,5         | 0,036272              | 35,80                      | 78,66            |
| 63 | 5500                               | 2           | 0,014900              | 81,95                      | 49,15            |
| 64 | 674                                | 1           | 0,104451              | 70,40                      | 290,00           |
| 65 | 1907                               | 3           | 0,046793              | 89,23                      | 132,03           |
| 66 | 737                                | 1           | 0,006377              | 4,70                       | 53,33            |
| 67 | 1148                               | 2           | 0,050218              | 57,65                      | 117,67           |
| 68 | 129                                | 2           | 0,656589              | 84,70                      | 101,42           |
| 69 | 2216                               | 1           | 0,007220              | 16,00                      | 126,25           |
| 70 | 720                                | 3           | 0,030556              | 22,00                      | 113,65           |





| ID | No. empleados + población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|------------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 71 | 1104                               | 3           | 0,017905              | 19,77                      | 67,66            |
| 72 | 57                                 | 2           | 0,014912              | 0,85                       | 85,00            |
| 73 | 830                                | 1           | 0,072169              | 59,90                      | 282,34           |
| 74 | 873                                | 1           | 0,052577              | 45,90                      | 115,62           |
| 75 | 1534                               | 2           | 0,032269              | 49,50                      | 61,39            |
| 76 | 748                                | 1           | 0,110294              | 82,50                      | 108,39           |
| 77 | 11946                              | 1,5         | 0,024343              | 290,80                     | 91,19            |
| 78 | 1869                               | 2           | 0,029240              | 54,65                      | 103,10           |
| 79 | 787                                | 1           | 0,127700              | 100,50                     | 100,07           |
| 80 | 210                                | 3           | 0,063333              | 13,30                      | 103,44           |
| 81 | 92                                 | 1           | 0,030435              | 2,80                       | 140,00           |
| 82 | 340                                | 2           | 0,094118              | 32,00                      | 199,70           |
| 83 | 720                                | 3           | 0,046250              | 33,30                      | 193,88           |
| 84 | 2130                               | 1           | 0,010563              | 22,50                      | 40,39            |
| 85 | 102                                | 1           | 0,247059              | 25,20                      | 252,00           |
| 86 | 1163                               | 2           | 0,023947              | 27,85                      | 134,60           |
| 87 | 1050                               | 2           | 0,039286              | 41,25                      | 120,76           |
| 88 | 1900                               | 2           | 0,032684              | 62,10                      | 121,72           |
| 89 | 139                                | 1           | 0,088489              | 12,30                      | 31,85            |
| 90 | 793                                | 1,5         | 0,041278              | 32,73                      | 182,24           |
| 91 | 1408                               | 3           | 0,040507              | 57,03                      | 68,97            |
| 92 | 464                                | 1           | 0,055603              | 25,80                      | 63,13            |
| 93 | 571                                | 1           | 0,022592              | 12,90                      | 99,23            |
| 94 | 172                                | 2           | 0,026744              | 4,60                       | 46,00            |
| 95 | 133                                | 2           | 0,094737              | 12,60                      | 53,25            |
| 96 | 1370                               | 3           | 0,029611              | 40,57                      | 134,28           |
| 97 | 578                                | 3           | 0,041292              | 23,87                      | 80,27            |







| ID  | No. empleados + población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|------------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 98  | 560                                | 2,5         | 0,108286              | 60,64                      | 127,58           |
| 99  | 990                                | 3           | 0,016566              | 16,40                      | 68,15            |
| 100 | 261                                | 2           | 0,014943              | 3,90                       | 43,33            |
| 101 | 1149                               | 1           | 0,043951              | 50,50                      | 109,06           |
| 102 | 935                                | 1           | 0,015080              | 14,10                      | 107,25           |
| 103 | 3050                               | 1,5         | 0,042689              | 130,20                     | 62,26            |
| 104 | 740                                | 1           | 0,030135              | 22,30                      | 49,83            |
| 105 | 465                                | 1           | 0,069677              | 32,40                      | 35,25            |
| 106 | 63                                 | 1           | 0,022222              | 1,40                       | 43,33            |
| 107 | 1079                               | 1           | 0,032715              | 35,30                      | 51,45            |
| 108 | 143                                | 2           | 0,110839              | 15,85                      | 62,51            |
| 109 | 420                                | 2           | 0,065476              | 27,50                      | 99,73            |
| 110 | 842                                | 2           | 0,025297              | 21,30                      | 135,00           |

**Fuente:** Elaboración propia

A continuación, se presenta el análisis estadístico para el Instituciones Educativas:

**Tabla 27. Resultados análisis estadístico para el subsector Instituciones Educativas**

| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3)           | 98,21    | 53,40               | 88,23                  | 108,19       |
| Volumen Diario (m3)        | 0,94     | 0,87                | 0,78                   | 1,10         |
| Generación Diaria (Kg/día) | 45,68    | 63,09               | 33,89                  | 57,47        |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 0,06     | 0,07                | 0,04                   | 0,07         |

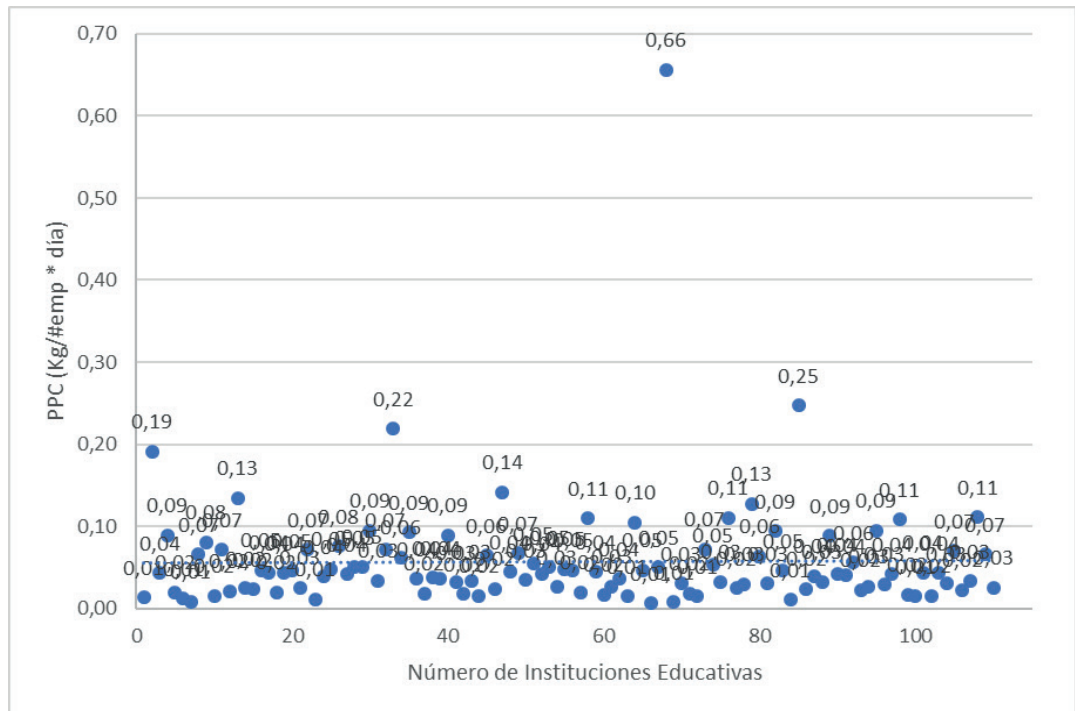
**Fuente:** Elaboración propia





Los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos.

**Gráfico 9. Gráfica de Dispersión de la producción per cápita en 110 Instituciones Educativas**



*Fuente: Elaboración propia*

En el **Gráfico 9** se presenta la dispersión de los datos para las 110 I.E, y se puede ver un posible dato atípico, sin embargo, se encuentra en el rango de valores por lo que no se debe eliminar.

En la **Tabla 27**, se puede analizar que, la desviación estándar de la PPC fue de 0,07; y que está cercana a la media (0,06), así mismo, se presenta una desviación estándar para el volumen diario cercana a su media respectiva, lo cual explica homogeneidad en estos datos, se puede decir que esta PPC es representativa para el subsector Instituciones educativas.

Con respecto a los resultados de las desviaciones estándar de la densidad y para la generación diaria, se evidencia una diferencia significativa con la media, lo que indica heterogeneidad en los datos. La variación en la densidad y en la generación de los residuos de este subsector se debe a que se caracterizaron no solo Instituciones educativas de primaria y secundaria, sino además, en jardines infantiles en donde la generación y el número de estudiantes es mucho menor al promedio, y en Universidades en donde la generación es mucho mayor a la media, asociado indiscutiblemente al número de personas que trabaja en estas entidades y al número de estudiantes, que como se puede ver en la **Tabla 26** también es muy variada.





## 9.5. Resultados Producción Per Cápita y Densidad del Subsector Salud

Para este subsector, el estudio se realizó a 140 entidades de salud dentro de las cuales se encuentran puestos de salud, clínicas, centros estéticos de belleza, clínicas odontológicas, laboratorios clínicos, hospitales y consultorios médicos, para abarcar amplia y mayoritariamente el sector salud, a su vez, se procuró su distribución en las 7 zonas, 16 comunas y los cinco corregimientos.

Igual que en el anterior sector, se tuvo en cuenta la población flotante que ingresa a estos, tanto los pacientes como sus acompañantes, personal de en este caso el de los pacientes ya que son estos los que toman el servicio de salud, así mismo se tuvo en cuenta el personal flotante de visitantes o acompañantes de los pacientes. En la siguiente tabla se observan los datos de generación per-cápita de este subsector.

**Tabla 28. Producción per-cápita y densidad del sector no residencial- Salud**

| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 1  | 5000                              | 1           | 0,100                 | 500,000                    | 61,781           |
| 2  | 50                                | 1           | 0,288                 | 14,400                     | 0,062            |
| 3  | 500                               | 4           | 0,003                 | 1,425                      | 76,000           |
| 4  | 135                               | 1           | 0,001                 | 0,100                      | 2,000            |
| 5  | 14                                | 1           | 0,186                 | 2,600                      | 260,000          |
| 6  | 32                                | 1           | 3,856                 | 123,400                    | 99,529           |
| 7  | 248                               | 3           | 0,014                 | 3,433                      | 45,909           |
| 8  | 159                               | 3           | 0,031                 | 4,933                      | 49,441           |
| 9  | 2255                              | 1           | 0,002                 | 4,800                      | 43,636           |
| 10 | 215                               | 1           | 0,210                 | 45,200                     | 64,031           |
| 11 | 50                                | 4           | 0,155                 | 7,725                      | 56,500           |
| 12 | 125                               | 4           | 0,316                 | 39,500                     | 98,532           |
| 13 | 16                                | 2           | 0,153                 | 2,450                      | 122,500          |
| 14 | 1                                 | 1           | 0,400                 | 0,400                      | 200,000          |
| 15 | 2                                 | 1           | 0,050                 | 0,100                      | 50,000           |
| 16 | 5                                 | 1           | 0,040                 | 0,200                      | 66,667           |





| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 17 | 1                                 | 1           | 0,600                 | 0,600                      | 75,000           |
| 18 | 1                                 | 1           | 0,100                 | 0,100                      | 33,333           |
| 19 | 1                                 | 1           | 0,100                 | 0,100                      | 50,000           |
| 20 | 2                                 | 1           | 0,100                 | 0,200                      | 40,000           |
| 21 | 1                                 | 1           | 0,200                 | 0,200                      | 100,000          |
| 22 | 1                                 | 1           | 0,500                 | 0,500                      | 100,000          |
| 23 | 1                                 | 1           | 0,100                 | 0,100                      | 50,000           |
| 24 | 1                                 | 1           | 0,400                 | 0,400                      | 80,000           |
| 25 | 2                                 | 1           | 0,200                 | 0,400                      | 80,000           |
| 26 | 1                                 | 1           | 0,100                 | 0,100                      | 50,000           |
| 27 | 1                                 | 1           | 0,100                 | 0,100                      | 33,333           |
| 28 | 1                                 | 1           | 0,300                 | 0,300                      | 150,000          |
| 29 | 8                                 | 1           | 0,025                 | 0,200                      | 100,000          |
| 30 | 11                                | 1           | 0,091                 | 1,000                      | 50,000           |
| 31 | 42                                | 1           | 0,031                 | 1,300                      | 65,000           |
| 32 | 35                                | 1           | 0,134                 | 4,700                      | 68,571           |
| 33 | 5                                 | 1           | 0,260                 | 1,300                      | 65,000           |
| 34 | 12                                | 3           | 0,067                 | 0,800                      | 40,000           |
| 35 | 18                                | 1           | 0,200                 | 3,600                      | 72,000           |
| 36 | 12                                | 1           | 0,108                 | 1,300                      | 65,000           |
| 37 | 67                                | 1           | 0,090                 | 6,000                      | 75,000           |
| 38 | 645                               | 2           | 0,011                 | 7,100                      | 44,853           |
| 39 | 25                                | 2           | 0,406                 | 10,150                     | 60,833           |
| 40 | 3                                 | 2           | 0,550                 | 1,650                      | 40,000           |
| 41 | 24                                | 2           | 0,052                 | 1,250                      | 54,000           |
| 42 | 790                               | 1           | 0,434                 | 342,800                    | 55,589           |





| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 43 | 50                                | 1           | 0,118                 | 5,900                      | 73,750           |
| 44 | 50                                | 2           | 0,021                 | 1,050                      | 21,000           |
| 45 | 329                               | 1           | 0,049                 | 16,200                     | 45,000           |
| 46 | 25                                | 1           | 0,060                 | 1,500                      | 75,000           |
| 47 | 206                               | 1           | 0,003                 | 0,700                      | 70,000           |
| 48 | 68                                | 1           | 0,013                 | 0,900                      | 90,000           |
| 49 | 15                                | 1           | 0,167                 | 2,500                      | 41,667           |
| 50 | 40                                | 2           | 0,081                 | 3,250                      | 81,250           |
| 51 | 80                                | 2           | 0,164                 | 13,150                     | 364,821          |
| 52 | 340                               | 1           | 0,033                 | 11,200                     | 63,667           |
| 53 | 10                                | 1           | 0,270                 | 2,700                      | 70,000           |
| 54 | 12                                | 1           | 0,017                 | 0,200                      | 66,667           |
| 55 | 225                               | 2           | 1,311                 | 294,920                    | 44,114           |
| 56 | 479                               | 1           | 0,034                 | 16,500                     | 45,833           |
| 57 | 8                                 | 1           | 0,350                 | 2,800                      | 93,333           |
| 58 | 109                               | 3           | 0,142                 | 15,433                     | 68,303           |
| 59 | 17                                | 2           | 0,144                 | 2,450                      | 37,143           |
| 60 | 2                                 | 1           | 0,050                 | 0,100                      | 10,000           |
| 61 | 1                                 | 1           | 0,150                 | 0,150                      | 150,000          |
| 62 | 1                                 | 1           | 0,200                 | 0,200                      | 10,000           |
| 63 | 1                                 | 1           | 0,400                 | 0,400                      | 20,000           |
| 64 | 7                                 | 1           | 0,414                 | 2,900                      | 48,333           |
| 65 | 9                                 | 1           | 0,111                 | 1,000                      | 1000,000         |
| 66 | 50                                | 2           | 0,024                 | 1,200                      | 60,000           |
| 67 | 30                                | 1           | 0,040                 | 1,200                      | 24,000           |
| 68 | 34                                | 1           | 0,029                 | 1,000                      | 100,000          |





| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 69 | 34                                | 1           | 0,088                 | 3,000                      | 100,000          |
| 70 | 16                                | 1           | 0,044                 | 0,700                      | 70,000           |
| 71 | 30                                | 1           | 0,010                 | 0,300                      | 60,000           |
| 72 | 16                                | 1           | 0,031                 | 0,500                      | 71,429           |
| 73 | 23                                | 1           | 0,039                 | 0,900                      | 90,000           |
| 74 | 68                                | 1           | 0,075                 | 5,100                      | 31,875           |
| 75 | 9                                 | 1           | 0,011                 | 0,100                      | 50,000           |
| 76 | 145                               | 1           | 0,020                 | 2,900                      | 96,667           |
| 77 | 23                                | 1           | 0,009                 | 0,200                      | 40,000           |
| 78 | 2                                 | 1           | 0,100                 | 0,200                      | 40,000           |
| 79 | 1                                 | 1           | 0,500                 | 0,500                      | 100,000          |
| 80 | 96                                | 1           | 0,456                 | 43,800                     | 43,743           |
| 81 | 145                               | 1           | 0,699                 | 101,400                    | 75,121           |
| 82 | 111                               | 1           | 0,030                 | 3,300                      | 41,250           |
| 83 | 30                                | 2           | 0,197                 | 5,900                      | 43,250           |
| 84 | 2                                 | 1           | 0,550                 | 1,100                      | 110,000          |
| 85 | 167                               | 1           | 0,168                 | 28,000                     | 38,625           |
| 86 | 62                                | 1           | 0,053                 | 3,300                      | 35,000           |
| 87 | 26                                | 1           | 0,031                 | 0,800                      | 160,000          |
| 88 | 38                                | 1           | 0,126                 | 4,800                      | 33,571           |
| 89 | 115                               | 1           | 0,219                 | 25,200                     | 64,806           |
| 90 | 65                                | 1           | 0,212                 | 13,800                     | 39,500           |
| 91 | 450                               | 1           | 0,220                 | 98,800                     | 48,310           |
| 92 | 540                               | 1           | 0,166                 | 89,700                     | 56,125           |
| 93 | 3                                 | 2           | 0,350                 | 1,050                      | 84,000           |
| 94 | 2                                 | 1           | 0,300                 | 0,600                      | 50,000           |





| ID  | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 95  | 3                                 | 1           | 0,100                 | 0,300                      | 150,000          |
| 96  | 6                                 | 1           | 0,100                 | 0,600                      | 33,333           |
| 97  | 2                                 | 1           | 0,100                 | 0,200                      | 66,667           |
| 98  | 3                                 | 1           | 0,067                 | 0,200                      | 40,000           |
| 99  | 2                                 | 1           | 0,450                 | 0,900                      | 45,000           |
| 100 | 1                                 | 1           | 1,100                 | 1,100                      | 550,000          |
| 101 | 9                                 | 1           | 0,078                 | 0,700                      | 50,000           |
| 102 | 100                               | 0,5         | 0,068                 | 6,800                      | 42,500           |
| 103 | 7                                 | 1           | 0,157                 | 1,100                      | 55,000           |
| 104 | 15                                | 1           | 0,107                 | 1,600                      | 32,000           |
| 105 | 242                               | 5           | 0,073                 | 17,580                     | 77,229           |
| 106 | 8                                 | 1           | 0,025                 | 0,200                      | 40,000           |
| 107 | 325                               | 1           | 0,006                 | 2,100                      | 52,500           |
| 108 | 40                                | 1           | 0,065                 | 2,600                      | 86,667           |
| 109 | 140                               | 1           | 0,129                 | 18,000                     | 98,889           |
| 110 | 17                                | 1           | 0,106                 | 1,800                      | 60,000           |
| 111 | 128                               | 1           | 0,010                 | 1,300                      | 43,333           |
| 112 | 260                               | 2           | 0,072                 | 18,600                     | 48,416           |
| 113 | 110                               | 3           | 0,155                 | 17,000                     | 47,833           |
| 114 | 7                                 | 3           | 0,424                 | 2,967                      | 42,222           |
| 115 | 106                               | 2           | 0,040                 | 4,250                      | 106,250          |
| 116 | 21                                | 1           | 0,129                 | 2,700                      | 40,000           |
| 117 | 120                               | 3           | 0,196                 | 23,467                     | 71,984           |
| 118 | 19                                | 7           | 0,006                 | 0,114                      | 26,667           |
| 119 | 119                               | 1           | 0,307                 | 36,500                     | 63,519           |
| 120 | 21                                | 2           | 0,050                 | 1,050                      | 70,000           |





| ID  | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 121 | 19                                | 2           | 0,063                 | 1,200                      | 30,000           |
| 122 | 12                                | 3           | 0,383                 | 4,600                      | 75,556           |
| 123 | 35                                | 1           | 0,111                 | 3,900                      | 46,190           |
| 124 | 102                               | 1           | 0,001                 | 0,100                      | 20,000           |
| 125 | 35                                | 2           | 0,423                 | 14,800                     | 74,750           |
| 126 | 140                               | 2           | 0,115                 | 16,100                     | 32,696           |
| 127 | 53                                | 1           | 0,251                 | 13,300                     | 38,750           |
| 128 | 2                                 | 1           | 0,600                 | 1,200                      | 120,000          |
| 129 | 1                                 | 1           | 0,300                 | 0,300                      | 60,000           |
| 130 | 6                                 | 1           | 0,133                 | 0,800                      | 160,000          |
| 131 | 18                                | 1           | 0,067                 | 1,200                      | 60,000           |
| 132 | 2                                 | 1           | 0,150                 | 0,300                      | 30,000           |
| 133 | 3                                 | 1           | 0,067                 | 0,200                      | 20,000           |
| 134 | 3                                 | 1           | 0,200                 | 0,600                      | 60,000           |
| 135 | 13                                | 1           | 0,231                 | 3,000                      | 100,000          |
| 136 | 4                                 | 1           | 0,125                 | 0,500                      | 100,000          |
| 137 | 1                                 | 1           | 1,000                 | 1,000                      | 200,000          |
| 138 | 3                                 | 1           | 0,233                 | 0,700                      | 140,000          |
| 139 | 2                                 | 1           | 0,200                 | 0,400                      | 40,000           |
| 140 | 4                                 | 1           | 0,075                 | 0,300                      | 60,000           |

Elaboración propia





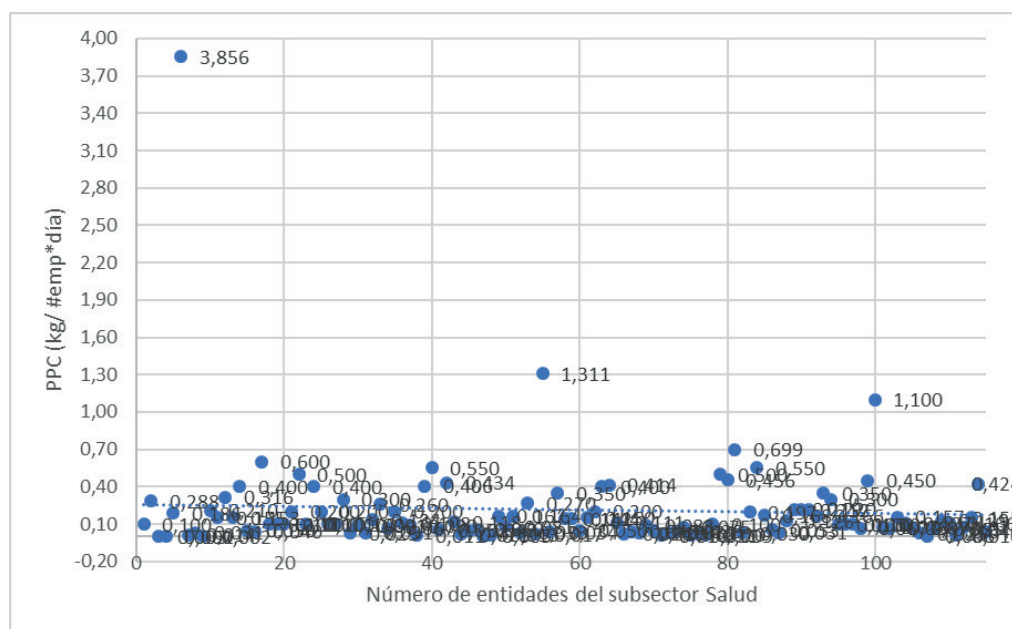


Tabla 29. Resultados análisis estadístico para el subsector Instituciones Salud

| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3)           | 78,21    | 99,60               | 42,57                  | 113,85       |
| Volumen Diario (m3)        | 1,89     | 19,43               | -5,06                  | 8,84         |
| Generación Diaria (Kg/día) | 15,72    | 58,53               | -5,23                  | 36,66        |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 0,21     | 0,37                | 0,07                   | 0,34         |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Gráfica de Dispersión de datos de generación per cápita en el subsector Salud



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 10, se presenta la dispersión de los datos para las 140 entidades de salud, y se puede ver un posible dato atípico, sin embargo, se encuentra en el rango de valores por lo que no se debe eliminar.

En la Tabla 29, se puede analizar que, la desviación estándar de la PPC fue de 0,37; y que está alejada de la media (0,21), así mismo, se presenta una desviación estándar alejada de sus medias para el resto de las variables, lo que se interpreta como alta dispersión de los datos, es decir, que los datos son heterogéneos.

La variación en los datos de este subsector se debe a que se caracterizaron no solo Clínicas y hospitales, sino que se tuvo en cuenta, consultorios médicos en los cuales la generación





diaria es significativamente baja y corresponde a una o dos personas máximo, y el número de pacientes o población flotante es mucho menor al promedio.

Los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos.

## 9.6. Resultados Producción Per Cápita y Densidad del Subsector Restaurantes

Se caracterizaron 80 restaurantes los cuales se componían de diferentes servicios de comida, entre ellas, cafeterías, restaurantes grandes y pequeños, panaderías, reposterías entre otras actividades asociadas al servicio de alimentación y bebidas.

Para tomar el estudio de ellos se tuvo cuenta primordialmente el número de personas flotantes que frecuentan en estos sitios ya que son ellos quien hacen el consumo de los servicios que estos ofrecen. Dentro de esto se observa que por su actividad económica tienden a generar mayor cantidad residuos orgánicos que no son aprovechados posteriormente y por lo tanto son entregados al camión recolector junto con los residuos ordinarios. En la siguiente tabla se presentan los datos de producción per-cápita del subsector Restaurantes.

**Tabla 30 Producción per-cápita y densidad del sector no residencial - Restaurantes**

| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 1  | 1                                 | 1           | 1,800000              | 1,80                       | 90,00            |
| 2  | 3                                 | 1           | 0,933333              | 2,80                       | 70,00            |
| 3  | 8                                 | 1           | 0,787500              | 6,30                       | 126,00           |
| 4  | 4                                 | 1           | 2,300000              | 9,20                       | 184,00           |
| 5  | 7                                 | 1           | 1,614286              | 11,30                      | 183,33           |
| 6  | 5                                 | 1           | 0,560000              | 2,80                       | 140,00           |
| 7  | 6                                 | 1           | 0,350000              | 2,10                       | 105,00           |
| 8  | 2                                 | 1           | 0,750000              | 1,50                       | 150,00           |
| 9  | 4                                 | 2           | 1,325000              | 5,30                       | 66,25            |
| 10 | 6                                 | 1           | 1,533333              | 9,20                       | 153,33           |
| 11 | 6                                 | 1           | 3,300000              | 19,80                      | 396,00           |
| 12 | 5                                 | 1           | 1,900000              | 9,50                       | 316,67           |





| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 13 | 7                                 | 1           | 0,700000              | 4,90                       | 98,00            |
| 14 | 5                                 | 1           | 5,160000              | 25,80                      | 258,00           |
| 15 | 12                                | 1           | 0,341667              | 4,10                       | 102,50           |
| 16 | 3                                 | 1           | 0,100000              | 0,30                       | 30,00            |
| 17 | 3                                 | 1           | 6,566667              | 19,70                      | 328,33           |
| 18 | 104                               | 1           | 0,128846              | 13,40                      | 134,00           |
| 19 | 4                                 | 1           | 1,000000              | 4,00                       | 80,00            |
| 20 | 4                                 | 1           | 0,675000              | 2,70                       | 90,00            |
| 21 | 5                                 | 1           | 0,960000              | 4,80                       | 96,00            |
| 22 | 4                                 | 1           | 1,325000              | 5,30                       | 176,67           |
| 23 | 6                                 | 1           | 0,650000              | 3,90                       | 97,50            |
| 24 | 11                                | 1           | 0,581818              | 6,40                       | 213,33           |
| 25 | 1                                 | 1           | 1,800000              | 1,80                       | 180,00           |
| 26 | 2                                 | 1           | 0,950000              | 1,90                       | 95,00            |
| 27 | 110                               | 1           | 0,627273              | 69,00                      | 216,82           |
| 28 | 10                                | 1           | 0,240000              | 2,40                       | 60,00            |
| 29 | 14                                | 1           | 1,542857              | 21,60                      | 180,00           |
| 30 | 11                                | 1           | 1,009091              | 11,10                      | 70,67            |
| 31 | 4                                 | 2           | 0,600000              | 2,40                       | 30,63            |
| 32 | 4                                 | 2           | 0,850000              | 3,40                       | 85,00            |
| 33 | 5                                 | 2           | 0,320000              | 1,60                       | 80,00            |
| 34 | 3                                 | 1           | 7,266667              | 21,80                      | 726,67           |
| 35 | 3                                 | 1           | 3,866667              | 11,60                      | 193,33           |
| 36 | 2                                 | 1           | 0,850000              | 1,70                       | 70,00            |
| 37 | 8                                 | 1           | 7,575000              | 60,60                      | 150,26           |
| 38 | 12                                | 1           | 0,533333              | 6,40                       | 92,86            |





| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 39 | 8                                 | 2           | 0,343750              | 2,75                       | 91,67            |
| 40 | 3                                 | 1           | 2,333333              | 7,00                       | 233,33           |
| 41 | 2                                 | 1           | 2,100000              | 4,20                       | 105,00           |
| 42 | 2                                 | 1           | 2,700000              | 5,40                       | 270,00           |
| 43 | 10                                | 1           | 0,120000              | 1,20                       | 60,00            |
| 44 | 4                                 | 1           | 2,675000              | 10,70                      | 356,67           |
| 45 | 5                                 | 1           | 3,440000              | 17,20                      | 122,86           |
| 46 | 6                                 | 1           | 1,200000              | 7,20                       | 240,00           |
| 47 | 4                                 | 1           | 1,025000              | 4,10                       | 68,33            |
| 48 | 8                                 | 1           | 0,650000              | 5,20                       | 115,56           |
| 49 | 10                                | 1           | 1,640000              | 16,40                      | 116,45           |
| 50 | 4                                 | 1           | 3,850000              | 15,40                      | 236,92           |
| 51 | 8                                 | 1           | 1,500000              | 12,00                      | 100,00           |
| 52 | 2                                 | 1           | 6,000000              | 12,00                      | 400,00           |
| 53 | 4                                 | 1           | 4,550000              | 18,20                      | 225,00           |
| 54 | 2                                 | 1           | 1,500000              | 3,00                       | 300,00           |
| 55 | 20                                | 1           | 0,480000              | 9,60                       | 106,67           |
| 56 | 11                                | 1           | 1,827273              | 20,10                      | 253,75           |
| 57 | 3                                 | 1           | 1,233333              | 3,70                       | 123,33           |
| 58 | 6                                 | 2           | 0,158333              | 0,95                       | 38,00            |
| 59 | 2                                 | 1           | 0,150000              | 0,30                       | 30,00            |
| 60 | 2                                 | 1           | 1,650000              | 3,30                       | 66,00            |
| 61 | 6                                 | 1           | 1,066667              | 6,40                       | 320,00           |
| 62 | 5                                 | 1           | 0,180000              | 0,90                       | 90,00            |
| 63 | 3                                 | 1           | 1,900000              | 5,70                       | 95,00            |
| 64 | 6                                 | 1           | 4,150000              | 24,90                      | 207,50           |





| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 65 | 12                                | 2           | 0,354167              | 4,25                       | 170,00           |
| 66 | 3                                 | 1           | 6,833333              | 20,50                      | 260,00           |
| 67 | 25                                | 1           | 0,568000              | 14,20                      | 91,25            |
| 68 | 200                               | 1           | 0,081500              | 16,30                      | 81,00            |
| 69 | 9                                 | 3           | 0,307407              | 2,77                       | 48,82            |
| 70 | 3                                 | 4           | 0,650000              | 1,95                       | 98,75            |
| 71 | 10                                | 1           | 1,440000              | 14,40                      | 91,25            |
| 72 | 12                                | 2           | 2,316667              | 27,80                      | 139,50           |
| 73 | 4                                 | 2           | 2,937500              | 11,75                      | 118,00           |
| 74 | 3                                 | 1           | 5,000000              | 15,00                      | 70,67            |
| 75 | 3                                 | 1           | 1,433333              | 4,30                       | 107,50           |
| 76 | 3                                 | 1           | 2,000000              | 6,00                       | 600,00           |
| 77 | 7                                 | 1           | 1,000000              | 7,00                       | 63,64            |
| 78 | 1                                 | 1           | 2,100000              | 2,10                       | 105,00           |
| 79 | 4                                 | 1           | 1,175000              | 4,70                       | 470,00           |
| 80 | 2                                 | 1           | 0,250000              | 0,50                       | 100,00           |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Resultados análisis estadístico para el subsector Instituciones restaurantes

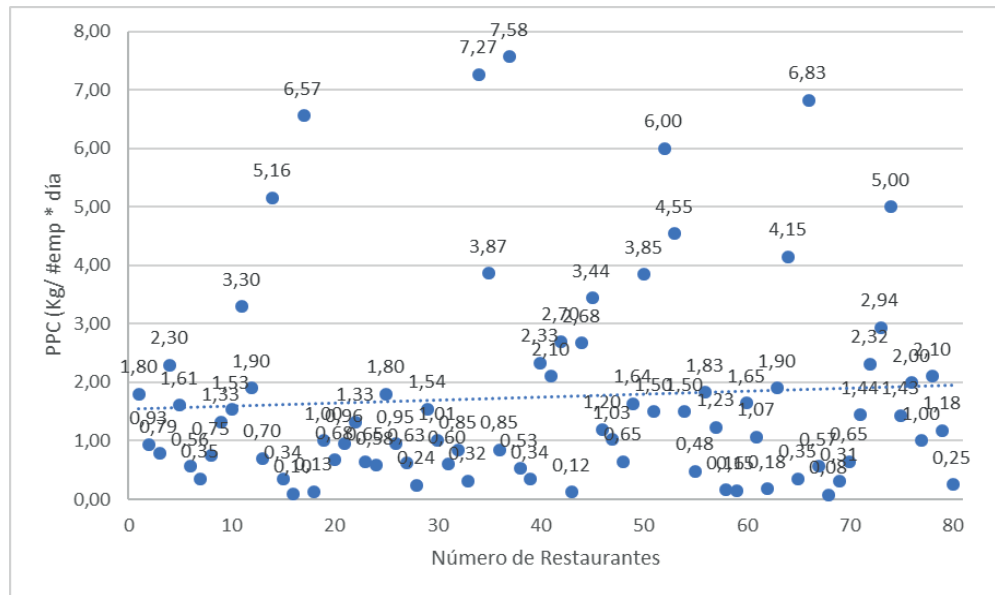
| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3)           | 161,29   | 124,20              | 134,08                 | 188,51       |
| Volumen Diario (m3)        | 0,07     | 0,08                | 0,06                   | 0,09         |
| Generación Diaria (Kg/día) | 9,57     | 11,26               | 7,10                   | 12,04        |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 1,75     | 1,77                | 1,37                   | 2,14         |

Fuente: Elaboración propia.





**Gráfico 11. Gráfica de Dispersión de datos de generación per cápita en el subsector Restaurantes**



**Fuente:** Elaboración propia

En el **Gráfico 11**, se presenta la dispersión de los datos para los 80 restaurantes.

En la **Tabla 31**, se puede analizar que, la desviación estándar de la PPC fue de 1,77; y que está muy cercana de la media (1,75), así mismo, se presenta una desviación estándar cercana de sus medias para el resto de las variables, lo que muestra homogeneidad en los datos y baja dispersión.

Los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos y que la PPC es representativa del Subsector.

### 9.7. Resultados Producción Per Cápita y Densidad del Subsector Plazas de Mercado

Para este sector se tomaron para el estudio 4 muestras, su población flotante es muy alta debido a que al ser sitios públicos donde se compran alimentos, es muy concurrido por tal motivo su afluencia es mayor.

En la siguiente tabla se evidencia la generación per-cápita de las diferentes plazas de mercado estudiadas.





Tabla 32. Producción per-cápita y densidad del sector no residencial- Plazas de Mercado

| ID                | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-------------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 1 (P.MINORISTA)   | 8162                              | 1           | 3,63                  | 29625,2                    | 234,28           |
| 2 (PCAMPO VALDÉS) | 587                               | 2           | 0,84                  | 490,25                     | 249,09           |
| 3 (P. DE FLORES)  | 821                               | 1           | 1,26                  | 1034,2                     | 252,27           |
| 4 (P. LA AMÉRICA) | 680                               | 1           | 0,58                  | 396,6                      | 200,63           |

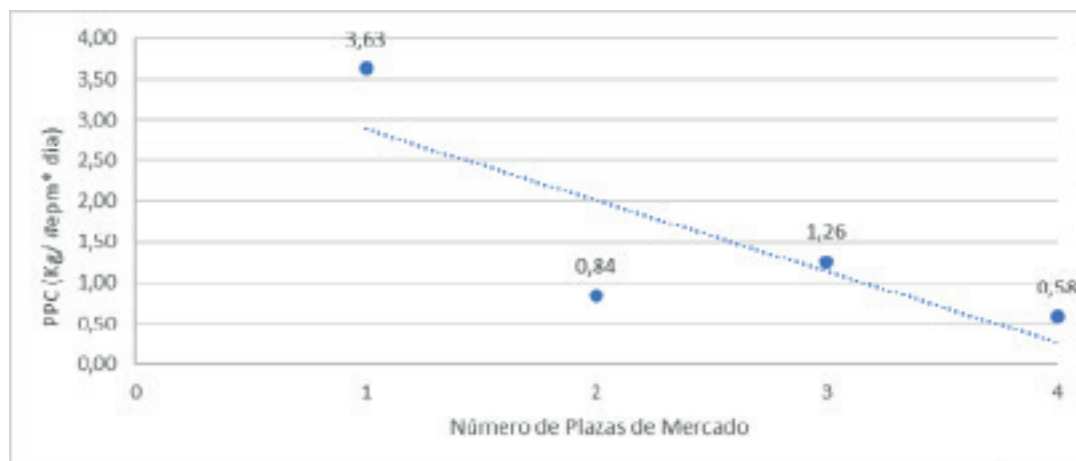
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Resultados análisis estadístico para el subsector Instituciones Plazas de Mercado

| Variables                  | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                            |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m3)           | 234,07   | 23,63               | 210,91                 | 257,23       |
| Volumen Diario (m3)        | 3,83     | 2,01                | 3,83                   | 5,80         |
| Generación Diaria (Kg/día) | 7886,56  | 14495,15            | -6318,69               | 22091,81     |
| PPC (kg/ #emp*día)         | 1,58     | 1,40                | 0,21                   | 2,95         |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12. Gráfica de Dispersión de datos de generación per cápita en el subsector Plazas de Mercado



Fuente: Elaboración propia





De la **Tabla 33**, se puede analizar que, la desviación estándar todas las variables están significativamente alejadas de sus respectivas media, lo que muestra heterogeneidad en los datos y una alta dispersión. Esta PPC no es representativa del subsector.

Los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos.

Lo anterior, se explica ya que, si bien las cuatro plazas de mercado caracterizadas tienen una generación diaria significativa de residuos, con respecto al resto de los subsectores, entre ellas, hay grandes diferencias, tanto de generación como de producción per cápita. Adicional a esto, el número de personas también varía significativamente tanto en el día como en la semana, se estima que la mayor población flotante se presenta los fines de semanas cuando las personas hacen mercado, sin embargo, ninguna plaza de mercado proporcionó datos de población flotante o algún conteo parecido.

## 9.8. Resultados Producción Per Cápita y Densidad del Subsector Comercial

Para el análisis en este subsector se tiene una muestra de 191 establecimientos, conformados por usuarios que tienen una gran variedad de actividades económicas, que van desde la venta y comercialización de productos hasta la prestación de bienes y servicios. Se tiene un incremento de 11 establecimientos de comercio en comparación con el estudio anterior, estos establecimientos equivalen a un 6,0% el número de muestras realizadas. En la siguiente tabla se evidencia la generación per-cápita de las diferentes plazas de mercado estudiadas.

**Tabla 34. Producción per-cápita y densidad del sector no residencial- Plazas de Mercado**

| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 1  | 65                                | 2           | 0,02                  | 1,40                       | 40,00            |
| 2  | 8                                 | 1           | 0,20                  | 1,60                       | 22,86            |
| 3  | 5                                 | 1           | 0,44                  | 2,20                       | 110,00           |
| 4  | 2                                 | 1           | 0,20                  | 0,40                       | 80,00            |
| 5  | 2                                 | 1           | 1,25                  | 2,50                       | 50,00            |
| 6  | 4                                 | 1           | 3,65                  | 14,60                      | 243,33           |
| 7  | 70                                | 1           | 0,16                  | 11,00                      | 37,19            |
| 8  | 26                                | 3           | 0,34                  | 8,97                       | 196,72           |
| 9  | 2                                 | 1           | 2,05                  | 4,10                       | 45,56            |
| 10 | 224                               | 1           | 0,12                  | 26,40                      | 74,81            |







| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 11 | 4                                 | 2           | 1,11                  | 4,45                       | 74,17            |
| 12 | 15                                | 2           | 0,55                  | 8,25                       | 51,08            |
| 13 | 60                                | 2           | 0,07                  | 4,30                       | 71,67            |
| 14 | 24                                | 1           | 0,20                  | 4,70                       | 58,75            |
| 15 | 11                                | 2           | 0,16                  | 1,80                       | 60,00            |
| 16 | 90                                | 2           | 0,44                  | 39,60                      | 59,27            |
| 17 | 15                                | 2           | 0,13                  | 1,95                       | 55,71            |
| 18 | 15                                | 1           | 0,23                  | 3,50                       | 31,82            |
| 19 | 8                                 | 1           | 1,01                  | 8,10                       | 45,00            |
| 20 | 45                                | 3           | 0,13                  | 6,07                       | 49,75            |
| 21 | 57                                | 1           | 0,18                  | 10,40                      | 115,56           |
| 22 | 1                                 | 1           | 0,10                  | 0,10                       | 20,00            |
| 23 | 2                                 | 1           | 0,10                  | 0,20                       | 40,00            |
| 24 | 17                                | 2           | 0,05                  | 0,85                       | 42,50            |
| 25 | 4                                 | 2           | 0,11                  | 0,45                       | 15,00            |
| 26 | 200                               | 1           | 0,08                  | 16,40                      | 64,09            |
| 27 | 4                                 | 1           | 0,20                  | 0,80                       | 26,67            |
| 28 | 8                                 | 1           | 0,23                  | 1,80                       | 45,00            |
| 29 | 200                               | 1           | 0,04                  | 7,90                       | 39,50            |
| 30 | 2                                 | 1           | 0,50                  | 1,00                       | 25,00            |
| 31 | 6                                 | 1           | 0,22                  | 1,30                       | 43,33            |
| 32 | 1                                 | 1           | 1,90                  | 1,90                       | 38,00            |
| 33 | 4                                 | 1           | 0,10                  | 0,40                       | 20,00            |
| 34 | 4                                 | 1           | 0,88                  | 3,50                       | 31,82            |
| 35 | 4                                 | 1           | 0,28                  | 1,10                       | 27,50            |
| 36 | 4                                 | 1           | 0,40                  | 1,60                       | 160,00           |





| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 37 | 4                                 | 3           | 0,48                  | 1,93                       | 145,00           |
| 38 | 10                                | 2           | 0,09                  | 0,85                       | 34,00            |
| 39 | 6                                 | 1           | 0,75                  | 4,50                       | 32,86            |
| 40 | 7                                 | 1           | 0,34                  | 2,40                       | 80,00            |
| 41 | 2                                 | 3           | 0,63                  | 1,27                       | 54,29            |
| 42 | 5                                 | 2           | 0,55                  | 2,75                       | 46,96            |
| 43 | 60                                | 1           | 0,17                  | 10,00                      | 50,00            |
| 44 | 196                               | 1           | 0,01                  | 2,90                       | 48,33            |
| 45 | 2                                 | 1           | 0,05                  | 0,10                       | 20,00            |
| 46 | 24                                | 1           | 0,08                  | 1,80                       | 30,00            |
| 47 | 1                                 | 2           | 0,80                  | 0,80                       | 40,00            |
| 48 | 3                                 | 1           | 0,27                  | 0,80                       | 114,29           |
| 49 | 60                                | 1           | 0,08                  | 4,90                       | 68,57            |
| 50 | 8                                 | 1           | 0,20                  | 1,60                       | 26,67            |
| 51 | 140                               | 2           | 0,01                  | 0,75                       | 22,50            |
| 52 | 30                                | 2           | 0,05                  | 1,45                       | 36,25            |
| 53 | 21                                | 8           | 0,07                  | 1,43                       | 60,00            |
| 54 | 15                                | 2           | 0,11                  | 1,60                       | 53,33            |
| 55 | 8                                 | 1           | 0,31                  | 2,50                       | 62,50            |
| 56 | 9                                 | 2           | 1,12                  | 10,10                      | 112,78           |
| 57 | 5                                 | 2           | 1,90                  | 9,50                       | 53,60            |
| 58 | 5                                 | 2           | 0,89                  | 4,45                       | 107,50           |
| 59 | 55                                | 2           | 0,43                  | 23,60                      | 63,61            |
| 60 | 51                                | 1           | 0,10                  | 5,30                       | 48,18            |
| 61 | 3                                 | 1           | 1,27                  | 3,80                       | 54,29            |
| 62 | 23                                | 1           | 3,42                  | 78,70                      | 344,16           |





| ID | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 63 | 4                                 | 1           | 0,10                  | 0,40                       | 40,00            |
| 64 | 8                                 | 2           | 5,49                  | 43,95                      | 39,67            |
| 65 | 4                                 | 1           | 0,33                  | 1,30                       | 43,33            |
| 66 | 12                                | 1           | 0,16                  | 1,90                       | 126,67           |
| 67 | 18                                | 3           | 0,33                  | 5,97                       | 32,49            |
| 68 | 3                                 | 2           | 0,73                  | 2,20                       | 44,00            |
| 69 | 38                                | 1           | 2,17                  | 82,50                      | 157,59           |
| 70 | 25                                | 1           | 0,29                  | 7,30                       | 201,67           |
| 71 | 13                                | 1           | 0,18                  | 2,30                       | 115,00           |
| 72 | 15                                | 1           | 0,98                  | 14,70                      | 60,79            |
| 73 | 2                                 | 1           | 0,40                  | 0,80                       | 20,00            |
| 74 | 8                                 | 1           | 0,04                  | 0,30                       | 10,00            |
| 75 | 145                               | 2           | 0,10                  | 14,30                      | 44,51            |
| 76 | 3                                 | 1           | 0,10                  | 0,30                       | 15,00            |
| 77 | 4                                 | 1           | 0,05                  | 0,20                       | 10,00            |
| 78 | 2                                 | 1           | 0,05                  | 0,10                       | 20,00            |
| 79 | 3                                 | 1           | 0,37                  | 1,10                       | 36,67            |
| 80 | 4                                 | 1           | 2,85                  | 11,40                      | 51,82            |
| 81 | 2                                 | 1           | 0,05                  | 0,10                       | 20,00            |
| 82 | 7                                 | 1           | 0,16                  | 1,10                       | 55,00            |
| 83 | 51                                | 1           | 0,03                  | 1,50                       | 50,00            |
| 84 | 315                               | 2           | 0,05                  | 15,65                      | 42,06            |
| 85 | 3                                 | 1           | 0,43                  | 1,30                       | 32,50            |
| 86 | 42                                | 1           | 0,02                  | 1,00                       | 25,00            |
| 87 | 23                                | 1           | 0,03                  | 0,60                       | 30,00            |
| 88 | 3                                 | 2           | 0,40                  | 1,20                       | 60,00            |





| ID  | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 89  | 7                                 | 1           | 0,06                  | 0,40                       | 40,00            |
| 90  | 1                                 | 1           | 0,20                  | 0,20                       | 20,00            |
| 91  | 51                                | 5           | 0,05                  | 2,56                       | 70,56            |
| 92  | 5                                 | 2           | 0,37                  | 1,85                       | 36,00            |
| 93  | 50                                | 1           | 0,13                  | 6,50                       | 81,25            |
| 94  | 35                                | 1           | 0,46                  | 16,20                      | 113,57           |
| 95  | 4                                 | 1           | 0,48                  | 1,90                       | 38,00            |
| 96  | 3                                 | 2           | 1,08                  | 3,25                       | 36,11            |
| 97  | 12                                | 1           | 0,15                  | 1,80                       | 90,00            |
| 98  | 3                                 | 1           | 0,50                  | 1,50                       | 46,67            |
| 99  | 4                                 | 1           | 0,90                  | 3,60                       | 72,00            |
| 100 | 11                                | 3           | 0,37                  | 4,07                       | 110,00           |
| 101 | 50                                | 1           | 0,40                  | 19,90                      | 45,75            |
| 102 | 2                                 | 1           | 0,05                  | 0,10                       | 100,00           |
| 103 | 105                               | 1           | 0,63                  | 65,80                      | 102,70           |
| 104 | 3                                 | 1           | 0,30                  | 0,90                       | 22,50            |
| 105 | 1                                 | 1           | 0,10                  | 0,10                       | 3,33             |
| 106 | 50                                | 1           | 0,01                  | 0,30                       | 30,00            |
| 107 | 3                                 | 1           | 0,50                  | 1,50                       | 50,00            |
| 108 | 100                               | 4           | 0,04                  | 3,68                       | 55,67            |
| 109 | 1                                 | 3           | 0,57                  | 0,57                       | 85,00            |
| 110 | 4                                 | 1           | 0,30                  | 1,20                       | 40,00            |
| 111 | 40                                | 1           | 0,36                  | 14,40                      | 113,25           |
| 112 | 3                                 | 1           | 1,20                  | 3,60                       | 36,00            |
| 113 | 4                                 | 1           | 0,38                  | 1,50                       | 37,50            |
| 114 | 1                                 | 1           | 0,10                  | 0,10                       | 100,00           |





| ID  | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 115 | 150                               | 3           | 0,43                  | 64,47                      | 63,06            |
| 116 | 52                                | 1           | 0,03                  | 1,40                       | 46,67            |
| 117 | 10                                | 1           | 0,36                  | 3,60                       | 72,00            |
| 118 | 5                                 | 1           | 0,16                  | 0,80                       | 40,00            |
| 119 | 20                                | 1           | 0,12                  | 2,40                       | 60,00            |
| 120 | 4                                 | 1           | 0,23                  | 0,90                       | 30,00            |
| 121 | 2                                 | 1           | 0,15                  | 0,30                       | 30,00            |
| 122 | 14                                | 1           | 1,01                  | 14,20                      | 66,79            |
| 123 | 4                                 | 1           | 0,23                  | 0,90                       | 45,00            |
| 124 | 20                                | 4           | 0,07                  | 1,40                       | 48,33            |
| 125 | 111                               | 2           | 0,07                  | 8,30                       | 46,56            |
| 126 | 4                                 | 1           | 0,18                  | 0,70                       | 23,33            |
| 127 | 25                                | 1           | 0,79                  | 19,80                      | 45,15            |
| 128 | 2                                 | 1           | 0,05                  | 0,10                       | 20,00            |
| 129 | 2                                 | 1           | 0,55                  | 1,10                       | 36,67            |
| 130 | 12                                | 1           | 0,59                  | 7,10                       | 201,25           |
| 131 | 7                                 | 1           | 0,16                  | 1,10                       | 55,00            |
| 132 | 1                                 | 1           | 0,80                  | 0,80                       | 80,00            |
| 133 | 78                                | 2           | 0,01                  | 1,00                       | 33,33            |
| 134 | 4                                 | 1           | 0,05                  | 0,20                       | 10,00            |
| 135 | 5                                 | 1           | 0,50                  | 2,50                       | 27,78            |
| 136 | 70                                | 1           | 0,09                  | 6,20                       | 124,00           |
| 137 | 2                                 | 1           | 0,10                  | 0,20                       | 40,00            |
| 138 | 30                                | 1           | 0,17                  | 5,20                       | 34,83            |
| 139 | 7                                 | 1           | 0,37                  | 2,60                       | 65,00            |
| 140 | 25                                | 1           | 0,09                  | 2,20                       | 44,00            |





| ID  | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 141 | 12                                | 1           | 0,38                  | 4,60                       | 51,11            |
| 142 | 2                                 | 2           | 15,48                 | 30,95                      | 225,50           |
| 143 | 2                                 | 1           | 0,70                  | 1,40                       | 46,67            |
| 144 | 1                                 | 1           | 0,10                  | 0,10                       | 33,33            |
| 145 | 107                               | 1           | 0,06                  | 6,60                       | 53,13            |
| 146 | 8                                 | 1           | 0,53                  | 4,20                       | 40,50            |
| 147 | 13                                | 1           | 0,05                  | 0,60                       | 15,00            |
| 148 | 14                                | 1           | 0,20                  | 2,80                       | 50,00            |
| 149 | 2                                 | 1           | 10,65                 | 21,30                      | 266,25           |
| 150 | 4                                 | 1           | 0,40                  | 1,60                       | 40,00            |
| 151 | 7                                 | 1           | 0,11                  | 0,80                       | 26,67            |
| 152 | 3                                 | 2           | 0,50                  | 1,50                       | 150,00           |
| 153 | 1                                 | 1           | 0,10                  | 0,10                       | 20,00            |
| 154 | 2                                 | 2           | 1,18                  | 2,35                       | 41,00            |
| 155 | 3                                 | 1           | 0,50                  | 1,50                       | 75,00            |
| 156 | 150                               | 1           | 0,04                  | 6,60                       | 59,09            |
| 157 | 2                                 | 1           | 0,10                  | 0,20                       | 200,00           |
| 158 | 3                                 | 2           | 0,48                  | 1,45                       | 116,00           |
| 159 | 7                                 | 1           | 0,07                  | 0,50                       | 2,50             |
| 160 | 10                                | 1           | 0,03                  | 0,30                       | 15,00            |
| 161 | 23                                | 2           | 0,82                  | 18,85                      | 236,25           |
| 162 | 12                                | 1           | 0,79                  | 9,50                       | 158,33           |
| 163 | 103                               | 2           | 0,03                  | 2,65                       | 58,89            |
| 164 | 345                               | 2           | 0,13                  | 45,70                      | 61,54            |
| 165 | 30                                | 1           | 0,09                  | 2,70                       | 90,00            |
| 166 | 11                                | 1           | 1,39                  | 15,30                      | 49,44            |





| ID  | N° empleados + Población flotante | Días aporte | PPC (kg/ persona*día) | Generación diaria (kg/día) | Densidad (Kg/m3) |
|-----|-----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|
| 167 | 15                                | 1           | 0,06                  | 0,90                       | 30,00            |
| 168 | 3                                 | 3           | 0,62                  | 1,87                       | 47,71            |
| 169 | 2                                 | 3           | 0,27                  | 0,53                       | 26,67            |
| 170 | 280                               | 1           | 0,10                  | 29,30                      | 58,82            |
| 171 | 6                                 | 4           | 0,03                  | 0,20                       | 20,00            |
| 172 | 1                                 | 2           | 0,60                  | 0,60                       | 80,00            |
| 173 | 2                                 | 2           | 0,98                  | 1,95                       | 55,71            |
| 174 | 46                                | 1           | 0,19                  | 8,90                       | 111,25           |
| 175 | 6                                 | 1           | 0,20                  | 1,20                       | 20,00            |
| 176 | 1440                              | 1           | 0,05                  | 77,40                      | 50,37            |
| 177 | 30                                | 1           | 0,81                  | 24,30                      | 86,81            |
| 178 | 10                                | 1           | 0,24                  | 2,40                       | 120,00           |
| 179 | 4                                 | 1           | 0,23                  | 0,90                       | 45,00            |
| 180 | 14                                | 1           | 0,04                  | 0,50                       | 83,33            |
| 181 | 2                                 | 1           | 0,20                  | 0,40                       | 80,00            |
| 182 | 6                                 | 1           | 0,17                  | 1,00                       | 200,00           |
| 183 | 5                                 | 1           | 0,30                  | 1,50                       | 100,00           |
| 184 | 17                                | 1           | 0,08                  | 1,40                       | 280,00           |
| 185 | 2                                 | 1           | 0,05                  | 0,10                       | 20,00            |
| 186 | 4                                 | 1           | 0,05                  | 0,20                       | 40,00            |
| 187 | 20                                | 1           | 0,09                  | 1,70                       | 85,00            |
| 188 | 26                                | 1           | 0,28                  | 7,30                       | 243,33           |
| 189 | 5                                 | 1           | 0,14                  | 0,70                       | 116,67           |
| 190 | 104                               | 1           | 0,02                  | 1,60                       | 160,00           |
| 191 | 2                                 | 1           | 0,40                  | 0,80                       | 80,00            |

Fuente: Elaboración propia.





El análisis estadístico para este subsector se presenta a continuación:

**Tabla 35. Resultados análisis estadístico para el subsector Comercial**

| Variables                        | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                                  |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )    | 66,97    | 55,56               | 59,09                  | 74,85        |
| Volumen Diario (m <sup>3</sup> ) | 0,15     | 0,35                | 0,10                   | 0,20         |
| Generación Diaria (Kg/día)       | 6,58     | 13,43               | 4,68                   | 8,49         |
| PPC (kg/ #emp*día)               | 0,56     | 1,47                | 0,35                   | 0,76         |

**Fuente:** Elaboración propia

Desde la estadística se busca una dispersión alrededor de la media y que el valor de PPC promedio estén alrededor de la misma. En la **Tabla 35** se puede analizar que, la desviación estándar de la PPC fue de 1,47; sin embargo, según el **Gráfico 13**, hay dos datos atípicos que están muy alejados de la media lo cual hace que los datos presenten una alta variabilidad, alta dispersión y poca homogeneidad, lo que se ve reflejado en un alto valor de la PPC promedio. El análisis anterior sugiere entonces que se debe hacer un nuevo análisis estadístico sin estos datos, que se presenta en la Tabla 36.

**Tabla 36. Resultados análisis estadístico para el subsector Comercial sin datos atípicos**

| Variables                        | Promedio | Desviación Estándar | Intervalo de Confianza |              |
|----------------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|
|                                  |          |                     | Lim Inferior           | Lim Superior |
| Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )    | 65,08    | 52,65               | 57,61                  | 72,54        |
| Volumen Diario (m <sup>3</sup> ) | 0,15     | 0,35                | 0,10                   | 0,20         |
| Generación Diaria (Kg/día)       | 6,38     | 13,34               | 4,49                   | 8,27         |
| PPC (kg/ #emp*día)               | 0,42     | 0,66                | 0,33                   | 0,52         |

**Fuente:** Elaboración propia

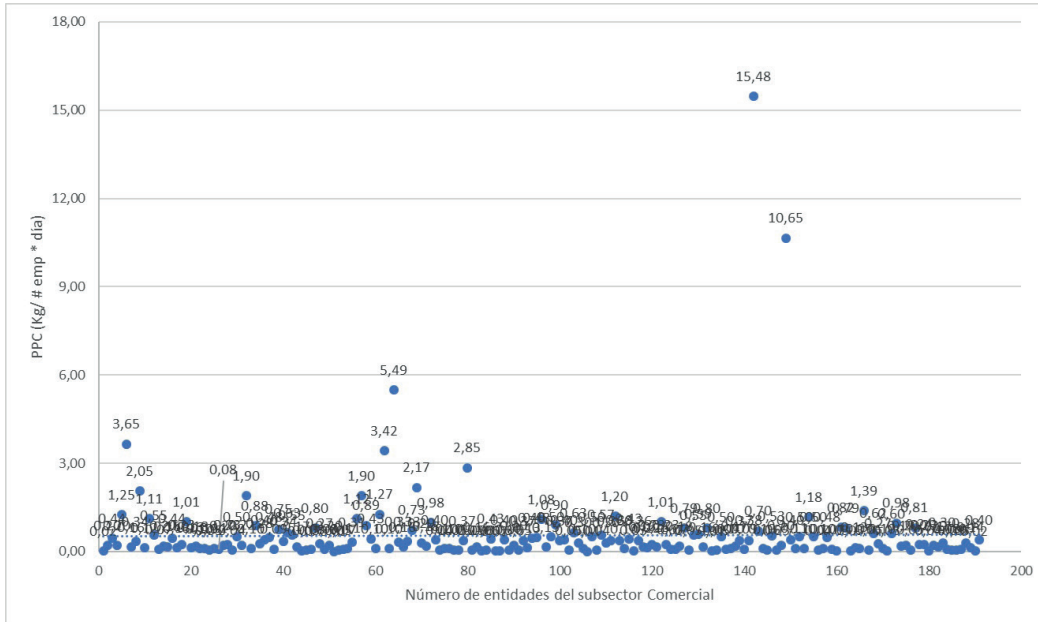
Los intervalos de confianza, para todas las variables, están dentro de los límites superior e inferior, se puede decir que el 95% de los promedios de estas variables para próximos estudios estarían dentro de los rangos y que la PPC es representativa para el subsector comercial.

En el **Gráfico 14**, se muestra la dispersión de los datos de la PPC sin los dos datos atípicos para el subsector, es decir para 189 establecimientos comerciales.



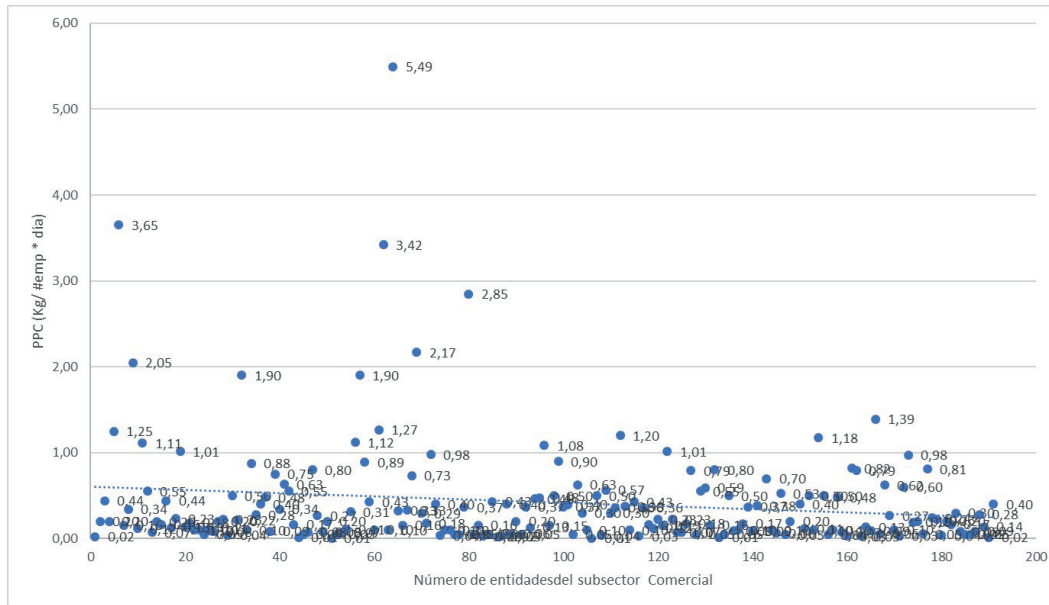


**Gráfico 13. Gráfica de Dispersión de datos de la producción per cápita en 191 empresas del Sector Comercial**



*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 14. Gráfica de Dispersión de producción per cápita en 189 empresas del Sector Comercial- Sin datos atípicos**



*Fuente: Elaboración propia*

En **Tabla 37**, se hace la recopilación y comparación de la información del estudio anterior de caracterización de residuos con el estudio actual, encontrando diferencias significativas en la mayoría de los PPC de los subsectores.





**Tabla 37. Comparación de los Resultados de la PPC promedio para los estudios de caracterización del año 2014 y 2018 por subsectores**

| Subsector                | Número de Unidades Generadoras | PPC (Kg muestra/ persona*día) 2014 | Número de Unidades Generadoras | PPC (Kg muestra/ persona*día) 2018 | Interpretación               |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Oficial                  | 20                             | 0,19                               | 30                             | 0,143                              | Disminuyó levemente          |
| Industrial               | 51                             | 1,18                               | 131                            | 0.436                              | Disminuyó significativamente |
| (Salud)                  | 50                             | 0,09                               | 140                            | 0,207                              | Aumentó significativamente   |
| Plazas de Mercado        | 2                              | 0,6                                | 4                              | 1,576                              | Aumentó significativamente   |
| Comercial                | 180                            | 0,43                               | 191                            | 0,555                              | Aumentó levemente            |
| Restaurantes             | 10                             | 0,35                               | 80                             | 1,753                              | Aumentó significativamente   |
| Centros Comerciales      | 11                             | 0,06                               | 15                             | 0,145                              | Aumentó significativamente   |
| Instituciones Educativas | 60                             | 0,06                               | 110                            | 0,056                              | Disminuyó levemente          |

El aumento de la PPC para los sectores Salud, Plazas de mercado y Restaurantes que se presenta en este estudio de caracterización con respecto al estudio del 2014, puede estar asociado a que en cada caso, se tuvieron en cuenta casi el doble de las entidades y en el caso de los restaurantes, aumentó en más del 70%, por lo que este indicador va a estar afectado por un número más alto de personal, empleados y aunque en muchos de los establecimientos no se tenía el dato de la población flotante, específicamente para estos tres subsectores es bastante alta, por lo tanto, esto se traduce en una mayor cantidad de residuos producidos y caracterizados.

Todas las densidades bajaron debido a que el volumen de trabajo fue significativamente mayor con el que se trabajó en el estudio de caracterización anterior, esto se debe a que se visitaron más empresas por subsector, como se puede apreciar en la **Tabla 38**.

Se recomienda entonces que para futuros estudio y con el ánimo de que los estudios sean comparativos estadísticamente entre sí, se mantenga un número igual o similar de entidades, es decir, que el tamaño de la muestra se mantenga y los resultados sean más ajustados a la realidad de producción de residuos de cada subsector.





**Tabla 38. Comparación de los Resultados de las densidades promedio para los estudios de caracterización del año 2014 y 2018 por subsectores**

| Subsector                | Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) 2014 | Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) 2018 |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Oficial                  | 113,54                             | 80,68                              |
| Industrial               | 134,52                             | 87,692                             |
| Clínicas y hospitales    | 86,99                              | 78,21                              |
| Plazas de Mercado        | 351,84                             | 234,07                             |
| Comercial                | 96,43                              | 66,971                             |
| Restaurantes             | 243,26                             | 161,29                             |
| Centros Comerciales      | 139,9                              | 85,56                              |
| Instituciones Educativas | 122,7                              | 98,21                              |

*Informe final del estudio de Caracterización de residuos sólidos, UdeM, 2014.*

En el caso de los restaurantes y las plazas de mercado, la densidad es mayor con respecto a los otros subsectores, esto es debido a que el porcentaje de residuos biodegradables y putrescibles es el mayor con un 55% y un 79.96% respectivamente. Comparando con los diversos valores de la literatura, se tiene que la densidad para residuos de comida mezclados puede estar entre 131-481 Kg/m<sup>3</sup>, estos valores de densidad entran dentro de este rango.





## 10. COMPOSICIÓN FÍSICA PORCENTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR NO RESIDENCIAL

En este ítem del Informe se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de los residuos para cada subsector, y su respectivo análisis, además, se realiza una comparación con los resultados de los estudios anteriores.

### Subsector Industrial

Tabla 39. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial.

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 12,590%        |
| Residuos de alimentos               | 11,621%        |
| Residuos de jardín y poda           | 0,969%         |
| <b>MADERA</b>                       | 2,017%         |
| Madera no inmunizada                | 1,911%         |
| Residuos de carpintería             | 0,106%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 4,167%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 3,603%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 19,802%        |
| PET (1)                             | 3,459%         |
| PEAD (2)                            | 0,670%         |
| PVC (3)                             | 0,093%         |
| PEBD (4)                            | 7,797%         |
| PP (5)                              | 3,182%         |
| PS (6)                              | 2,036%         |
| OTROS PLÁSTICOS (7)                 | 2,564%         |
| <b>VIDRIO</b>                       | 2,871%         |
| <b>METALES</b>                      | 0,903%         |
| <b>TEXTILES</b>                     | 8,664%         |
| <b>ESPECIALES</b>                   | 2,445%         |





| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Escombros  | 1,309%         |
| Llantas  | 0,588%         |
| <b>RAEE</b>  | 0,535%         |
| Otros Especiales   | 0,012%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>  | 36,008%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc.      | 7,114%         |
| Papel no reciclable  | 6,600%         |
| Cartón no reciclable   | 1,771%         |
| Plástico aluminizado   | 1,075%         |
| Icopor   | 0,135%         |
| Tetrapack  | 0,337%         |
| Caucho   | 0,264%         |
| Cuero  | 0,096%         |
| Espumas  | 0,992%         |
| Otro ordinarios y barrido  | 17,624%        |
| <b>PELIGROSOS</b>  | 4,420%         |
| Madera Inmunizada  | 0,051%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 1,240%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,051%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,058%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,069%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,000%         |

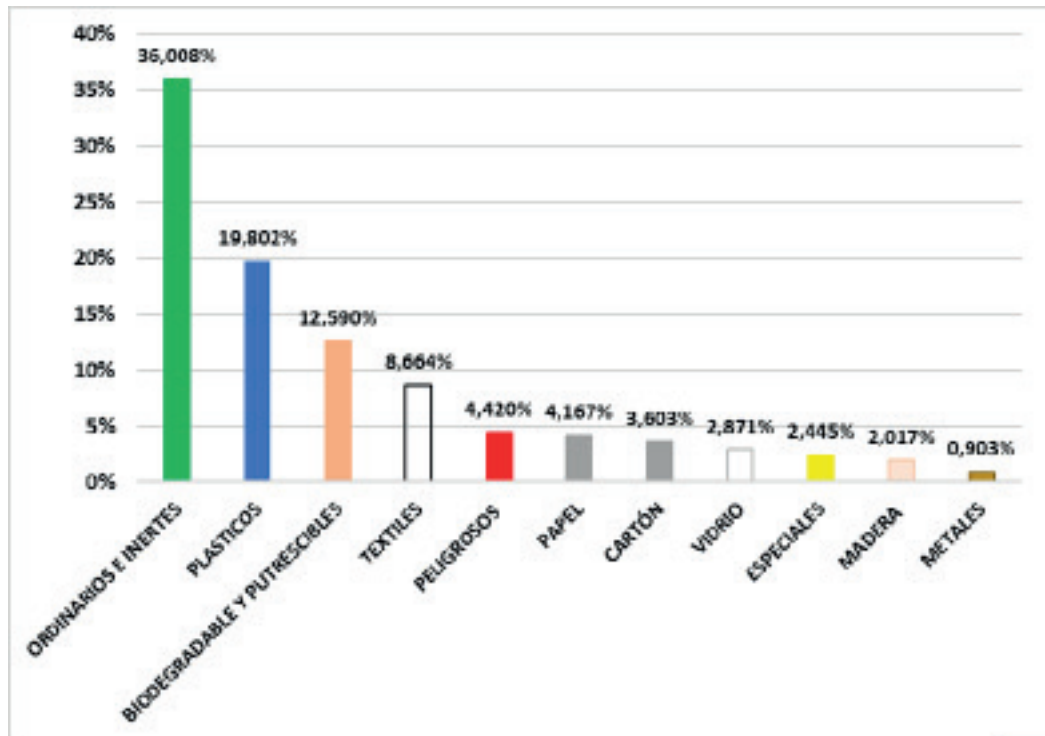




| Componente                                     | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Contaminados con Pinturas, Solventes           | 1,881%         |
| Contaminados con Aceites, grasas               | 0,127%         |
| Lodos y escorias peligrosas                    | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio) | 0,012%         |
| Otros peligrosos                               | 0,932%         |
| <b>Totales</b>                                 | <b>97,489%</b> |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial.



Fuente: Elaboración propia

Dentro del estudio de caracterización de residuos sólidos en Medellín y sus cinco corregimientos, se empieza a resumir los mayores componentes generados en diferentes sectores económicos, en primer lugar, se realiza el análisis de la composición del sector industrial, el cual tiene como mayor componente de generación en todos sus subsectores los residuos Ordinarios e Inertes con un porcentaje de 36%; dentro del cual predominan los residuos clasificados como Otro ordinarios y barrido con un porcentaje de 17,624% el cual se atribuye al aseo general que se realiza dentro y fuera de las instalaciones. El Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, entre otros, tienen un porcentaje de 7,114%, después se tienen los residuos de papel no reciclable con 6,6%, el cartón no reciclable igualmente





se encuentra con un porcentaje de 1,771%, y plástico aluminizado con 1,075% del cual se atribuye al uso por el almacenamiento y transporte de alimentos, en menor proporción, inferiores al 1% se encuentran los componentes de Espumas con 0,992%, Tetrapack con 0,337%, luego Caucho con 0,264%, y por último el Icopor con 0,135% y Cuero con 0,096%.

Comparando este componente en general con el estudio del 2014 tuvo una disminución ya que este tuvo un valor de 40,91% de composición.

En segundo lugar, está el plástico con un porcentaje de composición de 19,802%, teniendo como plástico principal el PEBD (4) con un porcentaje de composición de 7,797% el cual es usado en LA fabricación de bolsas, luego le sigue el PET (1) con 3,459% el cual es usado para almacenamiento de diferentes bebidas, igualmente hace presencia el PP (5) con 3,182% el cual se utiliza en diferentes insumos desechables como los vasos que son utilizados para el consumo de bebidas, así mismo están los OTROS PLÁSTICOS con una 2,564%, el PS (6) con 2,036%, a causa de los empaques y contenedores para el transporte y consumo de alimentos, por último, dos componentes plásticos en menor proporción, el PEAD (2) con 0,670% y el PVC (3) con 0,093%. Este componente ha aumentado teniendo en cuenta el estudio de caracterización realizado en el 2014 el cual registró un porcentaje de 14,34%.

Los biodegradables y putrescibles se ubican en la tercera posición de esta caracterización con un porcentaje de composición de 12,590%, en el cual los residuos de alimentos con 11,621% su mayor componente gracias a la industria alimentaria como su mayor aportante, y los residuos de poda con 0,969% que hacen parte de las zonas verdes instaladas en algunas instalaciones industriales.

Hay que resaltar la disminución de este componente ya que en el estudio del 2014 este ocupó el segundo lugar de generación con un porcentaje del 19,48%.

En cuarto lugar, los residuos textiles tuvieron una representación del 8,664%, con respecto al estudio de caracterización del 2014, se presentó un aumento ya que en este año fue del 3,62%, lo cual se puede atribuir a que se tuvieron un número mayor de empresas de manufactura dentro de este subsector.

En el quinto lugar se encuentran los residuos peligrosos con un 4,420%, dentro de esta categoría se encontró que los Contaminados con Pinturas, Solventes fueron los más generados por las industrias, con una representación del 1,881%, el cual puede atribuirse al uso de insumos y materiales para la limpieza y mantenimiento de maquinarias y equipos de las diferentes actividades económicas, el asunto de atención es que se están depositando con los residuos ordinarios sin cumplir la normatividad de separación de residuos peligrosos.

En orden descendente siguen: Biosanitarios y cortopunzantes con un 1,240% asociados a que dentro de las instalaciones se encuentran servicios de primeros auxilios además de que en los residuos se encontraron elementos cortopunzantes como vidrio quebrados el cual puede poner en riesgo la salud de las personas de las empresas y la de los empleados del servicio de recolección de residuos; Otros tipos de peligrosos con un 0,932%, por último, los Contaminados con Aceites, grasas con 0,127%, Tóner y cintas de impresión con 0,069%, Lámparas fluorescentes con 0,058%, Madera Inmunizada con 0,051%, residuos de preparación de tintas, colorantes pigmentos. Otros Con 0,051%, las pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio) con 0,012%.





Es preocupante lo que se evidencia en este estudio de caracterización, ya que este componente se incrementó en comparación con el estudio del año 2014 en el cual tuvo un porcentaje 2,38%, es decir se incrementó el doble.

El Papel se encuentra en la sexta posición con 4,167%, este componente ha aumentado ya que comparándolo con el estudio anterior tuvo un porcentaje de 2,16% lo que puede interpretarse como falencias en los sistemas de separación en la fuente y de reúso de este material dentro de las mismas.

El cartón en el 2014 tuvo participación en 3,71% y este año su participación fue similar con un 3,603% ocupando la séptima posición.

El vidrio con 2,871%, los residuos especiales con 2,445% y los metales con 0,903% presentaron aumento en su generación, ya que, en el 2014, se reportaron para los residuos especiales un 0,64%, metales 0.34% y vidrio 0.24% de generación; a diferencia de la madera con 2,017%, tuvo una disminución importante y significativa ya que en el anterior tuvo un porcentaje de 12,20% ocupando el cuarto lugar de generación en este sector.

Para entender mejor la heterogeneidad y diferencias dentro de este subsector, en las siguientes páginas se presentan los resultados para cada categoría, Alimentos, Manufactura, Metalurgia, Plásticos, Químicos y Otros.

## Alimentos

**Tabla 40. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial alimentos.**

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 28,971%        |
| Residuos de alimentos               | 28,272%        |
| Residuos de jardín y poda           | 0,698%         |
| <b>MADERA</b>                       | 0,195%         |
| Madera no inmunizada                | 0,195%         |
| Residuos de carpintería             | 0,000%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 1,158%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 0,840%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 26,130%        |
| PET (1)                             | 2,169%         |
| PEAD (2)                            | 0,394%         |
| PVC (3)                             | 0,037%         |







| Componente  | Porcentaje (%) |
|---|----------------|
| <b>PEBD (4)</b>   | 16,435%        |
| <b>PP (5)</b>   | 3,124%         |
| <b>PS (6)</b>   | 1,645%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>                                      | 2,326%         |
| <b>VIDRIO</b>   | 0,648%         |
| <b>METALES</b>  | 0,161%         |
| <b>TEXTILES</b>   | 1,035%         |
| <b>ESPECIALES</b>   | 0,353%         |
| Escombros   | 0,000%         |
| Llantas   | 0,000%         |
| <b>RAEE</b>   | 0,353%         |
| Otros Especiales  | 0,000%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>                                     | 33,801%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc. | 9,990%         |
| Papel no reciclable   | 1,585%         |
| Cartón no reciclable  | 2,971%         |
| Plástico aluminizado  | 1,115%         |
| Icopor  | 0,030%         |
| Tetrapack   | 0,175%         |
| Caucho  | 0,005%         |
| Cuero   | 0,000%         |
| Espumas   | 0,037%         |
| Otro ordinarios y barrido                                       | 17,894%        |
| <b>PELIGROSOS</b>   | 4,112%         |
| Madera Inmunizada   | 0,094%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                  | 3,460%         |





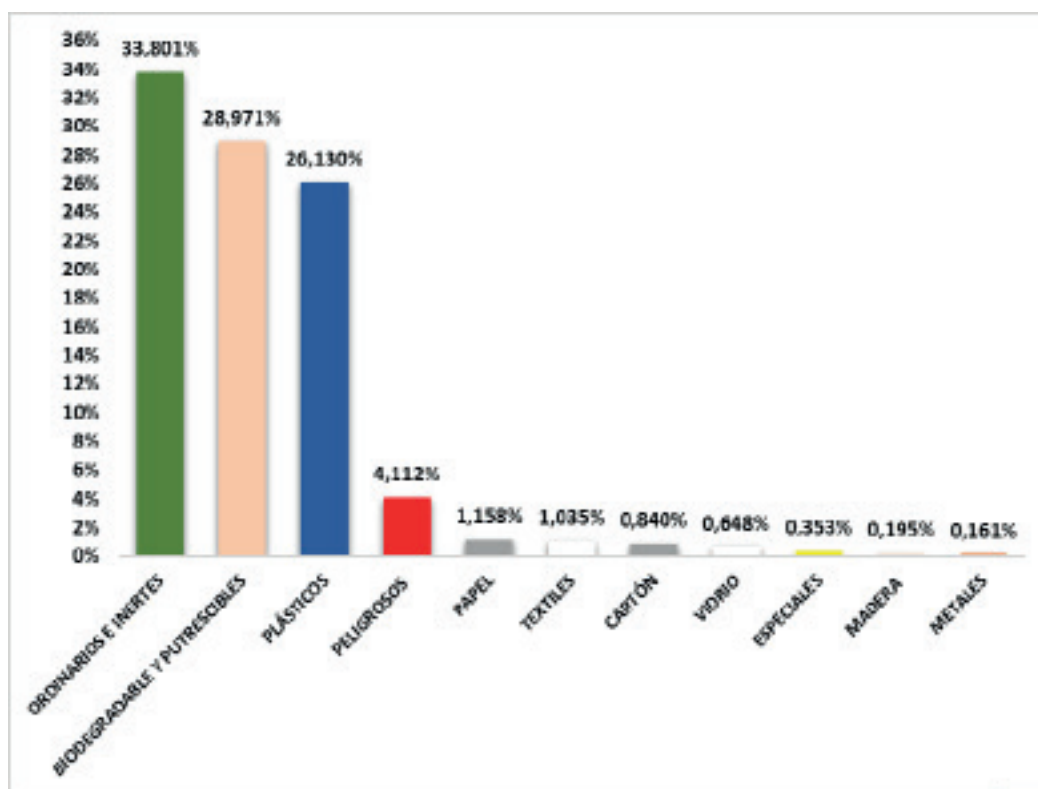
| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,309%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,000%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,000%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes                                 | 0,000%         |
| Contaminados con Aceites, grasas                                     | 0,219%         |
| Lodos y escorias peligrosas  | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio)                       | 0,000%         |
| Otros peligrosos   | 0,030%         |
| <b>Total</b>   | <b>97,403</b>  |

*Fuente: Elaboración propia*





Gráfico 16. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial alimentos.



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico 16** y en la **Tabla 40** se puede apreciar los resultados de las caracterizaciones realizadas dentro del subsector industrial de alimentos, donde predominan los Residuos Ordinarios e Inertes con un 33,801%, dentro del cual Otros ordinarios y barridos componen el 17,894% atribuido al aseo general que se realiza en las instalaciones industriales ya que por lo general poseen un gran tamaño; le siguen los residuos de Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, con 9,990% a los que pertenecen a los sanitarios y cafeterías que hay en el lugar, sigue el Cartón no reciclable con 2,971%, luego con un porcentaje de 1,585% está el papel no reciclable, y el plástico aluminizado con 1,115%, así mismo, se encontraron otros componentes con menos representación porcentual como son el Icopor con 0,030%, Tetrapack 0,175%, Caucho 0,005% y Espumas 0,037%, en este estudio en este subsector no se encontró cuero en las caracterizaciones. Al compararlo con la caracterización del estudio realizado en el 2014, se puede evidenciar que hubo un aumento, ya que ese año se registró un valor de 29,06%.

En segundo lugar se reportaron los residuos biodegradables y putrescibles con un 28,971%, y el mayor aportante a este componente fueron los residuos de alimentos con 28,272% lo cual se atribuye precisamente a la actividad económica de la categoría, después el aporte de los residuos de poda que es mínimo con 0,698%, es importante resaltar que en el estudio pasado este subsector presento la mayor generación con un porcentaje de 44,16%, y comparando con el estudio actual hubo una disminución que puede deberse a mejoras en procesos operativos de las empresas lo que ha minimizado la cantidad de residuos de alimentos mezclados con otro tipo de residuos como ordinarios.





El plástico ocupa en tercer lugar con un porcentaje de composición de 26,130%, teniendo al PEBD (4) con 16,435% siendo el plástico más generado, le sigue el PP (5) con 3,124%, luego están OTROS PLÁSTICOS (7) con 2,326%, después el PET (1) con 2,169%, y por último otros componentes plásticos con menos porcentaje como lo son los PS (6) con 1,645%, PEAD (2) con 0,394% y por último el PVC (3) con 0,037%. Igualmente realizando la comparación con el estudio realizado en el 2014, el plástico con 15,05% presentó un aumento lo que puede atribuirse al uso del plástico para almacenamiento, conservación y transporte de alimentos.

Con un porcentaje de 4,112% se encuentran los residuos peligrosos, conformado por los Biosanitarios y cortopunzantes con un porcentaje de 3,460%, lo que se atribuye a que algunos procesos de fabricación de alimentos contenían residuos de sangre o residuos contaminados con ella. Luego están en menor proporción los Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos con 0,309%, los Contaminados con aceites y grasas con 0,219%, los residuos de madera inmunizada con 0,094%, y por último los Otros peligrosos con 0,030%. Esto demuestra un incremento en la generación ya que en el 2014 se generó un total de 0,56% de residuos peligrosos en esta categoría, posiblemente porque se abordaron un mayor número

de empresas o por fallas en la gestión de este tipo de residuos dentro de las organizaciones.

Con menor participación se encuentran los residuos de Papel con 1,158%, Textiles con 1,035%, Cartón con 0,840%, Vidrio con 0,648%, Especiales con 0,353%, Madera con 0,195%, y con el menor porcentaje los Metales con 0,161%.

## Manufactura

En este estudio también se realizó la caracterización a la industria manufacturera, los datos están reflejados en la **Tabla 41** y el **Gráfico 17**.

**Tabla 41. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Manufactura.**

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 8,311%         |
| Residuos de alimentos               | 7,160%         |
| Residuos de jardín y poda           | 1,151%         |
| <b>MADERA</b>                       | 4,835%         |
| Madera no inmunizada                | 4,625%         |
| Residuos de carpintería             | 0,209%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 6,675%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 4,496%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 14,309%        |
| <b>PET (1)</b>                      | 4,431%         |





| Componente  | Porcentaje (%) |
|---|----------------|
| PEAD (2)  | 0,239%         |
| PVC (3)   | 0,093%         |
| PEBD (4)  | 4,139%         |
| PP (5)  | 2,044%         |
| PS (6)  | 1,424%         |
| OTROS PLÁSTICOS (7)   | 1,939%         |
| VIDRIO  | 3,400%         |
| METALES   | 0,965%         |
| TEXTILES  | 16,877%        |
| ESPECIALES  | 2,551%         |
| Escombros   | 2,294%         |
| Llantas   | 0,000%         |
| RAEE  | 0,257%         |
| Otros Especiales  | 0,000%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>                                     | <b>32,433%</b> |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc. | 7,141%         |
| Papel no reciclable   | 4,950%         |
| Cartón no reciclable  | 0,434%         |
| Plástico aluminizado  | 0,958%         |
| Icopor  | 0,025%         |
| Tetrapack   | 0,582%         |
| Caucho  | 0,013%         |
| Cuero   | 0,121%         |
| Espumas   | 1,066%         |
| Otro ordinarios y barrido                                       | 17,143%        |
| <b>PELIGROSOS</b>   | <b>3,417%</b>  |
| Madera Inmunizada   | 0,000%         |





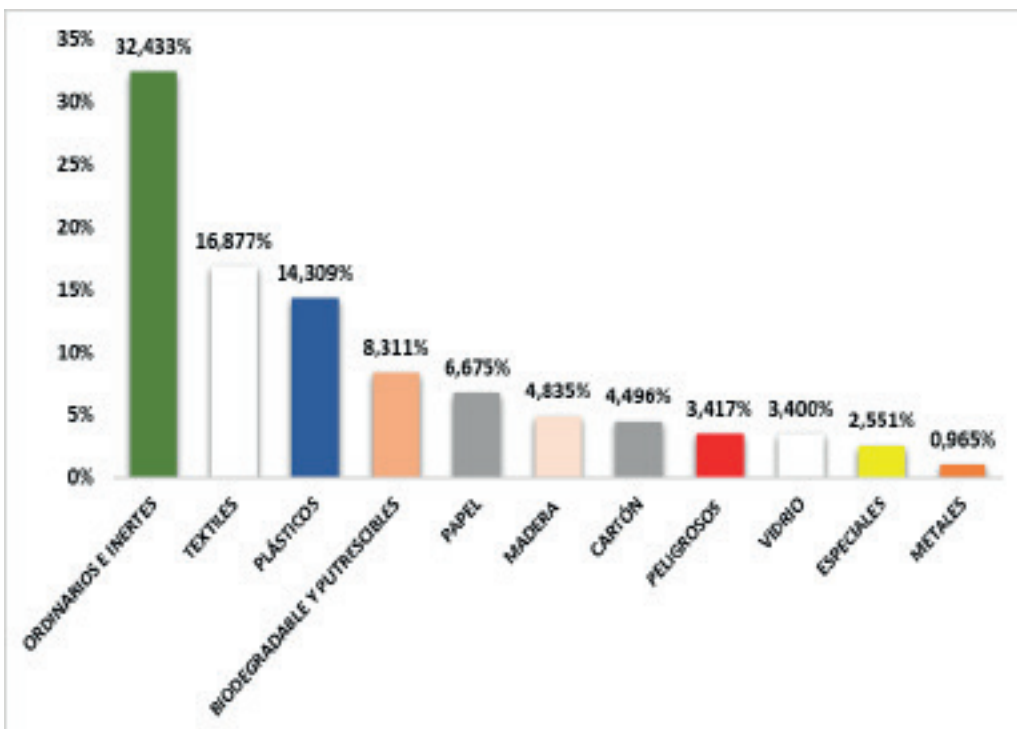
| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 0,538%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,004%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,041%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,031%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes                                 | 2,362%         |
| Contaminados con Aceites, grasas                                     | 0,025%         |
| Lodos y escorias peligrosas  | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio)                       | 0,000%         |
| Otros peligrosos   | 0,417%         |
| <b>Total</b>   | <b>98,268%</b> |

**Fuente:** Elaboración propia





Gráfico 17. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Manufactura.



Fuente: Elaboración propia

En el primer lugar se pueden apreciar los residuos Ordinarios e Inertes con un 32,433% en el total de este subsector, dentro del cual los Otro ordinarios y barrido con 17,143% son el porcentaje más alto, el siguiente es el Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, con 7,141%, después el Papel no reciclable con 4,950%, las Espumas con 1,066%, y otros componentes con menor porcentaje como Plástico aluminizado con 0,958%, Cartón no reciclable con 0,434%, Tetrapack con 0,582%, Cuero con 0,121%, Icopor con 0,025% y por último el Caucho con 0,013%. En comparación con el estudio del 2014, este componente presenta un leve aumento pasando de 31,86% a 32,433%.

El segundo componente es el textil con 16,877%, debido a que está relacionado directamente con las actividades económicas que realizan las empresas de Manufactura y sus consecuentes residuos, en comparación con el estudio anterior disminuyó ya que tuvo un valor de 23,76%.

Los residuos Plásticos con 14,309%, ocupan el tercer lugar, donde el PET (1) presentó el valor más alto con 4,431%, posiblemente debido a que es comúnmente usado para el envase, transporte y almacenamiento de bebidas que se consuman dentro de las instalaciones de las empresas, luego sigue el PEBD (4) con 4,139% el cual se utiliza para fabricación de bolsas muy usadas en esta actividad para el empaque de prendas y accesorios, después se observa el PP (5) con 2,044% y luego están los OTROS PLÁSTICOS (7) con 1,939%, el PS (6) con 1,424%, el PEAD (2) con 0,239% y finalmente el PVC (3) con 0,093% consecutivamente. Para análisis de tiempo comparado con el estudio anterior, tuvo este componente un aumento ya que en el 2014 presento un porcentaje de 11,94% y ocupó el cuarto lugar.





En cuarto lugar, está el papel con 6,675%, lo que indica que aún se puede aprovechar este componente para su reciclaje y posterior reúso; en el 2014 tuvo una generación del 6,41% lo que indica que en estas empresas aún no se ha aprovechado el potencial de este residuo.

En menor cantidad se encuentran la Madera con un porcentaje de 4,835%, que con respecto al estudio del 2014 en el cual se reportó un 0,61% tuvo un aumento importante, a diferencia del Cartón que disminuyó pasando de 14.69% a 4,496% en este estudio.

Siguiendo con los componentes menos generados se registran los PELIGROSOS con 3,417%, el VIDRIO con 3,4%, los residuos ESPECIALES con 2,551% y por último los METALES con 0,965%.

## Metalurgia

En este estudio también se realizó la caracterización a la industria metalúrgica, los datos están reflejados en el Gráfico 18 y la Tabla 42.

**Tabla 42. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Metalurgia.**

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 16,077%        |
| Residuos de alimentos               | 15,125%        |
| Residuos de jardín y poda           | 0,952%         |
| <b>MADERA</b>                       | 0,161%         |
| Madera no inmunizada                | 0,076%         |
| Residuos de carpintería             | 0,085%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 2,077%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 6,764%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 22,114%        |
| PET (1)                             | 5,010%         |
| PEAD (2)                            | 1,081%         |
| PVC (3)                             | 0,000%         |
| PEBD (4)                            | 8,990%         |
| PP (5)                              | 3,276%         |
| PS (6)                              | 3,225%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>          | 0,532%         |







| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| <b>VIDRIO</b>  | 3,373%         |
| <b>METALES</b>   | 0,310%         |
| <b>TEXTILES</b>  | 5,294%         |
| <b>ESPECIALES</b>  | 3,232%         |
| Escombros  | 2,204%         |
| Llantas  | 0,000%         |
| <b>RAEE</b>  | 0,952%         |
| Otros Especiales   | 0,076%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>  | 31,645%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc.      | 5,481%         |
| Papel no reciclable  | 3,507%         |
| Cartón no reciclable   | 1,862%         |
| Plástico aluminizado   | 1,558%         |
| Icopor   | 0,022%         |
| Tetrapack  | 0,073%         |
| Caucho   | 0,437%         |
| Cuero  | 0,000%         |
| Espumas  | 0,000%         |
| Otro ordinarios y barrido  | 18,703%        |
| <b>PELIGROSOS</b>  | 5,906%         |
| Madera Inmunizada  | 0,000%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 1,732%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,000%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,265%         |

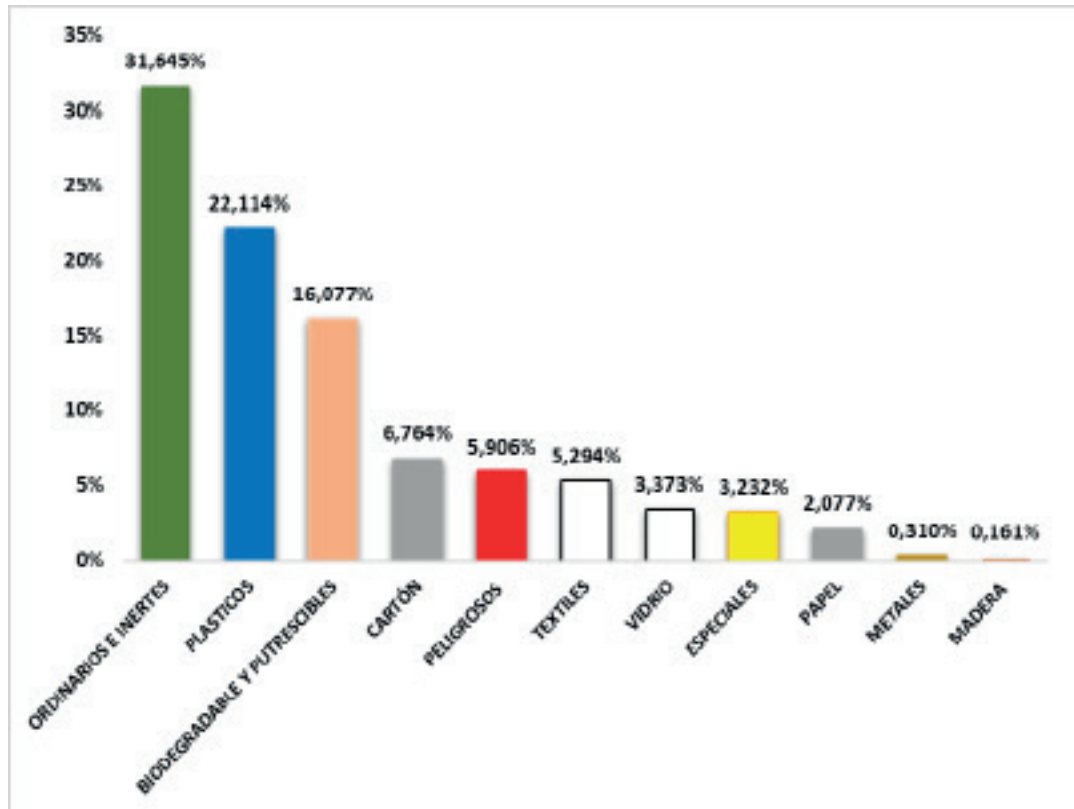




| Componente                                     | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Tóner y cintas de impresión.                   | 0,361%         |
| Pieles contaminadas                            | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)                             | 0,000%         |
| Fármacos                                       | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes           | 2,552%         |
| Contaminados con Aceites, grasas               | 0,529%         |
| Lodos y escorias peligrosas                    | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio) | 0,000%         |
| Otros peligrosos                               | 0,468%         |
| <b>Total</b>                                   | <b>96,954%</b> |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Metalurgia.



Fuente: Elaboración propia





El componente más generado por esta industria son los Ordinarios e Inertes con un 31,645%, el cual está compuesto principalmente por Otros Ordinario y Barrido con un 18,703%, siguen los residuos de Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, con 5,481%, el Papel no reciclable con 3,507%, el Cartón no reciclable con 1,862%, el Plástico aluminizado con 1,558%, el Caucho con 0,437%, el Tetrapack con 0,073%, y por último el Icopor con 0,022%, dentro de este estudio no se encontraron componentes como el cuero o espumas; con relación al estudio de caracterización del 2014, en el cual se reportó un porcentaje de Ordinarios e Inertes de 49,28% se reporta una disminución sustancial en este componente, posiblemente dada por mejor una gestión de residuos dentro de las empresas.

En el segundo lugar se encuentran los residuos de plásticos con un porcentaje de 22,114% en donde el plástico principal es el PEBD (4) con 8,990%, luego el PET (1) con 5,010%, le siguen el PP (5) con 3,276% y el PS (6) con 3,225%, por último, está el PEAD (2) con 1,081% y el que menos participación tiene es el OTROS PLÁSTICOS (7) con 0,559% y el PVC (3) que no se registró. Estos plásticos internamente son generados especialmente por los empleados ya que en ellos transportan o almacenan todo tipo de alimentos y bebidas que terminan dentro de los residuos ordinarios; hay que mencionar que en comparación con los Ordinarios e Inertes, este componente se incrementó sustancialmente ya que en el anterior estudio tuvo porcentaje de 10,70%, lo cual puede deberse a dos razones, la primera es que se tuvieron en cuenta más empresas en este estudio y el alto consumo de plásticos al que las personas están sometidas a diario en la actualidad.

Los Biodegradables y Putrescibles que están en el tercer lugar con porcentaje de composición de 16,077%, el cual está compuesto mayormente por los residuos de alimentos con 15,125%, proveniente de las cafeterías internas presentes en los sitios y alimentos traídos externamente por los empleados, y los residuos de poda con un 0,952% proveniente de la poda de las zonas verdes de las instalaciones. En el 2014 hubo un porcentaje del 12,39% lo que señala un aumento en la generación de este residuo en este componente.

El cuarto lugar es para el Cartón, el cual tiene una composición porcentual de 6,764%, utilizado comúnmente para el transporte y almacenamiento de insumos, materias primas, papelería y otros elementos que se puedan utilizar dentro de este subsector industrial, y es evidente su incremento con respecto al estudio anterior ya que tuvo un porcentaje del 2,71% en su composición.

Un componente que llama la atención es el de los residuos peligrosos con un porcentaje del 5,906%, ya que teniendo en cuenta la normatividad y el riesgo que tienen estos residuos se deben manejar de una forma especial para su disposición final, dentro de los residuos peligrosos se encontró que los Contaminados con Pinturas, Solventes con un porcentaje de 2,552% fueron los más altos, después en menor porcentaje están los Biosanitarios y cortopunzantes con 1,732%, le siguen los Contaminados con Aceites, grasas con 0,529%, los Otros peligrosos con 0,468%, las Tóner y cintas de impresión con 0,361%, y las Lámparas fluorescentes con 0,265%, todos estos componentes se utilizan dentro de las empresas en los procesos de mantenimiento preventivo, también pueden ser generados por procesos de reparación de maquinaria y equipos, por el cambio de luminarias y equipos de tóner e impresoras.

Este tipo de residuos que se clasifican como peligrosos también pueden estar relacionados con la actividad económica de cada empresa, por lo cual deben estar debidamente identificados, así como saber en qué procesos se producen o si algunos son materias primas, por ejemplo, cualquier recipiente de pintura, aceite, lubricante, insumo químico, que quede impregnado





con este tipo de sustancia, se convierte en un residuo peligroso y se debe tratar de la misma manera que el producto como tal y cómo se están gestionando sus residuos peligrosos, de ahí la importancia de tener un plan de gestión de residuos implementado adecuadamente.

Es importante resaltar que este porcentaje ha venido disminuyendo ya que, en el estudio de caracterización del 2014, este subsector registró una alta generación de residuos peligrosos, ocupando el segundo lugar de generación con un 12,97%, sin embargo, se deben mejorar las estrategias de separación, almacenamiento y disposición de este tipo de residuos bajo la normatividad actual.

Por último, se encontraron otros componentes como son los Textiles con 5,294%, el Vidrio con 3,373%, los Especiales con 3,232% que en su mayoría son de los escombros con un 2,204%, los RAEE con 0,952% y los Otros Especiales con 0,076%; siguen los residuos de Papel con 2,077%, los Metales con 0,310% y por último los de Madera con 0,161%.

## Plásticos

En la Tabla 43 y el Gráfico 19 se presentan los resultado para esta categoría dentro del subsector Industriales.

**Tabla 43. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Plásticos.**

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 6,293%         |
| Residuos de alimentos               | 4,075%         |
| Residuos de jardín y poda           | 2,218%         |
| <b>MADERA</b>                       | 0,324%         |
| Madera no inmunizada                | 0,324%         |
| Residuos de carpintería             | 0,000%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 0,381%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 1,029%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 33,079%        |
| PET (1)                             | 2,306%         |
| PEAD (2)                            | 1,926%         |
| PVC (3)                             | 0,000%         |
| PEBD (4)                            | 8,401%         |
| PP (5)                              | 9,123%         |
| PS (6)                              | 0,924%         |





| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>   | 10,398%        |
| <b>VIDRIO</b>  | 1,035%         |
| <b>METALES</b>   | 0,228%         |
| <b>TEXTILES</b>  | 6,402%         |
| <b>ESPECIALES</b>  | 2,711%         |
| Escombros  | 0,658%         |
| Llantas  | 0,000%         |
| <b>RAEE</b>  | 2,054%         |
| Otros Especiales   | 0,000%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>  | 43,184%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc.      | 7,021%         |
| Papel no reciclable  | 16,737%        |
| Cartón no reciclable   | 1,198%         |
| Plástico aluminizado   | 1,263%         |
| Icopor   | 0,000%         |
| Tetrapack  | 0,042%         |
| Caucho   | 0,023%         |
| Cuero  | 0,000%         |
| Espumas  | 0,000%         |
| Otro ordinarios y barrido  | 16,900%        |
| <b>PELIGROSOS</b>  | 0,107%         |
| Madera Inmunizada  | 0,000%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 0,000%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,000%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |

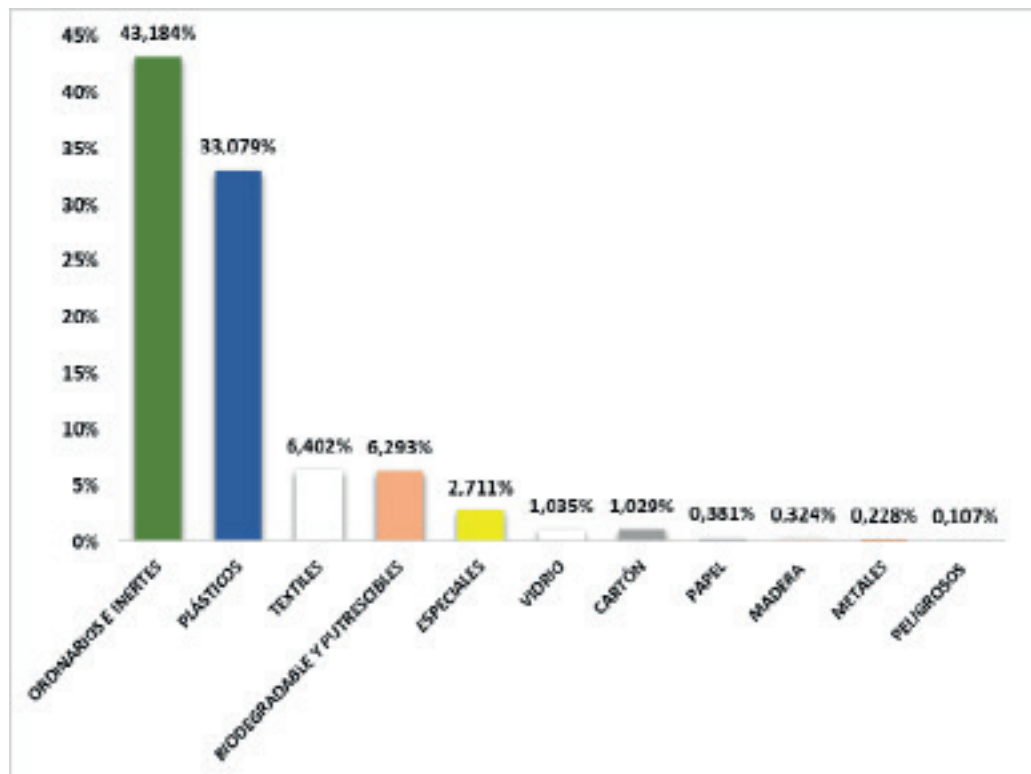




| Componente                                     | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Lámparas fluorescentes                         | 0,000%         |
| Tóner y cintas de impresión.                   | 0,000%         |
| Pieles contaminadas                            | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)                             | 0,000%         |
| Fármacos                                       | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes           | 0,089%         |
| Contaminados con Aceites, grasas               | 0,000%         |
| Lodos y escorias peligrosas                    | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio) | 0,000%         |
| Otros peligrosos                               | 0,018%         |
| <b>Total</b>                                   | <b>94,773%</b> |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Plásticos.



Fuente: Elaboración propia





Dentro de la categoría de las empresas de Plásticos, el mayor componente en el estudio de caracterización fueron los residuos ordinarios e inertes con un porcentaje de 43,184% y su mayor aportante fueron los Otro ordinarios y barrido con 16,9%, atribuido al barrido y aseo general de las instalaciones, le sigue el Papel no reciclable con 16,737%, así mismo el Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, que componen el 7,021%, de los servicios sanitarios y usos de servilleta, otros componentes con menos participación son el Cartón no reciclable con 1,198%, Plástico aluminizado con 1,263%, Tetrapack con 0,042%, Caucho con 0,023%; esto evidencia una disminución de los residuos ordinarios en este estudio ya que en el 2014 tuvo un porcentaje de 66,77%.

En segundo lugar, nuevamente se encuentran los Plásticos con un porcentaje del 33,079% el cual aumentó significativamente ya que en comparación al estudio del 2014 fue de 26,78%.

En este estudio la presencia de los Plásticos de mayor a menor fue: OTROS PLÁSTICOS (7) con 10,398 %, el PP (5) con 9,123%, PEBD (4) con 8,401%, el PET (1) con 2,306%, el PEAD (2) con 1,926%, el PS (6) con 0,924%, y por último el PVC (3) sin participación, este comportamiento en la producción de residuos plásticos es debido a la actividad económica de las empresas visitadas, en donde los residuos que dejan estas empresas contienen gran cantidad de ellos, así mismo, como en las otras actividades se generan con base al consumo, transporte y almacenamiento de los alimentos y bebidas que comúnmente son contenidos en estos plásticos.

En la tercera posición esta los residuos Textiles con 6,402%, el cual se observa claramente un aumento de este componente debido a que el estudio realizado en el año 2014 obtuvo un porcentaje de 1,51%; igualmente los residuos Biodegradable y Putrescibles con 6,293%, también aumentaron ya que en el estudio del año 2014 tuvo un porcentaje de 2.05%.

Se registraron otros componentes con menor porcentaje como son los Especiales con 2,711%, el Vidrio con 1,035%, el Cartón con 1,029%, el Papel con 0,381%, la Madera con 0,324%, los Metales con 0,228%, y por último los residuos Peligrosos con 0,107%.

## Químicos

En la Tabla 44 y el Gráfico 20 se presentan los resultado para esta categoría dentro del subsector Industriales.

**Tabla 44. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Química.**

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 11,895%        |
| Residuos de alimentos               | 11,254%        |
| Residuos de jardín y poda           | 0,641%         |
| <b>MADERA</b>                       | 0,526%         |
| Madera no inmunizada                | 0,526%         |
| Residuos de carpintería             | 0,000%         |





| Componente  | Porcentaje (%) |
|---|----------------|
| <b>PAPEL</b>  | 4,212%         |
| <b>CARTÓN</b>   | 5,131%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>  | 21,136%        |
| <b>PET (1)</b>  | 1,736%         |
| <b>PEAD (2)</b>   | 0,739%         |
| <b>PVC (3)</b>  | 0,434%         |
| <b>PEBD (4)</b>   | 11,621%        |
| <b>PP (5)</b>   | 1,678%         |
| <b>PS (6)</b>   | 3,127%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>                                      | 1,800%         |
| <b>VIDRIO</b>   | 1,675%         |
| <b>METALES</b>  | 0,382%         |
| <b>TEXTILES</b>   | 0,470%         |
| <b>ESPECIALES</b>   | 0,000%         |
| Escombros   | 0,000%         |
| Llantas   | 0,000%         |
| <b>RAEE</b>   | 0,000%         |
| Otros Especiales  | 0,000%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>                                     | 43,324%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc. | 11,024%        |
| Papel no reciclable   | 9,929%         |
| Cartón no reciclable  | 5,940%         |
| Plástico aluminizado  | 1,163%         |
| Icopor  | 0,334%         |
| Tetrapack   | 0,709%         |
| Caucho  | 0,026%         |
| Cuero   | 0,000%         |







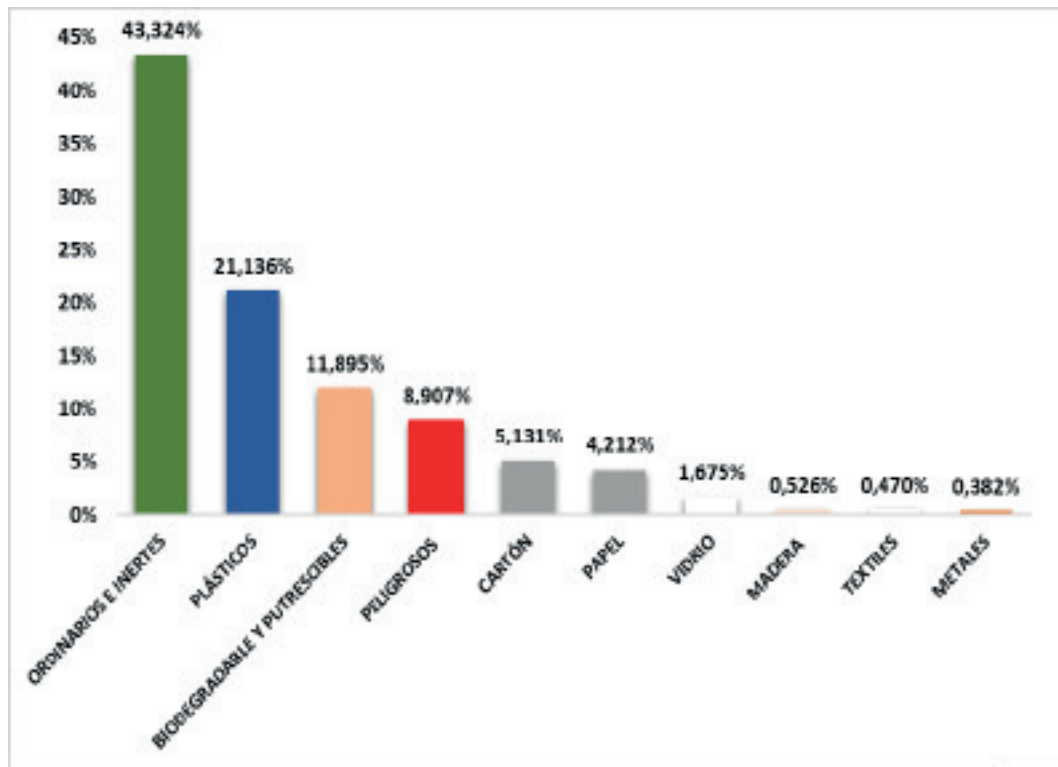
| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Espumas  | 0,000%         |
| Otro ordinarios y barrido  | 14,199%        |
| <b>PELIGROSOS</b>  | <b>8,907%</b>  |
| Madera Inmunizada  | 0,000%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 2,542%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,000%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,000%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,000%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes                                 | 6,223%         |
| Contaminados con Aceites, grasas                                     | 0,000%         |
| Lodos y escorias peligrosas  | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio)                       | 0,136%         |
| Otros peligrosos   | 0,006%         |
| <b>Total</b>   | <b>97,657%</b> |

**Fuente:** Elaboración propia





Gráfico 20. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector industrial Química.



**Fuente:**

El subsector industrial Químico tiene un comportamiento similar a las otras categorías, ya que en esta industria predominan los residuos Ordinarios e Inertes con un porcentaje de composición de 43,324%, dentro del cual los Otro ordinarios y barrido participan con 14,199%, del cual provienen del aseo general de las instalaciones, los residuos de Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, reportaron un 11,024% los cuales son generados por los servicios sanitarios, entre otros, después el Papel no reciclable con 9,929%, el Cartón no reciclable con 5,940%, siguen componentes con menos porcentaje el Plástico aluminizado con 1,163%, el Tetrapack con 0,709%, el Icopor con 0,334%, y el Caucho con 0,026%.

Los residuos Ordinarios e Inertes disminuyeron sustancialmente con respecto al estudio del año 2014 ya que en ese año presentaron un porcentaje de composición de 77,83%. Lo anterior puede deberse a mejoras en la gestión de los residuos en este tipo de empresas que se ve reflejada en una mejor separación en la fuente y en una disminución de este tipo de residuos.

Siguiendo la tendencia, en segundo lugar, se encuentran los Plásticos con un porcentaje de 21,136%, compuestos por el PEBD (4) con 11,621% como mayor generador debido a los empaques y frascos utilizados para almacenamiento y distribución de los diferentes productos químicos, los demás plásticos están en menor proporción porcentual como el PS (6) con 3,127%, OTROS PLÁSTICOS (7) con 1,8%, el PP (5) con 1,678%, el PET (1) con 1,736%, el PEAD (2) con 0,739%, y por último el PVC (3) con 0,434%.

En el 2014 los Plásticos tuvieron una participación del 7,30% lo cual refleja un aumento significativo de este componente, debido a las mismas razones anteriormente mencionadas,





la primera es que en este estudio se tuvieron en cuenta más empresas ya la segunda es que el consumo masivo de plástico en las diferentes industrias es cada vez más notorio y común por su versatilidad, costos y duración.

Los residuos de Biodegradable y Putrescibles con un porcentaje de 11,895% ocupan el tercer lugar de composición dentro de la industria química, dentro del cual los residuos de alimentos son los que predominan con 11,254% el cual se atribuye a los alimentos que consumen los trabajadores de la industria, y los residuos de poda con 0,641%, que hacen parte de las zonas verdes internas y externas de las instalaciones. 11,78% fue el porcentaje de composición de este tipo de residuos en el estudio realizado en el 2014, el cual refleja que relativamente se mantiene la generación de este residuo.

Por otra parte, los residuos peligrosos están en el cuarto lugar con 8,907%; no se puede comparar con el estudio anterior ya que este no arroja datos con base a este residuo. Dentro de este componente se encuentran los Contaminados con Pinturas, Solventes con 6,223%, los Biosanitarios y cortopunzantes con 2,542%, las Pelusas y Filamentos ligeros (fibra de vidrio) con 0,136%, y los Otros peligrosos con 0,006%.

Por último, otros componentes con menor composición como el Cartón con 5,131%, Papel con 4,212%, Vidrio con 1,675%, la Madera con 0,526%, los Textiles con 0,470%, los Metales con 0,382%, los Especiales no se encontraron en este estudio en esta categoría.

## Otros industriales

En la Tabla 45 y el Gráfico 21, se presentan los resultado para esta categoría dentro del subsector Industriales.

**Tabla 45. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Otras industrias.**

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 6,276%         |
| Residuos de alimentos               | 6,276%         |
| Residuos de jardín y poda           | 0,000%         |
| <b>MADERA</b>                       | 0,599%         |
| Madera no inmunizada                | 0,481%         |
| Residuos de carpintería             | 0,118%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 6,030%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 1,121%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 13,891%        |
| <b>PET (1)</b>                      | 2,287%         |
| <b>PEAD (2)</b>                     | 0,719%         |





| Componente  | Porcentaje (%) |
|---|----------------|
| <b>PVC (3)</b>  | 0,109%         |
| <b>PEBD (4)</b>   | 3,282%         |
| <b>PP (5)</b>   | 2,920%         |
| <b>PS (6)</b>   | 2,924%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>                                      | 1,649%         |
| <b>VIDRIO</b>   | 5,757%         |
| <b>METALES</b>  | 3,356%         |
| <b>TEXTILES</b>   | 5,460%         |
| <b>ESPECIALES</b>   | 5,317%         |
| Escombros   | 0,265%         |
| Llantas   | 4,816%         |
| <b>RAEE</b>   | 0,236%         |
| Otros Especiales  | 0,000%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>                                     | 44,121%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc. | 2,725%         |
| Papel no reciclable   | 11,253%        |
| Cartón no reciclable  | 1,584%         |
| Plástico aluminizado  | 0,532%         |
| Icopor  | 0,707%         |
| Tetrapack   | 0,097%         |
| Caucho  | 1,502%         |
| Cuero   | 0,417%         |
| Espumas   | 4,808%         |
| Otro ordinarios y barrido                                       | 20,497%        |
| <b>PELIGROSOS</b>   | 6,069%         |
| Madera Inmunizada   | 0,296%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                  | 0,000%         |





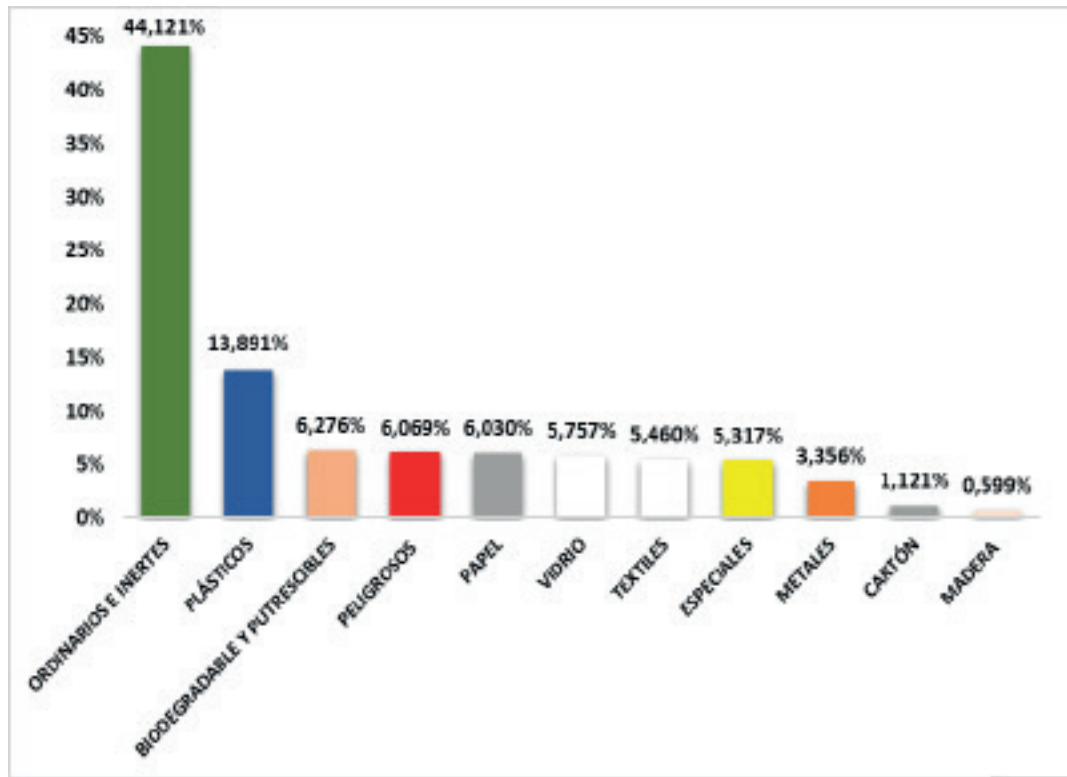
| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,016%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,000%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,000%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes                                 | 0,075%         |
| Contaminados con Aceites, grasas                                     | 0,000%         |
| Lodos y escorias peligrosas  | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio)                       | 0,000%         |
| Otros peligrosos   | 5,682%         |
| <b>Total</b>   | <b>97,997%</b> |

**Fuente:** Elaboración propia





Gráfico 21. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Otras industrias



**Fuente:**

Por último, para la categoría “OTRO” del subsector industrial, en donde se encuentran las empresas con otras actividades económicas diferentes en la parte industrial como vidrio, caucho, mármol, autopartes, no es ajena al comportamiento que tuvieron las otras categorías industriales, es decir, predominan los residuos Ordinarios e Inertes con un porcentaje de composición de 44,121%, dentro del cual los residuos Otros ordinarios y barrido encabeza la lista con un 20,497%, lo sigue el Papel no reciclable con 11,253%, las Espumas con 4,808%; en menor proporción está el Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, con 2,725%, el Cartón no reciclable con 1,584%, el Caucho con 1,502%, el Icopor con 0,707%, plástico aluminizado con 0,532%, el cuero con 0,417%, y por último el Tetrapack con 0,097%; es necesario resaltar que en este subsector hubo un incremento en la generación de este componente ya que en el estudio realizado en el 2014 su porcentaje fue solo del 9,92%.

En segundo lugar, nuevamente se encuentran los Plásticos con un 13,891%, que se desglosa de la siguiente manera: PEBD (4) con 3,282%, el PS (6) con 2,924%, el PP (5) con 2,92%, el PET (1) con 2,287%; los OTROS PLÁSTICOS (7) con 1,649%, el PEAD (2) con 0,719%, y finaliza la lista de plásticos el PVC (3) con 0,109%. Es notable resaltar el aumento de este componente debido a la diversidad actividades económicas ya que el estudio del 2014 registró un 2,91% de residuos plásticos, ocupando el cuarto puesto.

Los Biodegradable y Putrescibles con 5,907%, los Peligrosos con 6,276%, el Papel con 6,030%, el Vidrio con 5,757%, los Textiles con 5,460%, los Especiales con 5,317% y los Metales con 3,356%, tuvieron un aumento con respecto al estudio realizado en el 2014, cuando reportaron





(0,48%, 5,40%, 0,71%, 0,25% respectivamente; ese aumento se atribuye a la diversidad de las empresas caracterizadas en el actual estudio.

El cartón con 1,121% si tuvo una disminución pues el dato registrado del 2014 señala que este componente tuvo un porcentaje del 2,83%.

Por último, llama la atención los residuos de la Madera, ya que en el 2014 tuvo un porcentaje registrado de 75,04% con respecto al actual que tuvo un porcentaje del 0,599%, lo que evidencia que hubo una importante participación de una o varias empresas dedicadas a la comercialización de la madera en ese año.

## 10.2. Subsector centros comerciales

En la **Tabla 46** y el **Gráfico 22**, se presentan los resultados del dentro del subsector Centros comerciales.

**Tabla 46. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Centros Comerciales.**

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 26,402%        |
| Residuos de alimentos               | 22,691%        |
| Residuos de jardín y poda           | 3,711%         |
| <b>MADERA</b>                       | 0,000%         |
| Madera no inmunizada                | 0,000%         |
| Residuos de carpintería             | 0,000%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 2,115%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 0,798%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 15,837%        |
| PET (1)                             | 2,852%         |
| PEAD (2)                            | 0,422%         |
| PVC (3)                             | 0,000%         |
| PEBD (4)                            | 6,906%         |
| PP (5)                              | 2,608%         |
| PS (6)                              | 2,440%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>          | 0,609%         |





| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| <b>VIDRIO</b>  | 3,010%         |
| <b>METALES</b>   | 0,229%         |
| <b>TEXTILES</b>  | 0,628%         |
| <b>ESPECIALES</b>  | 0,858%         |
| Escombros  | 0,822%         |
| Llantas  | 0,000%         |
| <b>RAEE</b>  | 0,036%         |
| Otros Especiales   | 0,000%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>  | 48,275%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc.      | 8,526%         |
| Papel no reciclable  | 7,498%         |
| Cartón no reciclable   | 3,217%         |
| Plástico aluminizado   | 1,072%         |
| Icopor   | 0,086%         |
| Tetrapack  | 0,456%         |
| Caucho   | 0,228%         |
| Cuero  | 0,000%         |
| Espumas  | 0,000%         |
| Otro ordinarios y barrido  | 27,190%        |
| <b>PELIGROSOS</b>  | 0,736%         |
| Madera Inmunizada  | 0,143%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 0,174%         |
| residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,000%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,138%         |



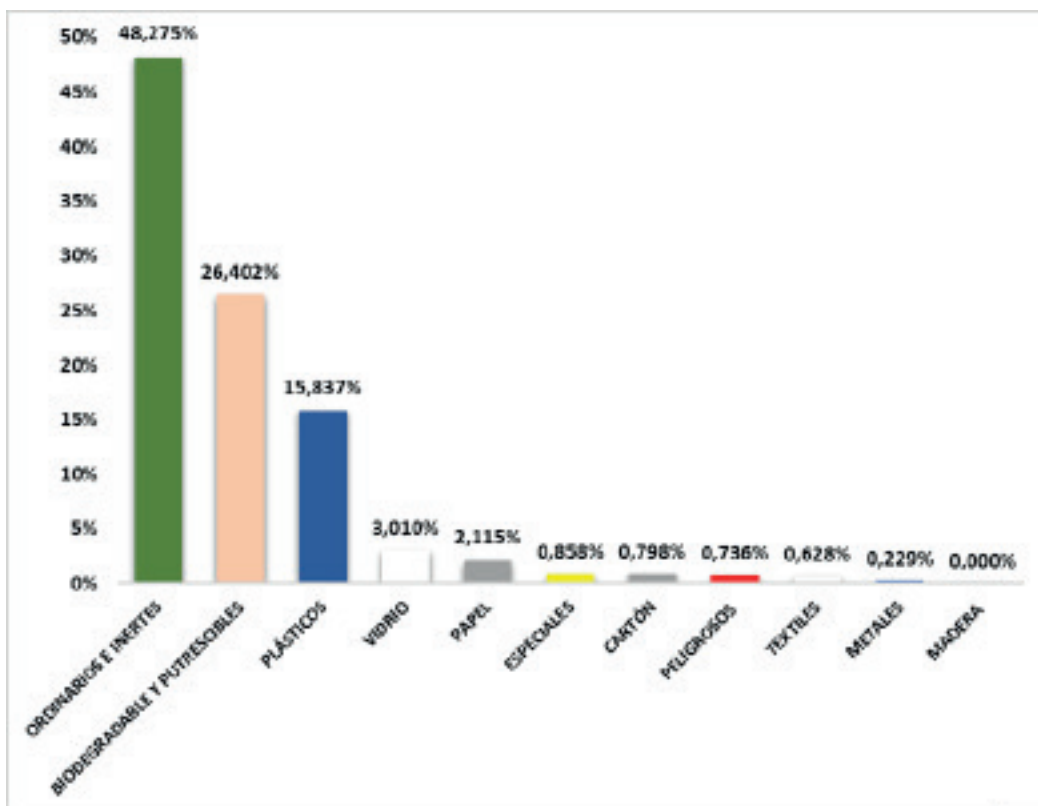




| Componente                                     | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Tóner y cintas de impresión.                   | 0,106%         |
| Pieles contaminadas                            | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)                             | 0,000%         |
| Fármacos                                       | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes           | 0,054%         |
| Contaminados con Aceites, grasas               | 0,000%         |
| lodos y escorias peligrosas                    | 0,000%         |
| pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio) | 0,000%         |
| Otros peligrosos                               | 0,122%         |
| <b>Total</b>                                   | <b>98,9%</b>   |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 22. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Centros Comerciales.



Fuente: Elaboración propia





En este subsector se evidencia que los componentes que más se generan son los Ordinarios e Inertes con un 48,275%, y dentro de este los Otros residuos ordinarios y barrido, son los más predominantes 27,19% que se componen en general de los residuos del aseo general que se realiza en las instalaciones físicas de los centros comerciales y a los residuos que dispone la población flotante que ingresa a estas instalaciones, el Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, está en segundo lugar con 8,526% que generalmente son los residuos producidos en los servicios sanitarios, el Papel no reciclable con un porcentaje del 7,498%, el cartón no reciclable con 3,217%, el plástico aluminizado producto de las envolturas de alimentos y frituras con un 1,072%, el Tetra pack con un porcentaje promedio de 0,456%, el caucho con un 0,228%, el Icopor 0,086%; dentro del estudio no se encontraron componentes como el cuero y espumas dentro de los residuos sólidos caracterizados.

En segundo lugar se tienen los Residuos Biodegradables y Putrescibles con un 26,402%, en su mayoría son Residuos de Alimentos con un 22,691% provenientes de los restos de comida de las zonas de restaurantes que están dentro de los Centros Comerciales y donde la población flotante, los empleados o trabajadores acuden con frecuencia; en una menor proporción se encontró un 3,711% de residuos de poda las cuales provienen del mantenimiento de las zonas verdes que existen dentro y fuera de los Centros Comerciales.

En tercer lugar, están los plásticos con un 15,837%, dentro de los cuales se encuentra en mayor cantidad el PEBD (4) 6,906%, en segundo lugar, el PET (1) 2,852%, le sigue el PP (5) 2,608%, el PS (6) 2,440%, OTROS PLÁSTICOS (7) 0,609%, en menor cantidad se reporta PEAD (2) con 0,422%, dentro de este sector no se encontraron plásticos tipo PVC (3).

El Vidrio está en cuarto lugar con un porcentaje de 3,010%, valor que ha venido disminuyendo, teniendo en cuenta los anteriores estudios que arrojaron valores en el 2012 de 7.52% y en el 2014 de 6.10%, esto se puede reflejar en que ha disminuido el consumo de productos en este sector dentro de los Centros Comerciales, posiblemente por la poca oferta.

El Papel, en quinto lugar, con un porcentaje del 2,115%, presentando una leve disminución con respecto al anterior estudio cuando presentó un 2.32%, aun sabiendo que estos Centros Comerciales tienen procesos de separación interna, se encontraron residuos de papel que se podrían aprovechar como papel de oficina reciclable.

En una proporción menor a 1% en el 2018 y comparando con los resultados reportados por estudio del 2014, se tiene que los residuos Especiales pasaron del 0,208% a 0,858%, los Textiles pasaron de 0,25% a un 0,628%, el Cartón disminuyó pasado de 1,53% al 0,798%, los residuos Peligrosos aumentaron pasando de 0,212% al 0,736% y los residuos metálicos disminuyeron pasando de 0,45% al 0,229%, no se caracterizaron residuos de madera en ninguno de los dos estudios.

### 10.3. Subsector oficial



Tabla 47. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Oficial



| Componente  | Porcentaje (%) |
|---|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b>                             | 26,266%        |
| Residuos de alimentos   | 17,547%        |
| Residuos de jardín y poda                                       | 8,719%         |
| <b>MADERA</b>   | 1,503%         |
| Madera no inmunizada  | 0,179%         |
| Residuos de carpintería   | 1,324%         |
| <b>PAPEL</b>  | 9,248%         |
| <b>CARTÓN</b>   | 2,326%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>  | 15,754%        |
| PET (1)   | 6,485%         |
| PEAD (2)  | 0,346%         |
| PVC (3)   | 0,000%         |
| PEBD (4)  | 2,572%         |
| PP (5)  | 1,829%         |
| PS (6)  | 3,515%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>                                      | 1,008%         |
| <b>VIDRIO</b>   | 3,412%         |
| <b>METALES</b>  | 0,326%         |
| <b>TEXTILES</b>   | 1,152%         |
| <b>ESPECIALES</b>   | 0,539%         |
| Escombros   | 0,533%         |
| Llantas   | 0,000%         |
| RAEE  | 0,006%         |
| Otros Especiales  | 0,000%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>                                     | 37,173%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc. | 10,878%        |
| Papel no reciclable   | 4,788%         |





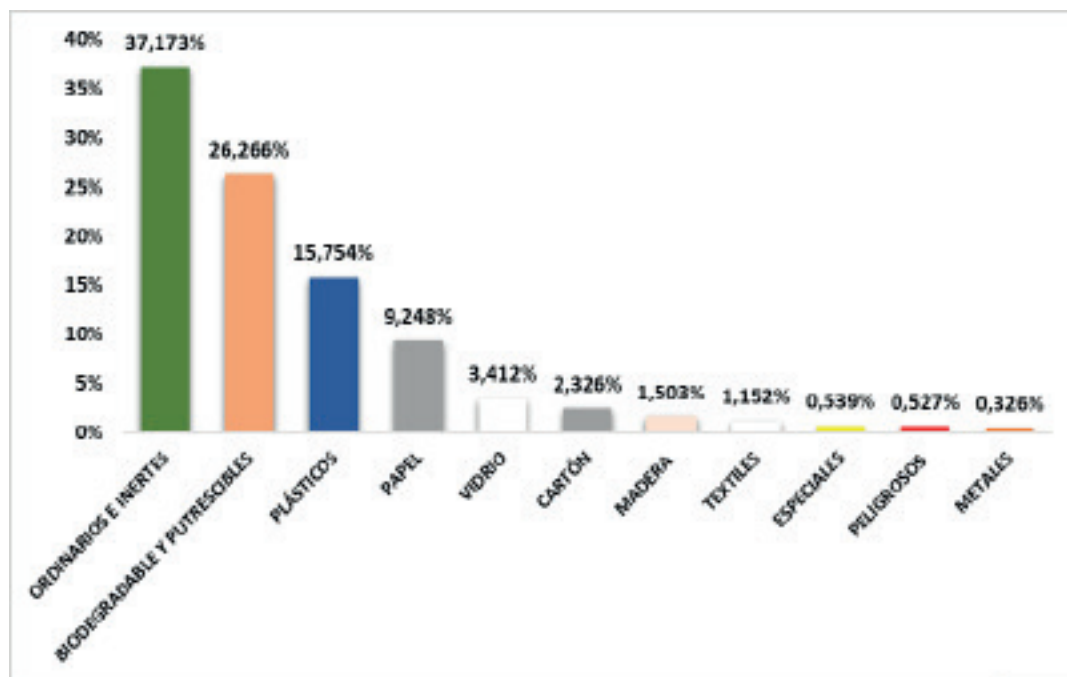
| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Cartón no reciclable   | 1,702%         |
| Plástico aluminizado   | 1,218%         |
| Icopor   | 0,110%         |
| Tetrapack  | 0,567%         |
| Caucho   | 0,142%         |
| Cuero  | 0,000%         |
| Espumas  | 0,045%         |
| Otro ordinarios y barrido  | 17,724%        |
| <b>PELIGROSOS</b>  | <b>0,527%</b>  |
| Madera Inmunizada  | 0,000%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 0,502%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,000%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,016%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,000%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes                                 | 0,010%         |
| Contaminados con Aceites, grasas                                     | 0,000%         |
| Lodos y escorias peligrosas  | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio)                       | 0,000%         |
| Otros peligrosos   | 0,000%         |
| <b>Total</b>   | <b>98,226%</b> |

*Fuente: Elaboración propia*





Gráfico 23. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Oficial.



**Fuente:**

Para el sector Oficial se reportan los resultados en la Tabla 47 y la Gráfico 23, en ellos se puede apreciar que el mayor componente generado en la entidades oficiales son los residuos Ordinarios e Inertes con un 37,173%, en comparación con el estudio anterior del 2014 estos residuos ocuparon el segundo lugar con un porcentaje del 20,49%, se evidencia que el componente con más presencia es Otro ordinarios y barrido con un 17,724%, seguido de los residuos de Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, con un 10,878%, después el Papel no reciclable con 4,788%, el Cartón no reciclable con 1,702% y Plástico aluminizado con 1,218%, por último, con valores por debajo del 1% están el Caucho con 0,142%, Icopor con 0,110%, Tetrapack con 0,567% y Espumas con 0,045%, en este estudio no se encontró el componente Cuero dentro de la caracterización.

En segundo lugar, se encuentran los residuos Biodegradables y Putrescibles con un porcentaje de 26,266%, que en estudio anterior fue el mayor componente generado por ende en este hubo una disminución en su generación; dentro de este componente tienen una mayor representación los Residuos de Alimentos con un 17,547%, y los Residuos de Jardín y Poda con un porcentaje de composición de 8,719%.

En el tercer lugar están los Plásticos con 15,754%, se evidencia que este componente ha venido aumentando ya que en el estudio del 2014 tuvo un porcentaje de 12,35%. En orden descendente en este estudio los plásticos más representativos fueron: el PET (1) con 6,485%, el PS (6) con 3,515%, el PEBD (4) con 2,572%, el PP (5) con 1,829%, luego los OTROS PLÁSTICOS (7) con 1,008%, por último, el PEAD (2) con 0,346%, en este estudio no se encontró el PVC (3) en este sector, estos plásticos se deben al uso de estos para empaque de alimentos a domicilios y el consumo de bebidas envasadas en estos componentes.





El Papel se encuentra en el cuarto lugar de este estudio con un porcentaje de 9,248%, en este estudio se ha reflejado que estas instituciones debido a su alto uso de Papel, han hecho uso del reciclaje ya que se presentó una disminución desde el 2014 cuando este componente ocupó el tercer lugar con un porcentaje del 13,07%; es importante precisar que, a pesar de haber tenido una disminución, este material se puede separar y aprovechar más, lo que se logra con campañas de educación ambiental dentro de las instalaciones Oficiales.

El siguiente componente es el Vidrio con 3,412% ubicado en la quinta posición de la caracterización de este sector, este residuo ha venido en crecimiento ya que en el anterior estudio ocupó el séptimo puesto con 1,98%; se aconseja tomar medidas con base a este residuo ya que es un material reciclable el cual puede ser aprovechado.

El cartón con el porcentaje de 2,326% ocupa la sexta posición, este ha venido aumentando ya que, en el estudio del 2014, tuvo un porcentaje de 0,95%, ocupando el último lugar, lo cual puede deberse a que tanto su uso y generación va en aumento.

La madera en séptimo lugar con 1,503%, seguido de los residuos Textiles con 1,152%; estos dos componentes han tenido una disminución con base al 2014 ya que los residuos Textiles ocupaban el quinto lugar con 4,84%, seguidos de los residuos de Madera con un 3,61%.

Por último, se encuentran los residuos especiales con 0,539%, los residuos Peligrosos con 0,527% y los Metales con un 0,326%. Para el estudio de 2014 estos residuos reportaron un 1,78%, 1,65% y un 1,42% respectivamente, por lo que se puede apreciar que todos disminuyeron su generación en esta ocasión, posiblemente debido a mejores campañas de educación ambiental de separación de residuos.

## 10.4. Subsector instituciones educativas

**Tabla 48. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Instituciones Educativas.**

| Componente                   | Porcentaje (%) |
|------------------------------|----------------|
| BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES | 28,166%        |
| Residuos de alimentos        | 23,476%        |
| Residuos de jardín y poda    | 4,690%         |
| MADERA                       | 0,311%         |
| Madera no inmunizada         | 0,306%         |
| Residuos de carpintería      | 0,005%         |
| PAPEL                        | 2,309%         |
| CARTÓN                       | 1,811%         |
| PLÁSTICOS                    | 22,853%        |





| Componente  | Porcentaje (%) |
|---|----------------|
| PET (1)   | 7,574%         |
| PEAD (2)  | 0,337%         |
| PVC (3)   | 0,145%         |
| PEBD (4)  | 7,709%         |
| PP (5)  | 3,823%         |
| PS (6)  | 2,345%         |
| OTROS PLÁSTICOS (7)   | 0,922%         |
| VIDRIO  | 1,266%         |
| METALES   | 0,353%         |
| TEXTILES  | 0,614%         |
| ESPECIALES  | 0,387%         |
| Escombros   | 0,332%         |
| Llantas   | 0,000%         |
| RAEE  | 0,054%         |
| Otros Especiales  | 0,001%         |
| ORDINARIOS E INERTES  | 38,415%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc. | 5,003%         |
| Papel no reciclable   | 4,707%         |
| Cartón no reciclable  | 1,585%         |
| Plástico aluminizado  | 2,558%         |
| Icopor  | 0,181%         |
| Tetrapack   | 3,526%         |
| Caucho  | 0,280%         |
| Cuero   | 0,000%         |
| Espumas   | 0,035%         |
| Otro ordinarios y barrido                                       | 20,540%        |
| PELIGROSOS  | 0,869%         |





| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Madera Inmunizada  | 0,477%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 0,005%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,001%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,007%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,144%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,006%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes                                 | 0,223%         |
| Contaminados con Aceites, grasas                                     | 0,000%         |
| Lodos y escorias peligrosas  | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio)                       | 0,000%         |
| Otros peligrosos   | 0,006%         |
| <b>Total</b>   | <b>97,35%</b>  |

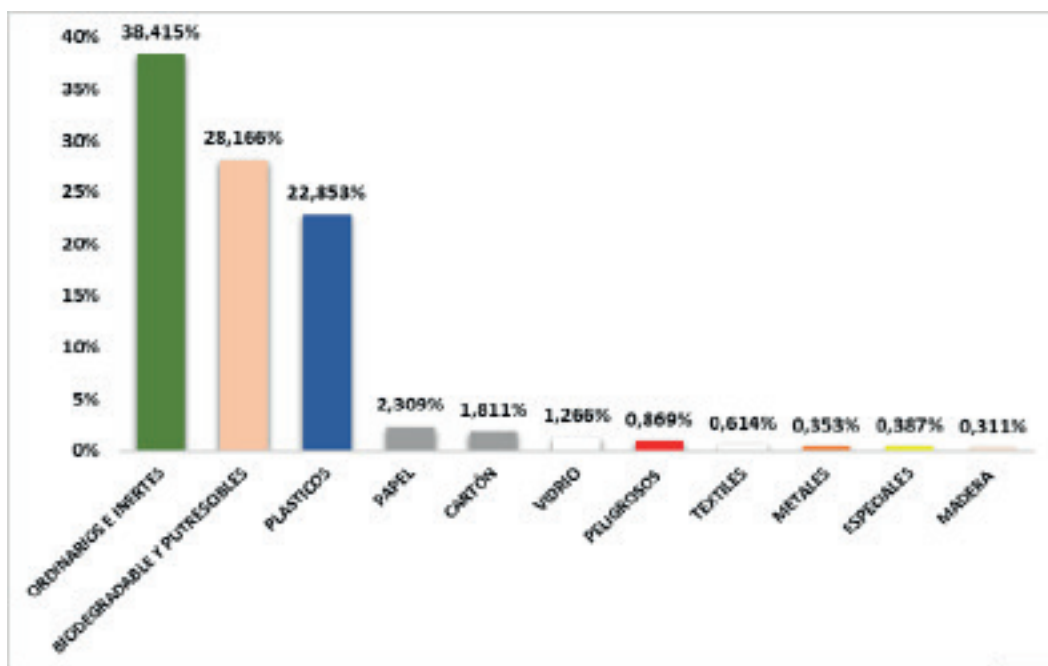
**Fuente:** Elaboración propia







Gráfico 24. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Instituciones Educativas



Fuente: Elaboración propia

Analizando los datos que se encuentran en la **Tabla 48** y el **Gráfico 24**, el residuo más generado en las Instituciones Educativas son los residuos Ordinarios e Inertes con un porcentaje de 38,415%, y realizando la comparación con el estudio del 2014, tuvo un porcentaje de 29,88%, lo que evidencia un aumento significativo de este componente, donde los Otros ordinarios y barrido con un 20,540% son los más abundantes, esto se debe a los procesos de aseo y limpieza de las diferentes zonas en las Instituciones Educativas que comúnmente se realizan dos veces al día; además porque en muchas de la I.E no se encontraron puntos ecológicos que permitieran a los estudiantes realizar una separación adecuada, con lo cual, la mayoría de los residuos terminan mezclados; los residuos de Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas con 5,003% proveniente de los servicios sanitarios, en tercer lugar se encuentran el papel no reciclable con 4,707%, este valor puede deberse a la falta de estrategias de reciclaje de papel por lo que los estudiantes depositan los papeles que pueden ser reciclados junto con los residuos ordinarios contaminándolos y perdiendo su valor comercial, el Tetrapack aporta un 3,526% en los residuos caracterizados, este valor llama la atención ya que en este subsector es el más alto comparado con otros subsectores, debido a que diversas bebidas que consumen los estudiantes en sus loncheras utilizan este tipo de envase; así mismo pasa con los plásticos aluminizados con 2,558% que es usado y consumido masivamente en las I.E, el siguiente ítem es el cartón no reciclable con 1,585%, que al no ser separado adecuadamente, se contamina con los residuos ordinarios perdiendo oportunidad de reuso, en menor proporción se encontró componentes como el Caucho con 0,280% y el Icopor con 0,181%, en último lugar las Espumas con 0,035%, dentro de este estudio no se evidenció cuero dentro de los residuos;

En el segundo lugar, se encontró que los residuos Biodegradables aportaron un 28,166%, el mayor componente dentro de estos fueron los Residuos de Alimentos con un promedio





de 23,476%, que se le atribuye a los programas de alimentación que hay en las diferentes I.E públicas para que los estudiantes se alimenten de manera adecuada, y a los residuos de las cafeterías al interior de las instituciones, los residuos de poda aportaron un 4,69% que se producen con la poda de las zonas verdes de las I.E. En los resultados del 2014, los residuos Biodegradables y Putrescibles fueron el principal residuo generado con un porcentaje de 45,19%, es decir que estos residuos han disminuido en su generación dentro de las instalaciones posiblemente porque están siendo mezclados con otros residuos y se están produciendo más residuos Ordinarios e inertes.

Los plásticos se ubica en el tercer lugar con 22,853%, el principal plástico generado es el PEBD (4) con 7,709%, este dato es atribuido principalmente a los plásticos de envolturas de alimentos de los complementos suministrado por el programa de alimentación que se dan en las instituciones educativas y colegios; el PET (1) con 7,574%, que se atribuye a el alto consumo de bebidas envasadas en este plástico como jugos, lácteos y agua, luego están los plásticos PP (5) con 3,823% y PS (6) con 2,345%, por último, se encontraron OTROS PLÁSTICOS (7) con 0,922%, PEAD (2) con 0,337% y en menor porcentaje el PVC (3) con 0,145%. Observando el estudio anterior, se registró un aumento sustancial ya que en el 2014 tuvo una composición de 16,20%, lo que evidencia una vez más el consumo masivo de estos materiales diariamente.

El Papel con 2,309% está en cuarto lugar, en este componente se observa que a través de los diversos estudios ha venido mejorando debido a que en el 2014 tuvo un porcentaje de 3,49% y en el 2012 fue de 4,58%. El quinto puesto es para el Cartón con 1,811%, este componente ha aumentado ya que en el 2014 fue de 0,86%. El Vidrio con un porcentaje de 1,266% ha venido disminuyendo con relación a los estudios anteriores ya que en el 2012 tuvo un porcentaje de 3,25% y en el 2014 fue de 2,55%.

El resto de componentes con participación inferior al 1% son los residuos Peligrosos con 0,869%, Textiles con 0,615%, Metales con 0,353%, Especiales con 0,289% y los residuos de Madera con 0,243%. Con respecto al estudio del 2014, los Textiles (0,52%) aumentaron y los residuos de Metales (0,44%), Especiales (0,39%) y de Madera (0,36%) disminuyeron.

## 10.5. Subsector salud

Tabla 49. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Salud

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 9,289%         |
| Residuos de alimentos               | 7,847%         |
| Residuos de jardín y poda           | 1,443%         |
| <b>MADERA</b>                       | 0,000%         |
| Madera no inmunizada                | 0,000%         |
| Residuos de carpintería             | 0,000%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 8,101%         |





| Componente  | Porcentaje (%) |
|---|----------------|
| <b>CARTÓN</b>   | 4,836%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>  | 17,581%        |
| PET (1)   | 4,086%         |
| PEAD (2)  | 0,151%         |
| PVC (3)   | 0,258%         |
| PEBD (4)  | 3,573%         |
| PP (5)  | 5,124%         |
| PS (6)  | 3,760%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>                                      | 0,630%         |
| <b>VIDRIO</b>   | 2,518%         |
| <b>METALES</b>  | 0,198%         |
| <b>TEXTILES</b>   | 2,166%         |
| <b>ESPECIALES</b>   | 0,929%         |
| Escombros   | 0,340%         |
| Llantas   | 0,000%         |
| RAEE  | 0,583%         |
| Otros Especiales  | 0,005%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>                                     | 45,473%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc. | 21,908%        |
| Papel no reciclable   | 8,931%         |
| Cartón no reciclable  | 1,555%         |
| Plástico aluminizado  | 2,285%         |
| Icopor  | 0,065%         |
| Tetrapack   | 0,360%         |
| Caucho  | 0,003%         |
| Cuero   | 0,000%         |
| Espumas   | 0,114%         |





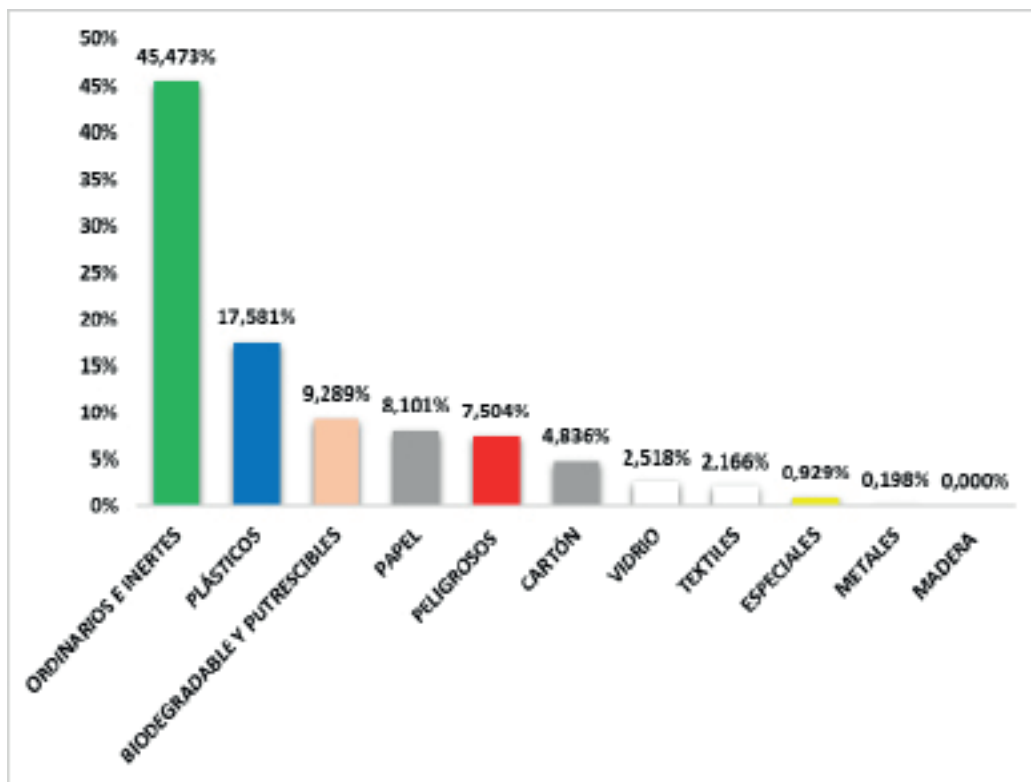
| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Otro ordinarios y barrido  | 10,252%        |
| <b>PELIGROSOS</b>  | 7,504%         |
| Madera Inmunizada  | 0,120%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 6,720%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,025%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,000%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,003%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,485%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes                                 | 0,000%         |
| Contaminados con Aceites, grasas                                     | 0,000%         |
| Lodos y escorias peligrosas  | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio)                       | 0,000%         |
| Otros peligrosos   | 0,150%         |
| <b>Total</b>   | <b>98,595%</b> |

*Fuente: Elaboración propia*





Gráfico 25. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Salud.



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico 25** la **Tabla 49**, se observa que el componente predominante de generación son los Ordinarios e Inertes con un 45,473%, dentro de los cuales los residuos de Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, son los más altos con un 21,908%, le sigue los residuos Otros Ordinarios y barrido con 10,252%, el Papel no reciclable con 8,931%, el plástico aluminizado con 2,285%, el Cartón no reciclable con 1,555%, el Tetrapack con 0,360%, y la Espuma, Icopor y Caucho con porcentajes de 0,114%, 0,065% y 0,003% respectivamente. Este componente no tuvo mayor variación con respecto al estudio del 2014 el cual reportó un valor de 45,72%.

El segundo componente fue el Plástico con 17,581%, desglosado de la siguiente manera: PP (5) con 5,1248%, el PET (1) con 4,086%, luego el PS (6) con 3,76%, el PEBD (4) con 3,573%, OTROS PLÁSTICOS (7) con 0,630%, el PVC (3) con 0,258% y por último el PEAD (2) con 0,151%; esta alta generación de plásticos se debe al uso de bolsas plásticas, el consumo de bebidas embotelladas y alimentos cajas desechables que terminan en los residuos ordinarios de las 140 entidades de salud que se visitaron y caracterizaron. Con respecto al 2014, la producción aumentó levemente de 14,52% a 17,581%.

El tercer componente que se encuentra son los residuos Biodegradables y Putrescibles con un 9,289%, en mayor cantidad los Residuos de Alimentos con 7,847%, y los Residuos de jardín y poda con 1,443%; los residuos de alimentos se generan en la preparación de los alimentos en las cafeterías internas para los pacientes y personal médico y posiblemente alimentos externos que entren a las instalaciones, los visitantes de los pacientes, por otra parte los residuos de poda se deben al mantenimiento de elementos urbanísticos arbóreos y zonas





verdes. Con respecto al anterior estudio, este componente tuvo una significativa disminución ya que en el estudio del 2014 se presentó un porcentaje del 27.99% en general.

En el cuarto lugar está el Papel con un porcentaje de 8,101%, este componente respecto a los dos estudios anteriores presento un alza significativa ya que en el 2014 fue de 3,45% y en el 2012 fue de 2,32%, es importante analizar los planes o programas de gestión de residuos que tiene estos establecimientos, ya que se evidencia una oportunidad de mejora interesante en el reciclaje de Papel, que está siendo desechado con los residuos Ordinarios y por ende van a ser depositados en el relleno sanitario.

En el quinto lugar se encuentran los residuos Peligrosos con un 7,504%, si se compara este valor con los estudios anteriores, se observa que hay un incremento muy significativo en este componente ya que en el 2014 había disminuido hasta el 0,64% porque en el 2012 su participación fue de 2,09%, en este estudio se evidenció que los componentes más encontrados fueron los Biosanitarios y cortopunzantes con un 6,720%, le siguen los Fármacos con 0,485%, Otros Peligrosos con 0,102%, la Madera inmunizada con 0,120%, y residuos de Preparación de tintas, colorantes, pigmentos y otros con 0,025%. Lo anterior, se atribuye a posibles fallas en las campañas de educación ambiental y separación en la fuente para la población flotante, es decir, que los puntos ecológicos no están cumpliendo con el objetivo principal de facilitar la separación de los residuos y se están mezclando residuos peligrosos con residuos ordinarios.

Estos residuos deben tener un destino y tratamiento especial, según el título 6 del decreto 1076 del 2015, sección 3 de las obligaciones y responsabilidades, en el ARTÍCULO 2.2.6.1.3.1. Obligaciones del Generador, en el literal d) Garantizar que el envasado o empaçado, embalado y etiquetado de sus residuos o desechos peligrosos se realice conforme a la normatividad vigente.

El Cartón ocupa el sexto puesto con un 4,836%, en comparación con los estudios anteriores, en el 2014 fue de 1,29% y en el 2012 de 1,38%, este aumento significativo; puede deberse a que, por su gran tamaño y requerimiento de espacio para almacenamiento junto a los bajos precios del mercado, no se recicla de manera adecuada.

El vidrio con 2,518%, si se compara con los estudios anteriores, este ha venido en aumento debido a que en el 2012 fue de 1,17% y en el 2014 fue de 2,03% respectivamente. Los textiles con 2,166% con base al peso total de los residuos, a diferencia del vidrio, este componente ha venido disminuyendo su disposición ya que en el 2012 fue de 5,01% y en el 2014 fue de 3.09%. Estos datos se deben tomar en cuenta a la hora de realizar la revisión de sus sistemas de gestión.

Los residuos especiales con 0,929% están en el noveno lugar, en estudio se evidenció que estos tipos de residuos han tenido un incremento ya que en el 2012 fue de 0,13% y en el 2014 fue de 0,39% respectivamente.

Por último, se encuentran los residuos de Metales con 0,199%, a diferencia del anterior componente ha disminuido en comparación con el estudio del 2014 cuando se reportó un 0,45%, a lo que se le puede atribuir que, a diferencia del Cartón, estos materiales tienen un valor más elevado en el mercado del reciclaje y podría dejar mejores ingresos; en este subsector no se encontraron residuos de madera para este estudio.





## 10.6. Subsector restaurantes

Tabla 50. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Restaurantes.

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 55,991%        |
| Residuos de alimentos               | 55,672%        |
| Residuos de jardín y poda           | 0,319%         |
| <b>MADERA</b>                       | 1,098%         |
| Madera no inmunizada                | 1,098%         |
| Residuos de carpintería             | 0,000%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 0,200%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 0,868%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 15,298%        |
| PET (1)                             | 2,670%         |
| PEAD (2)                            | 0,271%         |
| PVC (3)                             | 0,000%         |
| PEBD (4)                            | 8,094%         |
| PP (5)                              | 2,444%         |
| PS (6)                              | 1,016%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>          | 0,803%         |
| <b>VIDRIO</b>                       | 5,011%         |
| <b>METALES</b>                      | 0,484%         |
| <b>TEXTILES</b>                     | 0,026%         |
| <b>ESPECIALES</b>                   | 0,222%         |
| Escombros                           | 0,222%         |
| Llantas                             | 0,000%         |
| RAEE                                | 0,000%         |
| Otros Especiales                    | 0,000%         |





| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>  | 19,263%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc.      | 5,502%         |
| Papel no reciclable  | 1,825%         |
| Cartón no reciclable   | 1,381%         |
| Plástico aluminizado   | 0,341%         |
| Icopor   | 0,000%         |
| Tetrapack  | 0,254%         |
| Caucho   | 0,015%         |
| Cuero  | 0,000%         |
| Espumas  | 0,000%         |
| Otro ordinarios y barrido  | 9,944%         |
| <b>PELIGROSOS</b>  | 0,086%         |
| Madera Inmunizada  | 0,000%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 0,009%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,000%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,000%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,000%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes                                 | 0,043%         |
| Contaminados con Aceites, grasas                                     | 0,035%         |
| Lodos y escorias peligrosas  | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio)                       | 0,000%         |



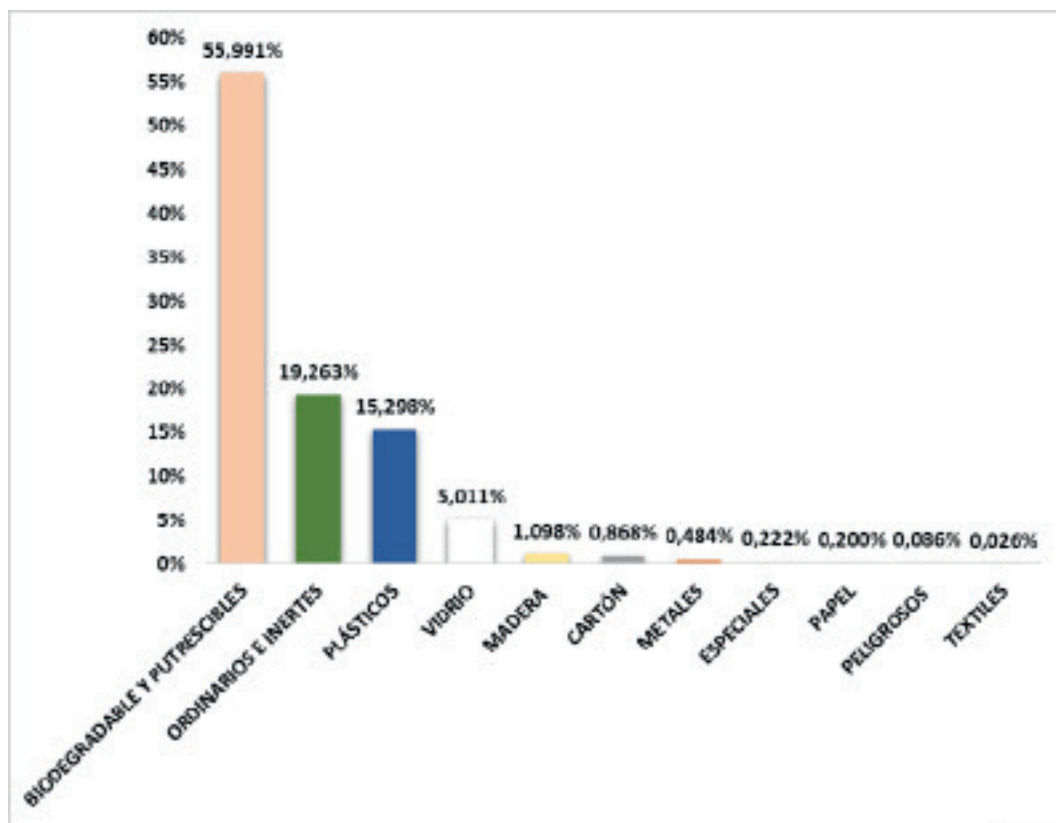




| Componente       | Porcentaje (%) |
|------------------|----------------|
| Otros peligrosos | 0,000%         |
| <b>Total</b>     | <b>98,547%</b> |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 26. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Restaurantes.



Fuente: Elaboración propia

Tanto en la **Tabla 50** como en el **Gráfico 26** se puede evidenciar que los Residuos Biodegradables y Putrescibles son los de mayor representación, esto debido a la actividad económica de los restaurantes que depende de la preparación y venta de alimentos y bebidas con un porcentaje de 55,99%, a pesar de ser un porcentaje alto, si se toma en cuenta el estudio anterior del 2014, se puede ver que disminuyó, ya que se registró un porcentaje del 78,15%, esto puede ser a que en el estudio del 2014 sólo se evaluaron 10 restaurantes y en este estudio se tuvieron en cuenta 80, por lo cual no se recomienda hacer una comparación.

En segundo lugar, se encuentran los residuos Ordinarios e inertes con un 19,263% dentro de estos se encontró que los Otro ordinarios y barrido con 9,944%, esto se puede atribuir a los servicios generales de aseo dentro y fuera de las instalaciones de los restaurantes, le siguen los residuos de Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas con 5,502%, después





el Papel no reciclable y Cartón no reciclable, el Plástico aluminizado, Tetrapack, Caucho con 1,825%, 1,381%, 0,341%, 0,254% y 0,015% respectivamente, y realizando la comparación con respecto al estudio anterior, el valor registrado fue de 12,33% en general, presentándose un aumento en este componente.

Los plásticos se ubican en el tercer lugar con un 15.298%, para este estudio se presentó un aumento muy significativo en este componente debido a que en el 2014 se registró un porcentaje de 6,30%, lo cual está relacionado con el alto consumo de este componente ya que es usual que las bebidas se comercialicen en envases de plástico o que se usen envases desechables. Dentro de este componente el más generado fue el PEBD (4) con 8,094%, le siguen los PET (1) y PP (5) con 2,670% y 2,444% respectivamente, en una menor proporción está el PS (6) con 1,016%, OTROS PLÁSTICOS (7) con 0,803%, y PEAD (2) con 0,271%; en este estudio no se encontró PVC (3) en los residuos caracterizados.

Por su parte en cuarto lugar están el Vidrio con 5,011% de composición, lo que refleja un aumento en la generación de este ya que en el 2014 se registró un 1,85%, lo que evidencia que aun así algunos productos son de envases retornables, que facilitan su reciclaje y reúso. La Madera con un porcentaje 1,098% aumentó ya que en comparación con el 2014 apenas tuvo un porcentaje del 0,23%.

En cuanto a otros componentes, se registran en menor proporción el Cartón con 0,868%, los Metales con 0,484%, luego están los especiales con 0,222%, después en el octavo el Papel con 0,2% y por último los residuos Peligrosos con 0,086%, finalmente, los residuos textiles con un 0,026%.

## 10.7. Subsector plazas de mercado

**Tabla 51. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Plazas de Mercados.**

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 79,963%        |
| Residuos de alimentos               | 66,339%        |
| Residuos de jardín y poda           | 13,624%        |
| <b>MADERA</b>                       | 0,111%         |
| Madera no inmunizada                | 0,111%         |
| Residuos de carpintería             | 0,000%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 0,454%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 0,895%         |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 7,468%         |
| PET (1)                             | 0,257%         |





| Componente  | Porcentaje (%) |
|---|----------------|
| PEAD (2)  | 0,165%         |
| PVC (3)   | 0,000%         |
| PEBD (4)  | 5,906%         |
| PP (5)  | 0,553%         |
| PS (6)  | 0,331%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>                                      | 0,257%         |
| <b>VIDRIO</b>   | 0,278%         |
| <b>METALES</b>  | 0,009%         |
| <b>TEXTILES</b>   | 0,383%         |
| <b>ESPECIALES</b>   | 0,277%         |
| Escombros   | 0,277%         |
| Llantas   | 0,000%         |
| <b>RAEE</b>   | 0,000%         |
| Otros Especiales  | 0,000%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>                                     | 9,174%         |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc. | 0,144%         |
| Papel no reciclable   | 0,119%         |
| Cartón no reciclable  | 1,354%         |
| Plástico aluminizado  | 0,049%         |
| Icopor  | 0,013%         |
| Tetrapack   | 0,004%         |
| Caucho  | 0,000%         |
| Cuero   | 0,000%         |
| Espumas   | 0,000%         |
| Otro ordinarios y barrido                                       | 7,492%         |
| <b>PELIGROSOS</b>   | 0,020%         |
| Madera Inmunizada   | 0,000%         |





| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 0,013%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,000%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,000%         |
| Baterías acido-plomo   | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes   | 0,000%         |
| Tóner y cintas de impresión.   | 0,000%         |
| Pieles contaminadas  | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)   | 0,000%         |
| Fármacos   | 0,000%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes                                 | 0,043%         |
| Contaminados con Aceites, grasas                                     | 0,035%         |
| Lodos y escorias peligrosas  | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio)                       | 0,000%         |
| Otros peligrosos   | 0,000%         |
| <b>Total</b>   | <b>99,033%</b> |

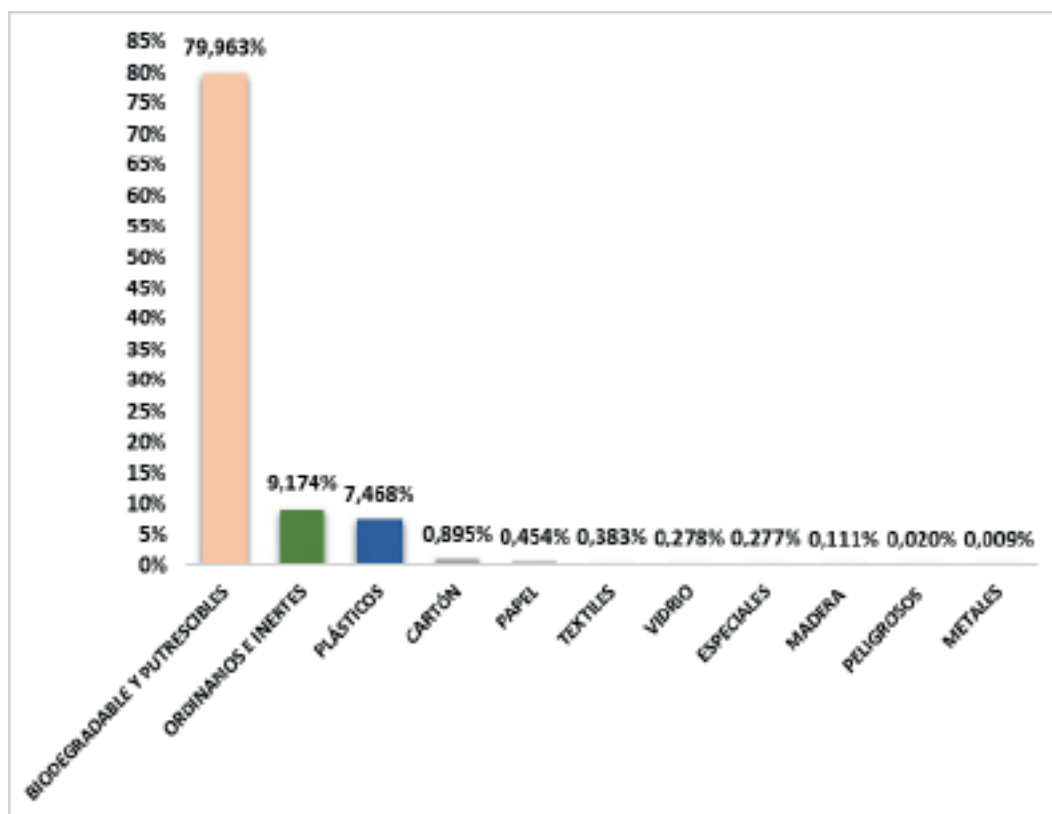
*Fuente: Elaboración propia*

“ **Las empresas y sus actividades productoras como clave** para la gestión de los residuos en el sector No Residencial del Municipio. ”





Gráfico 27. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Plazas de Mercados.



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Gráfico 27 y la Tabla 51 para el subsector Plazas de Mercado se evidencia que la mayoría de los residuos pertenecen a los residuos Biodegradables y Putrescibles con un 79,963%, de los cuales el 66,339% son residuos de Alimentos y el 13,624% son de residuos de Jardín y poda, si se compara con el estudio de caracterización del 2014 , el porcentaje de estos residuos fue de 84,33%, por lo que se puede observar una disminución, sin embargo, en los dos casos este tipo de residuos son las más predominantes sobre el resto de componentes, debido a que en las plazas de mercado la principal actividad económica es la comercialización de frutas y verduras frescas, alimentos de la canasta familiar, carnes, pescados, además de tener un gran número de restaurantes tanto en el interior de estos establecimientos como en los alrededores.

Los residuos Ordinarios e Inertes en segundo lugar con un 9,174%, dentro del cual predominan los residuos Otros Ordinarios y barrido con un 7,492%, le sigue el Cartón no reciclable con 1,354%, y otros en menor proporción por debajo del 0,1% como Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, con 0,144%, Papel no reciclable con 0,119%, Plástico aluminizado con 0,049%, Icopor con 0,013% y Tetrapack con 0,004%, los otros residuos no se presentaron. Este componente aumentó en comparación con el estudio anterior ya que registró una generación de 5,56% siendo el tercer componente más generado.

El tercer componente fue el Plástico el cual tuvo un porcentaje de 7,468%, cabe resaltar que para este estudio se reportó una pequeña reducción en comparación al estudio anterior que





registró un porcentaje de 7,93%. Dentro de este componente predominan los residuos de PEBD (4) con 5,906%, el PP (5) con un 0,553%, luego el PS (6) con un 0,331%, el PET (1) y otros plásticos (7) con un 0,257%, por último, el PEAD (2) con un 0,165% y el PVC (3) no tuvo presencia en este estudio.

Los demás componentes tienen un valor inferior al 1%, como el Cartón con 0,895%, que disminuyó con respecto al estudio anterior del 2014 cuando se reportó 1,71%; el Papel con 0,454%, Textiles con 0,383%, Vidrio con 0,278%, Especiales con 0,277%, Madera con 0,111%, Peligrosos con 0,020% y Metales con 0,009%.

Todo lo anterior, hace que las plazas de mercado sean en comparación con otros subsectores, grandes generadores de residuos para la ciudad, por lo que requieren planes de gestión de residuos sólidos más robustos en cuanto a las estrategias de separación, recolección interna de residuos y aprovechamiento de los mismos, que les permitan minimizar costos por transporte y disposición de residuos ante la empresa prestadora del servicio público de aseo.

## 10.8. Subsector comercial

En la Tabla 52 y el Gráfico 28 se presentan los resultados del último subsector No residencial caracterizado, el subsector Comercial, representado por 191 empresas.

**Tabla 52. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Comercial**

| Componente                          | Porcentaje (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | 12,856%        |
| Residuos de alimentos               | 12,309%        |
| Residuos de jardín y poda           | 0,548%         |
| <b>MADERA</b>                       | 0,685%         |
| Madera no inmunizada                | 0,560%         |
| Residuos de carpintería             | 0,124%         |
| <b>PAPEL</b>                        | 6,314%         |
| <b>CARTÓN</b>                       | 11,408%        |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | 24,561%        |
| PET (1)                             | 7,202%         |
| PEAD (2)                            | 0,479%         |
| PVC (3)                             | 0,044%         |
| PEBD (4)                            | 8,234%         |
| PP (5)                              | 4,424%         |





| Componente   | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| <b>PS (6)</b>  | 2,758%         |
| <b>OTROS PLÁSTICOS (7)</b>   | 1,421%         |
| <b>VIDRIO</b>  | 2,909%         |
| <b>METALES</b>   | 0,934%         |
| <b>TEXTILES</b>  | 1,952%         |
| <b>ESPECIALES</b>  | 1,782%         |
| Escombros  | 0,838%         |
| Llantas  | 0,000%         |
| <b>RAEE</b>  | 0,943%         |
| Otros Especiales   | 0,000%         |
| <b>ORDINARIOS E INERTES</b>  | 34,057%        |
| Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, etc.      | 6,917%         |
| Papel no reciclable  | 5,815%         |
| Cartón no reciclable   | 1,084%         |
| Plástico aluminizado   | 1,387%         |
| Icopor   | 0,019%         |
| Tetrapack  | 0,107%         |
| Caucho   | 0,410%         |
| Cuero  | 0,073%         |
| Espumas  | 0,308%         |
| Otro ordinarios y barrido  | 17,936%        |
| <b>PELIGROSOS</b>  | 1,001%         |
| Madera Inmunizada  | 0,000%         |
| Biosanitarios y cortopunzantes                                       | 0,038%         |
| Residuos de preparación de tintas, colorantes, pigmentos. Otros.     | 0,019%         |
| Baterías, pilas y acumuladores (Carbón, Cadmio, Níquel-metal, otros) | 0,012%         |

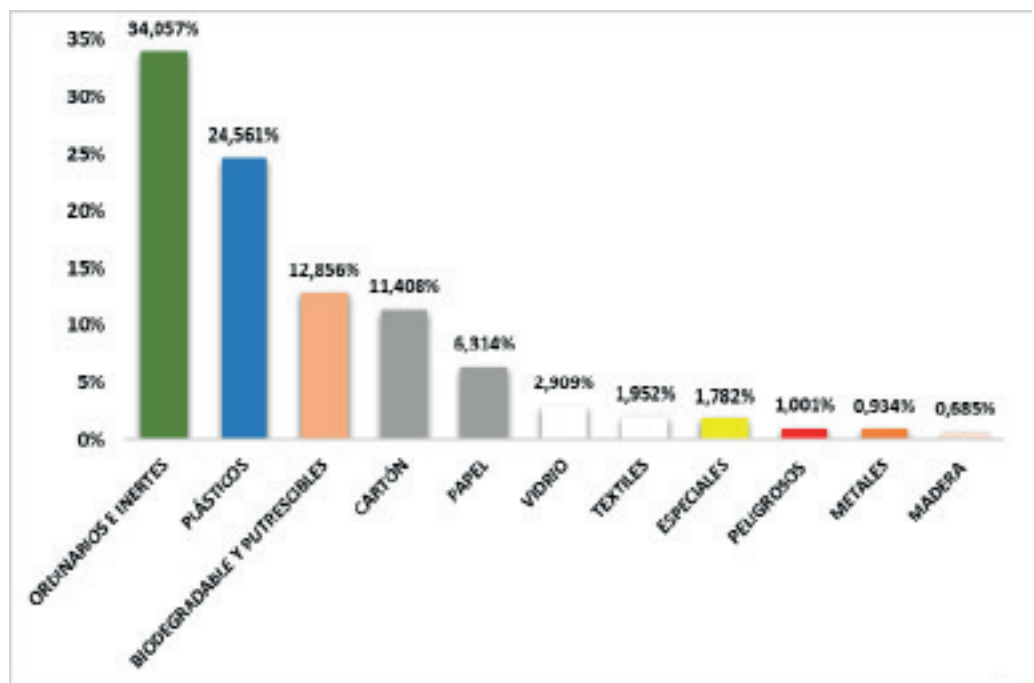




| Componente                                     | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Baterías acido-plomo                           | 0,000%         |
| Lámparas fluorescentes                         | 0,029%         |
| Tóner y cintas de impresión.                   | 0,000%         |
| Pieles contaminadas                            | 0,000%         |
| Biocidas (venenos)                             | 0,000%         |
| Fármacos                                       | 0,001%         |
| Contaminados con Pinturas, Solventes           | 0,519%         |
| Contaminados con Aceites, grasas               | 0,038%         |
| Lodos y escorias peligrosas                    | 0,000%         |
| Pelusas y filamentos ligeros (fibra de vidrio) | 0,000%         |
| Otros peligrosos                               | 0,345%         |
| <b>Total</b>                                   | <b>98,459%</b> |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 28. Composición física porcentual de los residuos sólidos en el sector Comercial.



Fuente: Elaboración propia







En el subsector Comercial, los residuos ordinarios e inertes son los que más se producen con un porcentaje de 34,057%, y su componente interno más alto es el de Otros ordinarios y barrido con un 17,936% resultante de los residuos del servicio de aseo y limpieza en el interior de los establecimientos, le sigue el componente Papel Higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, con un 6,917%, el Papel no reciclable con 5,815%, el Plástico aluminizado con 1,387%, Cartón no reciclable con 1,084%, Caucho con 0,410%, Espumas con 0,308%, Tetrapack con 0,107%, Cuero con 0,073%, y por último el Icopor con 0,019%. En el estudio de caracterización del 2014 el porcentaje de Ordinarios e inertes fue inferior ya que se reportó un 25,69% en donde ocupaba la segunda posición después de los residuos biodegradables y putrescibles.

Los plásticos se ubican en la segunda posición con un 24,561%, y su distribución de mayor a menor es la siguiente: PEBD (4) con 8,234%, el PET (1) con 7,202% el cual es utilizado para el almacenamiento de bebidas, generalmente gaseosas y agua, que son productos de alta comercialización; el PP (5) con 4,424%, que es utilizado para el transporte y almacenamiento de alimentos y fueron encontrados dentro de los contenedores de residuos ordinarios; los PS (6) con 2,758%, OTROS PLÁSTICOS (7) con 1,421% y por último, el PEAD (2) con 0,479% y PVC (3) con 0,044% respectivamente; comparando estos resultados con el 2014 se puede evidenciar que los Plásticos han venido aumentando también en este subsector, ya que en ese año se reportó un 11,67%.

Los residuos Biodegradables y Putrescibles con un 12,856%, se ubican en el tercer lugar, con una representación de residuos de Alimentos del 12,239%, que pueden ser los alimentos consumidos por clientes y empleados de los establecimientos, y en una menor proporción están los residuos de poda con 0,546% ya que la mayoría de estos establecimientos carecen de zonas verdes; es importante resaltar la disminución de este componente en este estudio ya que en el 2014 fue el de mayor porcentaje de generación con un 30,25%.

En el cuarto y quinto lugar están los residuos de Cartón con 11,408% y Papel con 6,311% respectivamente. El Cartón es un componente muy utilizado en este sector ya que es usado para empaques de diferentes mercancías de su actividad económica, se recomienda que este componente sea reutilizado o reciclado ya que ha venido incrementando su registro con base al estudio del 2014 cuando reportó un 2,26%; el Papel a pesar de estar ubicados en los dos estudios en la misma posición, en este estudio aumento con respecto al 2014 con un porcentaje del 4.07%.

El Vidrio con un 2,909% se encuentra en la sexta posición, y ha presentado una disminución ya que el estudio anterior tuvo una participación de 3,09%. El siguiente componente son los Textiles con un 1,952%, disminuyendo su cantidad ya que en el 2014 reportaron un 2,62%. Los residuos Especiales ocupando el octavo lugar con 1,782%, reportando una disminución ya que en el estudio anterior tuvo un porcentaje de participación de 2,03%.

Por último, se reportan los residuos Peligrosos con 1,001%, los residuos de Metales con 0,934% y la Madera con 0,685%, los cuales han presentado disminución con respecto al estudio de caracterización del 2014 cuando se reportaron para los Peligrosos un 2,10%, para Metales un 1,04% y para Madera un 15,17%.

En la **Tabla 53** se resumen los componentes porcentuales de cada tipo de residuo para los diferentes subsectores analizados y en la **Tabla 54** se reporta la comparación de los promedios calculados para las composiciones porcentuales de cada residuo en los ocho subsectores caracterizados.



**Tabla 53. Componentes porcentuales de los residuos en los subsectores No Residenciales**

| Componente             | Industrial | C.C    | Oficial | I.E    | Salud  | Restaurantes | Plazas de mercado | Comercial |
|------------------------|------------|--------|---------|--------|--------|--------------|-------------------|-----------|
| % Ordinarios e Inertes | 36,01%     | 48,28% | 37,17%  | 38,41% | 45,47% | 19,26%       | 9,17%             | 34,06%    |
| % Biodegradable        | 12,59%     | 26,40% | 26,27%  | 28,17% | 9,29%  | 55,99%       | 79,96%            | 12,86%    |
| % Plásticos            | 19,80%     | 15,84% | 15,75%  | 22,85% | 17,58% | 15,30%       | 7,47%             | 24,56%    |
| % Papel                | 4,17%      | 2,11%  | 9,25%   | 2,31%  | 8,10%  | 0,20%        | 0,45%             | 6,31%     |
| % Cartón               | 3,60%      | 0,80%  | 2,33%   | 1,81%  | 4,84%  | 0,87%        | 0,90%             | 11,41%    |
| % Vidrio               | 2,87%      | 3,01%  | 3,41%   | 1,27%  | 2,52%  | 5,01%        | 0,28%             | 2,91%     |
| % Textiles             | 8,66%      | 0,63%  | 1,15%   | 0,61%  | 2,17%  | 0,03%        | 0,38%             | 1,95%     |
| % Peligrosos           | 4,42%      | 0,74%  | 0,53%   | 0,87%  | 7,50%  | 0,09%        | 0,02%             | 1,00%     |
| % Especiales           | 2,44%      | 0,86%  | 0,54%   | 0,39%  | 0,93%  | 0,22%        | 0,28%             | 1,78%     |
| % Madera               | 2,02%      | 0,00%  | 1,50%   | 0,31%  | 0,00%  | 1,10%        | 0,11%             | 0,68%     |
| % Metales              | 0,90%      | 0,23%  | 0,33%   | 0,35%  | 0,20%  | 0,48%        | 0,01%             | 0,93%     |

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 54., Comparación de los porcentajes de residuos en los estudios de caracterización de residuos de los años 2014 y 2018 para el Sector No Residencial**

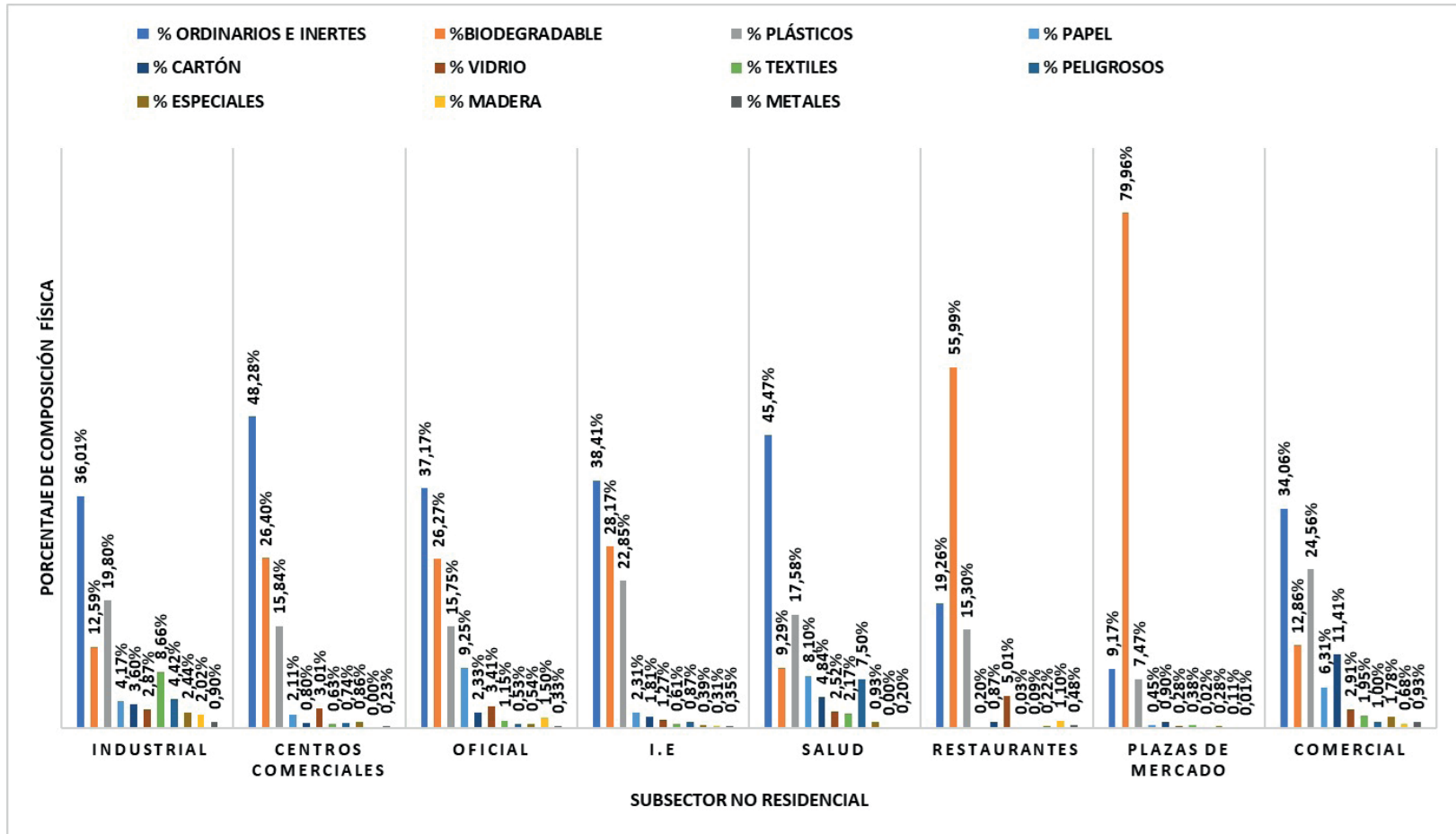
| TIPO DE RESIDUO              | COMPOSICIÓN FÍSICA (%) 2014 | COMPOSICIÓN FÍSICA (%) 2018 |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Ordinarios E Inertes         | 32,81                       | 33,48                       |
| Biodegradable Y Putrescibles | 33,06                       | 31,44                       |
| Plásticos                    | 13,64                       | 17,39                       |
| Papel                        | 3,18                        | 4,11                        |
| Cartón                       | 2,21                        | 3,32                        |
| Vidrio                       | 1,95                        | 2,66                        |
| Textiles                     | 2,34                        | 1,95                        |
| Peligrosos                   | 1,43                        | 1,9                         |
| Especiales                   | 0,87                        | 0,93                        |
| Madera                       | 7,94                        | 0,72                        |
| Metales                      | 0,56                        | 0,43                        |
| <b>Total</b>                 | <b>99,990</b>               | <b>98,330</b>               |

*Fuente: Elaboración propia*



Se aclara que el valor total de la composición física que se presenta en la Tabla 54, no da 100% porque en el proceso de las caracterizaciones se pierde material al hacer los cuarteos, por ejemplo, al vaciar las bolsas de los residuos, después del mezclado de estos para volver a pesarlos por componentes, en ese proceso lo más normal es que queden residuos en el lugar de la caracterización que es complicado recoger, incluso después de barrer, por lo tanto, siempre se va a perder un porcentaje mínimo del total de la muestra que se recolecta.

Gráfico 29. Resumen de las composiciones porcentuales promedio de los residuos sólidos en el sector No Residencial



Fuente: Elaboración propia





En términos generales y calculando un promedio de todos los subsectores, se tiene que los residuos Ordinarios e Inertes son los que más se producen en todos los subsectores, con un 33,48%, en segundo lugar, siguen siendo los residuos Biodegradables y putrescibles con un 31,44% y en tercer lugar los Plásticos con un 17,39%.

Las causas o factores de generación para que estos tres tipos de residuos sigan en aumento, se deben principalmente a los hábitos de consumo de los empleados que trabajan en las diferentes entidades que se visitaron, quienes finalmente son los que se mantienen un número importante de horas en estos establecimientos y actividades como la alimentación, en el caso de los residuos biodegradables y putrescibles y de los plásticos, van a generar una cantidad importante de estos residuos.

Otra actividad concerniente a las personas en sus puestos de trabajo es el uso de los servicios sanitarios y de aseo, que también tuvo un porcentaje de participación importante dentro de los residuos Ordinarios e inertes clasificados como Papel higiénico, toallas higiénicas, pañales, servilletas, Otros Ordinarios y barrido.

EL nivel de cultura en términos de separación de residuos que tengan los empleados en los diferentes subsectores determina la manera en que se dispongan los residuos, pues finalmente es cada persona la que toma la decisión de separar adecuadamente o no, independiente de que tenga a la mano un punto ecológico. Lo anterior, se evidenció en diversos establecimientos en los cuales los puntos ecológicos no cumplían su función ya que se evidenció que los residuos son mezclados indiscriminadamente. Esta situación se intensificaba en los subsectores en los cuales había presencia de población flotante, por ejemplo, en los subsectores Centros comerciales, Plazas de mercado, Salud, I.E y Restaurantes.

Los retos son más grandes con la población flotante en estos diferentes subsectores porque las empresas o entidades deberían incorporar dentro de sus planes de gestión de residuos, estrategias de educación ambiental enfocada en la separación de los residuos de acuerdo a cada tipo de población flotante.

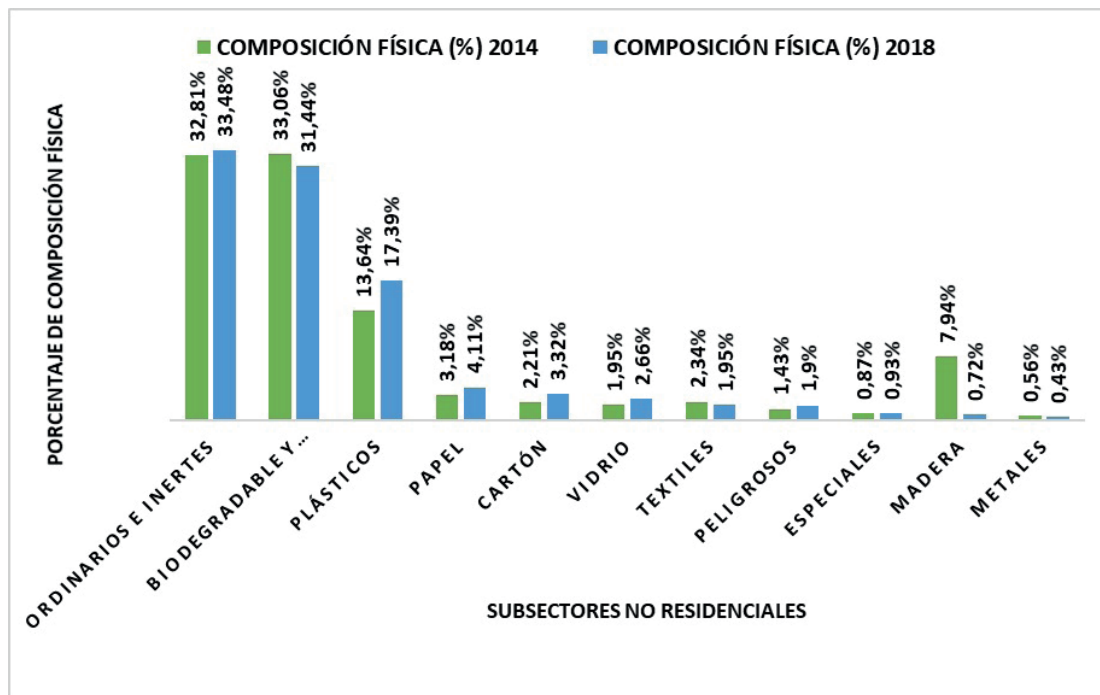
Los residuos que se producen menos son la Madera y los Metales con 0,72% y 0,43% respectivamente. En el **Gráfico 30** se pueden observar las diferencias con respecto al estudio de caracterización de residuos del año 2014 comparando los porcentajes de composición física de cada tipo de residuo.

El aumento en la producción de residuos plásticos es un tema que se relaciona no solo con los hábitos de consumo de los empleados y población flotante, sino además con las prácticas de manufactura de múltiples productos que usan en todos los subsectores, tanto para empaque, embalaje transporte de mercancías y materias primas. La industria del plástico ha permeado casi toda actividad humana, haciendo que su uso sea masivo, por ende, la producción de sus residuos también.





Gráfico 30. Comparación gráfica de las composiciones físicas porcentuales promedio de los subsectores no residenciales del estudio de caracterización de residuos sólidos en Medellín en los años 2014-2018.



Fuente: Elaboración propia

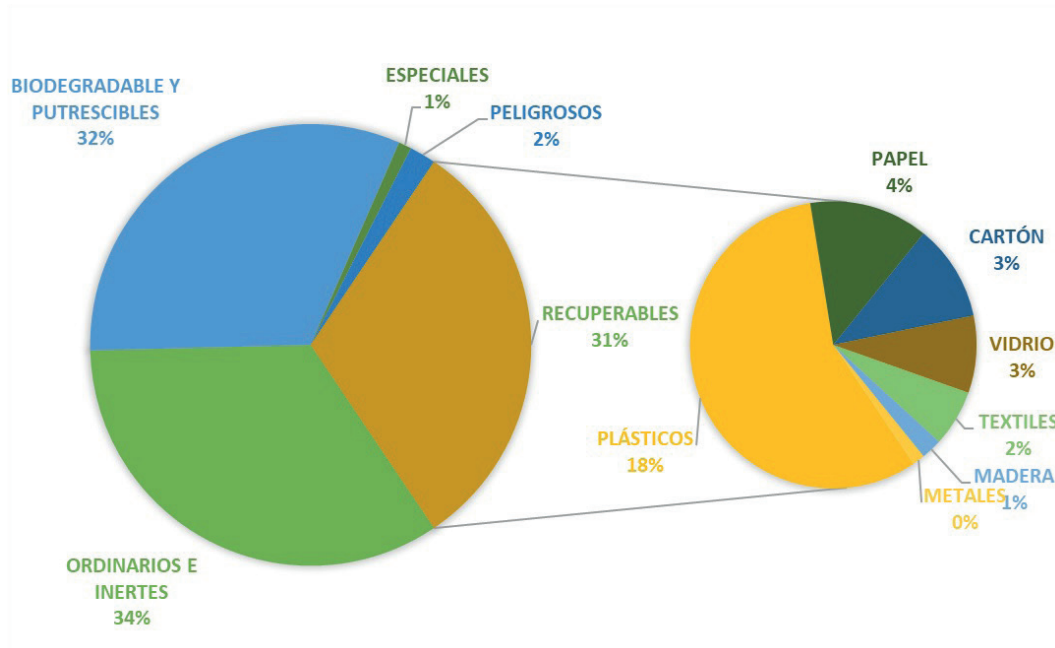
Una diferencia notoria se presenta en el porcentaje de residuos de Madera ya que en este estudio es significativamente menor al reportado en el 2014, bajando de 7,94% a un 0,72%. En el caso residuos recuperables como el Papel, Cartón y Vidrio se tienen aumentos pequeños, pasando de 3,18% a 4,11%, de 2,21% a 3,32% y de 1,95% a 2,66%, respectivamente. Este hecho es muy importante ya que se pueden atribuir a que la separación en los puntos ecológicos de las entidades debe estar mejorando, producto de la adecuada implementación de los planes de gestión de residuos y también posiblemente que las personas cada vez son más conscientes de separar y reciclar sus residuos.

En el **Gráfico 31**, se puede observar que los residuos Recuperables como Plástico, Papel, Cartón, Vidrio, Textiles y Metales en promedio suman un 31% convirtiendo esto en una gran oportunidad de aprovecharlos mediante diferentes tecnologías y mejorando la gestión de los residuos en los diferentes subsectores.





Gráfico 31. Promedio de los Residuos recuperables en el sector no residencial



**Fuente:** Elaboración propia

Si se tiene en cuenta los residuos Biodegradables y Putrescibles, los residuos recuperables son aproximadamente un 63% de lo que se produce en todos los subsectores. Sin embargo, subsectores como plazas de mercado y restaurantes por su alta producción de este tipo de residuos biodegradables deberían tomar acciones encaminadas a la reducción de restos de comida y al aprovechamiento de los mismos, ya que estos residuos comúnmente no son separados y minimizan las posibilidades de reciclar otros materiales como el papel, el cartón y los plásticos, por ejemplo.

Bajo conceptos de Economía circular, como se explicará más adelante, el aprovechamiento de residuos biodegradables se vuelve en una opción viable tanto ambiental como económica para estos subsectores, porque brinda la posibilidad de cerrar los ciclos productivos, convirtiendo residuos en materias primas para otras industrias.





## 11. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y FITOTÓXICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR NO RESIDENCIAL

Para realizar la caracterización físicoquímica y microbiológica de los residuos sólidos del sector no residencial, se compuso muestras de cada subsector No residencial, retomando la información presentada en el numeral **6.6 Tamaños de Muestra para enviar a laboratorio en el Sector No Residencial**, y en la **Tabla 4**. Número de entidades a tener en cuenta de la muestra por subsector, en este capítulo se presentan los resultados de los análisis físicoquímicos y microbiológicos de las diferentes muestras llevadas al laboratorio. Estas muestras fueron de aproximadamente dos (2) kilogramos, y posteriormente llevadas al laboratorio del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares GIEM, de la Universidad de Antioquia.

### Preparación de la muestra

En la mayoría de los casos fueron compuestas por muestras de varias empresas, sin embargo, en el caso del subsector oficial, Plazas de mercado y Centros comerciales, fueron muestras puntuales, por lo que no es debido generalizar los resultados para todo el subsector, independiente de que tengan patrones de producción de residuos similares.

Una vez llegaban las muestras de la recolección, se separaban por subsectores y se procedía a hacer el pesaje de las bolsas provenientes de diferentes empresas, luego se realizaba el cuarteo de los residuos y por último se tomaba la muestra compuesta de la mayor cantidad de residuos que se encontraban en la caracterización, garantizando que la muestra tuviera orgánicos, barridos y reciclable, se pesaba hasta obtener 2 kilos, se empacaba en una bolsa resellable y se transportaba en nevera de poliestireno expandido hacia el laboratorio, debidamente marcada con su procedencia y fecha.

Dentro del pliego de contratación los análisis físicoquímicos a realizar para las muestras del sector No residencial son:

**Análisis Físicoquímicos:** Nitrógeno Orgánico, Porcentajes de Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Zinc (Zn) y Sodio (Na), Porcentaje de humedad, Carbono Orgánico, Relación Carbono Nitrógeno (C/N), pH, Conductividad, Cenizas, Densidad, Capacidad de retención de agua (CRA), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Tamaño de partícula, Poder Calorífico Superior.

**Análisis Microbiológicos:** Recuento de mesoaerobios, termófilos, mohos, levaduras, enterobacterias, salmonella, protozoos, nemátodos (presencia - ausencia)

**Análisis fitotóxicos:** Pruebas de germinación y actividad respirométrica.

**Metales pesados:** Cr, Cd, Pb, Ni, Hg, As.

Según el RAS título F, los parámetros físicoquímicos y microbiológicos para tener en cuenta son aquellos que permiten tener un conocimiento más completo de las características de los residuos, con el fin proponer tratamientos y procesos de aprovechamiento según su naturaleza como en el caso de los residuos orgánicos que si son separados en fuente, se pueden







aprovechar mediante tratamientos como el compostaje o la digestión anaerobia, o para los residuos plásticos, de acuerdo a sus características pueden volver al ciclo de producción de fibra de plástico para hacer diferentes materiales.

A continuación, se presenta una breve explicación de los parámetros más importantes y su significado, lo que servirá de insumo para proponer los posibles aprovechamientos principalmente de los residuos orgánicos, teniendo como base comparativa la NTC 5167.

**Contenido de Carbono Orgánico:** Este contenido de carbono orgánico oxidable es considerado un parámetro importante ya que define el aporte potencial de materia orgánica degradable que presenta una fuente natural orgánica. El principio del método es la oxidación a CO<sub>2</sub>. De ahí su importancia para evaluar las emisiones de CO<sub>2</sub> de estas fuentes.

**Contenido de Nitrógeno:** Dado que el nitrógeno es un macronutriente para los seres vivos, es trascendental definir las cantidades presentes. El procedimiento utilizado para la determinación de nitrógeno orgánico total es el Método de Kjeldhal.

**Contenido de Fósforo:** El Fósforo interviene en funciones vitales de los seres vivos y las plantas lo utilizan para crecer y desarrollar su potencial genético. Las fracciones de Fósforos en las muestras se cuantifican por espectrofotometría. Es el elemento menos móvil Participa en la transmisión de información genética. En los suelos con pH bajos, el P es fijado rápidamente y asimilado por las plantas en forma iónica.

**Contenido de Humedad (%):** Esta variable se utiliza para el control de calidad del producto debido a que cuando hay contenidos apreciables de humedad se reactiva la colonización microbiana, cuya actividad provoca cambios considerables en el contenido de micro y macronutrientes en las muestras. El principio del método es la gravimetría. La humedad en las muestras de residuos que pasarán por un proceso biooxidativo para degradar la materia orgánica, permite el transporte de enzimas bacterianas para la formación de los abonos. Cuando los porcentajes de humedad son pequeños, el proceso fermentativo es lento y cuando es alto se asocia a la existencia de putrefacción o procesos de degradación. La NTC 5167 presenta el porcentaje de humedad dependiendo del material de origen, para residuos de origen animal, el máximo es 20% y para residuos vegetales el máximo es 35%.

**Contenido de cenizas:** Determina la cantidad de material no volátil presente en las muestras. Está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica. El principio del método es la gravimetría.

**Capacidad de retención de agua (CRA):** Permite regular el balance hídrico. Favorece la retención de nutrientes.

**Conductividad eléctrica:** Indica el nivel de iones en el compost. De acuerdo con este parámetro puede utilizarse para corrección de suelos de explotación intensiva.

**Tamaño de partícula:** El tamaño de una partícula de materia orgánica define la disponibilidad de degradación microbiana de cualquier materia orgánica. El principio del método es Filtración y gravimetría.

**Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C):** Es el conjunto de procesos reversibles por medio de los cuales las partículas sólidas retienen y liberan iones de la fase acuosa y simultáneamente intercambian cationes hasta equilibrar las dos fases. Esto se atribuye a







la materia orgánica que funciona como intercambiador. Para una buena fertilidad del suelo debe haber una alta CIC que pueda retener cationes procedentes de la mineralización, meteorización o fertilización, y así evitar su pérdida por lixiviación. En un suelo productivo, por lo general el orden de iones intercambiables según la abundancia es el siguiente:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ \sim \text{NH}_4^+ \sim \text{Na}^+$ .

**Relación Carbono Nitrógeno (C/N):** Este factor se relaciona con los nutrientes y es elemento limitante en el crecimiento y reproducción de los microorganismos. El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos dos elementos en la materia prima se considera en un rango de 30:1 hasta 20:1

La descomposición de materiales con alto contenido de carbono, superior a 35:1, ocurre más lentamente, porque la multiplicación y desarrollo de bacterias es bajo, por la falta de nitrógeno, pero el período de producción de biogás es más prolongado. En cambio, con una relación C/N menor de 8:1 se inhibe la actividad bacteriana debido a la formación de un excesivo contenido de amonio, el cual en grandes cantidades es tóxico e inhibe el proceso.

En términos generales, se considera que una relación C/N óptima que debe tener el material “fresco o crudo” que se utilice para iniciar la digestión anaeróbica, es de 30 unidades de carbono por una unidad de nitrógeno, es decir,  $\text{C/N} = 30/1$ . Por lo tanto, cuando no se tiene un residuo con una relación C/N inicial apropiada, es necesario realizar mezclas de materias en las proporciones adecuadas para obtener la relación C/N óptimas. (MANUAL DE BIOGÁS, 2011)

**Metales pesados:** Son elementos que tienen un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a  $5,0 \text{ g/cm}^3$ , por ejemplo, plomo (Pb), plata (Ag), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), molibdeno (Mo), níquel (Ni), zinc (Zn).

**Análisis Microbiológicos:** permite definir si el producto final es ambientalmente aceptable, agronómicamente seguro e inocuo. La población de patógenos debe desaparecer por la acción de la temperatura controlada. En general, se realiza un recuento total de mesoaerobios, termófilos, mohos, levaduras, enterobacterias, salmonella para cuantificar qué tan contaminada está una muestra con respecto a otra desde este punto de vista fitosanitario.

**Pruebas fitosanitarias en campo (% de germinación):** En semillero sembrar especies de crecimiento rápido como rábano, frijol o gramíneas para evaluar el porcentaje de germinación y la coloración. Si la germinación es inferior a 50% no se recomienda utilizar en aplicaciones al suelo, es necesario reprocesar para poder utilizarlo en actividades agrícolas u otras que impliquen su aplicación al suelo. Igualmente, si en el desarrollo de las pruebas se observa marchitez, amarillamiento o pudrición en alguna de las partes de los individuos vegetales de la prueba, es un indicador de que el proceso no alcanzó la temperatura adecuada para controlar patógenos. Así mismo si se presenta crecimiento de malezas en el producto obtenido a partir de semillas fértiles que persistieron al proceso de compostaje, indica que el proceso no alcanzó la temperatura adecuada.

**Actividad Respirométrica:** Proporciona una medición directa del oxígeno consumido por los microorganismos del aire o un ambiente enriquecido con oxígeno en un recipiente cerrado bajo condiciones de temperatura y agitación constantes.





A continuación, se presentan los resultados promedios de las muestras analizadas bajo los parámetros de la NTC 5167 y el (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano/, 2012).

De acuerdo con Título F del RAS, las características fisicoquímicas y microbiológicas y contenidos de metales pesados se deben comparar con normas como la (NORMA TECNICA COLOMBIANA 5167, 2011) o normas ICONTEC o aquellas que las complementen o modifiquen. De acuerdo con esto, los resultados presentados a continuación se compararán con la NTC 5167 para abonos y enmiendas orgánicas.

En este punto se presentan los resultados de los parámetros anteriormente descritos obtenidos en los análisis de laboratorio entregados por el Grupo GIEM de la U de A. Estos resultados se presentarán por Subsector No residencial. Las convenciones usadas para referirse a la técnica empleada, parámetro analizado, unidad de medida entre otras son descritas en la **Tabla 55**.

**Tabla 55. Convenciones usadas en los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos**

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Parámetros</b> | CO: Carbono orgánico, CRA: Capacidad de Retención de Agua, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, CIC/CO. CIC en términos de CO, C/N: carbono/nitrógeno, u.f.c / g: Unidades formadoras de colonia /gramo  |
| <b>Unidades</b>   | g: gramos, meq: miliequivalentes, mS: milisimens, cm: centímetros, cm <sup>3</sup> : centímetro cúbico, ppm: partes por millón, P/V: Peso/Volumen, V/V: Volumen/Volumen,   |
| <b>Técnicas</b>   | A.A. Absorción Atómica, EC: Electroforesis capilar, PDP: Polarografía diferencial de pulso, SSLMM-42-2-92: Soil Survey Laboratory Methods Manual Reporte N°42, Versión 2.0, 1992   |
| <b>Otras</b>      | Mta: muestra, ND: No Detectado, NC: No cuantificable, de: desviación estándar, LD: Límite de detección, NTC: Norma Técnica Colombiana, SM: Standard Methods, APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association, WPCF: Water Pollution Control Federation, AOAC: Association of Oficial Analytical Chemists, FAO: food and agriculture organization. |
| <b>BS</b>         | Los cálculos se realizaron en base seca.   |

**Fuente:** Grupo interdisciplinario de estudios moleculares GIEM. Universidad de Antioquia.

Aunque en muchos de los casos, se evidenció que los residuos estaban separados en la fuente, es necesario recordar que la Norma no permite realizar procesos de transformación de materia orgánica de residuos sólidos urbanos sin separación, debido a que los productos obtenidos de tratamientos de estabilización de la materia orgánica como el compostaje o la digestión anaerobia presentarán un alto riesgo de contaminación con agentes patógenos o metales pesados que impedirán su uso como producto agrícola. Sin embargo, son parámetros que permitirán definir qué tipo de tratamiento se recomienda de acuerdo con los resultados.





Según la NTC 5167, los productos orgánicos sólidos empleados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores del suelo y Según el Título F del RAS 2000, de acuerdo con la calidad y cantidad de nutrientes estos productos pueden ser clasificados como enmienda orgánica utilizada para recuperar suelos, como abono orgánico o como sustrato para propagación vegetal, dentro de la categoría A de los residuos que se refiere a la Fracción de residuos sólidos orgánicos biodegradables, papel, cartón, textiles, madera y residuos de jardín. Sus Usos pueden ser los siguientes:

- En agricultura, como abonos orgánicos o acondicionadores orgánicos no húmicos de suelos en cultivos hortícolas, frutícolas, forraje, fibras y praderas para pastoreo.
- Para remediación de suelos contaminados, lechos biológicos para el tratamiento de emisiones y vertimientos, soporte físico y sustrato biológico en sistemas de filtración, absorción y adsorción.
- En la fabricación de encendedores y material aglomerado o comprimido (pellets) para procesos de tratamiento térmico de residuos y en procesos de oxidación térmica o reducción térmica, como combustible alternativo.
- Como insumo en la obtención de materiales de construcción (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2012)

En general los residuos analizados deben cumplir con los requisitos establecidos en las Tabla 56, Tabla 57, Tabla 58 y Tabla 59, en las cuales se presentan los límites máximos permisibles para los diferentes parámetros que se analizaron.

**Tabla 56. Límites máximos permisibles para Metales Pesado según el Título F del RAS 2000 y la NTC 5167**

| Metales pesados<br>(mg/Kg Base Seca) | Máximo permisible para sólidos urbanos<br>separados en la fuente (mg/kg Base Seca)<br>Tabla F.5.6. Título F del RAS 2000 |            | Valor máximo Permisible<br>en abonos o fertilizantes<br>orgánicos sólidos (ppm)<br>NTC 5167 |
|--------------------------------------|--|------------|---|
|                                      | Uso agrícola   | Otros Usos |   |
| Arsénico (As)                        | 15   | 140        | 41  |
| Cadmio (Cd)                          | 0,70   | 39         | 39  |
| Cromo (Cr)                           | 70   | 1200       | 1200  |
| Mercurio (Hg)                        | 0,4  | 17         | 17  |
| Níquel (Ni)                          | 25   | 420        | 420   |
| Plomo (Pb)                           | 140  | 300        | 300   |
| Zinc (Zn)                            | 200  | 2800       |   |

**Fuente:** (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2012)





**Tabla 57. Parámetros fisicoquímicos para garantizar según la normatividad colombiana en residuos sólidos urbanos separados en fuente y productos agrícolas a partir de estos**

| Parámetro   | Tabla F5.6 Categoría A.<br>Título F del RAS 2000<br>Categoría A (Uso Agrícola) | NTC 5167   |
|---|--|--|
| Cenizas (%)                                       | < 60%  | Máximo 60%   |
| Capacidad de Intercambio Catiónico CIC (meq/100g) | > 30,0   | Mínimo 30 (meq/100g)   |
| Carbono orgánico oxidable (%)                     | >15%   | Mínimo 15%   |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) en base seca        | < 0,6  | Mínimo 0.6   |
| P2O5 total (%)                                    | Reportar si es mayor al 1%   | Reportar si es mayor al 1%   |
| K2O total (%)                                     | Reportar si es mayor al 1%   | Reportar si es mayor al 1%   |
| Humedad (%)                                       | <= 20%   | Para materiales de origen vegetal máximo 30%. Para mezclas el contenido deberá ponderarse en proporción a la mezcla. |
| N total (%)                                       | Reportar si es mayor al 1%   | Reportar si es mayor al 1%   |
| pH (10%)  | Entre 4 y 9  | Mayor de 4 y menor de 9  |
| Relación C/N                                      | 20:1– 30:1   | Reportar   |
| CRA   | > 100,0  | Mínimo su propio peso  |

**Fuente:** (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2012) y (NORMA TECNICA COLOMBIANA 5167, 2011)





**Tabla 58. Límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos según la normatividad colombiana en residuos sólidos urbanos separados en fuente y productos agrícolas a partir de estos**

| Parámetros microbiológicos                   | Tabla F5.6 Categoría A. Título F del RAS 2000 Categoría A y NTC 5167         |
|--|--|
| Salmonella sp.                               | Ausente en 25 gramos de muestra de producto final (en base seca)             |
| Enterobacterias totales (Coliformes totales) | < 1,00 E (+3) NMP/g de producto final (En base seca)                         |
| Huevos de helmintos                          | < 1 Huevo de helminto viable/4 g de muestra de producto final (en base seca) |
| Fitopatógenos                                | Ausentes   |

**Fuente:** (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2012) y (NORMA TECNICA COLOMBIANA 5167, 2011)

**Tabla 59. Porcentajes para macro contaminantes en muestras según NTC 5167**

| Macro contaminantes              | Límite (% en masa seca) |
|----------------------------------|-------------------------|
| Plástico, metal, caucho > 2mm    | < 0.2                   |
| Vidrio > 2mm                     | < 0.02                  |
| Piedras > 5mm                    | < 2                     |
| Vidrio > 16 mm detección (si/no) | no                      |

**Fuente:** (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2012) y (NORMA TECNICA COLOMBIANA 5167, 2011)

## 11.1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos para el subsector Industrial

Las siguientes tablas se presentan los resultados de los parámetros para las muestras del subsector industrial en las 6 categorías: Alimentos, Manufactura, Metalurgia, Químicos, Plásticos y Otros (Industrias de equipos logísticos, mármol, vidrios, autopartes, llantas, empaques)



**Tabla 60. Resultados de metales pesados en Muestras del sector No residencial - Subsector Industrial**

| Parámetro          | Otros<br>(06dic1802) | Manufactura<br>(06dic1804) | Alimentos<br>(10dic1809) | Metalurgia<br>(14dic1802) | Plástico<br>(30ene1902) | Químicos<br>(30ene1903) |
|--------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Cadmio total (ppm) | < 0,003              | 1,922                      | < 0,003                  | < 0,003                   | 6,417                   | < 0,003                 |
| Cromo total (ppm)  | < 0,02               | 108,4                      | < 0,01                   | 67,55                     | 90,3                    | 21                      |
| Níquel total (ppm) | 26,235               | 118,2                      | 44,5                     | 44                        | 497,3                   | 20,57                   |
| Plomo total (ppm)  | 15,6                 | 85,4                       | < 0,01                   | 21,5                      | 214,7                   | 11,3                    |
| Mercurio (ppm)     | < 0,01               | 0,147                      | < 0,01                   | < 0,01                    | 0,263                   | 0,176                   |
| Arsénico (ppm)     | < 0,1                | 1,578                      | < 0,1                    | 0,296                     | 5,733                   | 4,821                   |

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 61. Resultados Parámetros Fisicoquímicos en Muestras sector No residencial- Subsector Industrial**

| Parámetro                              | Otros<br>(06dic1802) | Manufactura<br>(06dic1804) | Alimentos<br>(10dic1809) | Metalurgia<br>(14dic1802) | Plástico<br>(30ene1902) | Químicos<br>(30ene1903) |
|--|----------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Calcio total (%)                       | 3,092                | 2,330                      | 1,501                    | 2,020                     | 1,580                   | 3,240                   |
| Magnesio total (%)                     | 0,146                | 0,237                      | 0,126                    | 0,235                     | 0,095                   | 0,125                   |
| Potasio total (%)                      | <b>0,505</b>         | <b>0,171</b>               | <b>0,600</b>             | <b>0,330</b>              | <b>0,153</b>            | <b>0,374</b>            |
| Sodio total (%)                        | 0,218                | 0,129                      | 0,181                    | 0,288                     | 0,229                   | 0,486                   |
| Zinc total (%)                         | 0,02886              | 0,042                      | 0,028                    | 0,029                     | 0,085                   | 0,166                   |
| Fósforo total (%)                      | <b>0,32</b>          | <b>0,260</b>               | <b>0,068</b>             | <b>0,007</b>              | <b>0,170</b>            | <b>0,220</b>            |
| Nitrógeno total (%)                    | <b>0,92</b>          | <b>0,570</b>               | 1,740                    | <b>0,750</b>              | <b>0,420</b>            | <b>2,780</b>            |
| Nitrógeno orgánico total (%)           | 0,83                 | 0,430                      | 1,690                    | 0,730                     | 0,400                   | 2,630                   |
| Carbono orgánico oxidable total (%)    | 38,3                 | 42,8                       | 26,8                     | 23                        | 36,6                    | 47,8                    |
| Cenizas (%)                            | 7,6                  | 20,5                       | 6,1                      | 32,8                      | 23                      | 5,3                     |
| CIC (meq/100 g)                        | <b>22,8</b>          | <b>11,2</b>                | 31,3                     | <b>11,9</b>               | <b>13,3</b>             | <b>16,3</b>             |
| CIC/CO (meq/100 g CO)                  | 59,6                 | 26,3                       | 116,6                    | 51,6                      | 36,6                    | 34,1                    |
| Conductividad eléctrica (1/200) (dS/m) | 1,57                 | 4,02                       | 0,99                     | 3,15                      | 2,87                    | 3,08                    |





| Parámetro                                 | Otros<br>(06dic1802) | Manufactura<br>(06dic1804) | Alimentos<br>(10dic1809) | Metalurgia<br>(14dic1802) | Plástico<br>(30ene1902) | Químicos<br>(30ene1903) |
|---|----------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| CRA (%)                                   | 301                  | 337                        | 326                      | 342                       | 314                     | 297                     |
| Densidad (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )      | 0,18                 | 0,19                       | 0,15                     | 0,16                      | 0,16                    | 0,17                    |
| Humedad (%)                               | 31,3                 | 67,9                       | 37,10                    | 23,9                      | 24,6                    | 54,5                    |
| pH (10%)                                  | 6,69                 | 8,11                       | 6,72                     | 6,19                      | 7,07                    | 7,21                    |
| Relación C/N                              | 46                   | 100                        | 15,8                     | 31,4                      | 92                      | 34,1                    |
| Tamaño de partícula > 2 mm % en masa seca | 80                   | 94,1                       | 90,3                     | 96,4                      | 94,6                    | 96,1                    |
| Poder calorífica (kcal / Kg)              | 4780                 | 2891                       | 5147                     | 5040                      | 5870                    | 4068                    |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 62. Resultados parámetros microbiológicos en muestras del Sector No residencialSubsector Industrial**

| Parámetro                 | Otros<br>(06dic1802) | Manufactura<br>(06dic1804) | Alimentos<br>(10dic1809) | Metalurgia<br>(14dic1802) | Plástico<br>(30ene1902) | Químicos<br>(30ene1903) |
|---------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Mesófilos u,f,c / g       | 3,20E+09             | 2,70E+09                   | 4,90E+09                 | 3,70E+09                  | 1,60E+08                | 3,90E+09                |
| Termófilos u,f,c / g      | 2,00E+06             | 1,00E+06                   | 5,00E+06                 | 4,30E+07                  | 1,10E+07                | 4,00E+06                |
| Mohos u,f,c / g           | 0,00E+00             | 3,70E+04                   | 0,00E+00                 | 0,00E+00                  | 0,00E+00                | 3,00E+03                |
| Levaduras u,f,c / g       | 1,30E+06             | 3,80E+04                   | 6,50E+06                 | 2,10E+06                  | 7,40E+04                | 0,00E+00                |
| Nemátodos                 | Ausentes             | Ausentes                   | Ausentes                 | Ausentes                  | Ausentes                | Ausentes                |
| Enterobacterias u,f,c / g | 0,00E+00             | 0,00E+00                   | 0,00E+00                 | 0,00E+00                  | 0,00E+00                | 0,00E+00                |
| Salmonella / 25 g         | Ausente              | Ausente                    | Ausente                  | Ausente                   | Ausente                 | Ausente                 |

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 63. Resultados parámetros Fitotóxicos en muestras del sector No residencial-Subsector Industrial**

| Parámetro   | Otros<br>(06dic1802) | Manufactura<br>(06dic1804) | Alimentos<br>(10dic1809) | Metalurgia<br>(14dic1802) | Plástico<br>(30ene1902) | Químicos<br>(30ene1903) |
|---|----------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Respirometría<br>24 horas mg<br>(CO <sub>2</sub> ) /g | 9,03                 | 2,27                       | 8,75                     | 8,89                      | 2,3                     | 8,89                    |
| Concentración<br>(% P/V) Mta<br>sólida testigo        | 0                    | 0                          | 0                        | 0                         | 0                       | 0                       |
| % Germinación<br>testigo                              | 80                   | 80                         | 80                       | 80                        | 80                      | 80                      |
| Concentración<br>(% P/V) Mta<br>sólida Muestra        | 10                   | 10                         | 10                       | 10                        | 10                      | 10                      |
| % Germinación<br>Muestra                              | 0                    | 20                         | 25                       | 0                         | 45                      | 0                       |

*Fuente: Elaboración propia*

## 11.2. Resultados Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos para el subsector Centros comerciales

Los resultados del subsector Centros comerciales se presentan en las Tabla 64, Tabla 65, Tabla 66 y Tabla 67.

**Tabla 64. Resultados de metales pesados en muestra del sector No residencial-Subsector Centros Comerciales**

| Parámetro          | C.C (29nov1812) |
|--------------------|-----------------|
| Cadmio total (ppm) | < 0,003         |
| Cromo total (ppm)  | < 0,02          |
| Níquel total (ppm) | 12,2            |
| Plomo total (ppm)  | < 0,01          |
| Mercurio (ppm)     | < 0,01          |
| Arsénico (ppm)     | < 0,1           |

*Fuente: Elaboración propia*



**Tabla 65. Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestra del sector No residencial – Subsector centros Comerciales**

| Parámetro                                 | C.C (29nov1812) |
|---|-----------------|
| Calcio total (%)                          | 5,400           |
| Magnesio total (%)                        | 0,101           |
| Potasio total (%)                         | 0,465           |
| Sodio total (%)                           | 0,192           |
| Zinc total (%)                            | 0,021           |
| Fósforo total (%)                         | 0,120           |
| Nitrógeno total (%)                       | 1,660           |
| Nitrógeno orgánico total (%)              | 1,640           |
| Carbono orgánico oxidable total (%)       | 35,5            |
| Cenizas (%)                               | 13,8            |
| CIC (meq/100 g)                           | 23,2            |
| CIC/CO (meq/100 g CO)                     | 65,4            |
| Conductividad eléctrica (1/200) (dS/m)    | 3,08            |
| CRA (%)                                   | 256             |
| Densidad (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )      | 0,17            |
| Humedad (%)                               | 82,7            |
| pH (10%)                                  | 7,05            |
| Relación C/N                              | 21,6            |
| Tamaño de partícula > 2 mm % en masa seca | 92,8            |
| Poder Calorífico (Kcal/Kg)                | 3890            |

**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 66. Resultados de parámetros microbiológicos en muestra del sector No residencial- Subsector Centros Comerciales**

| Parámetro                 | C.C (29nov1812) |
|---------------------------|-----------------|
| Mesófilos u,f,c / g       | 3,40E+09        |
| Termófilos u,f,c / g      | 2,30E+06        |
| Mohos u,f,c / g           | 0,00E+00        |
| Levaduras u,f,c / g       | 9,00E+05        |
| Nemátodos                 | Ausentes        |
| Enterobacterias u,f,c / g | 3,10E+02        |
| Salmonella / 25 g         | Presente        |

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 67. Resultados de parámetros Fitotóxicos en muestra del sector No residencial -Subsector Centros Comerciales**

| Parámetro                                       | C.C (29nov1812) |
|---|-----------------|
| Respirometría 24 horas mg (CO <sub>2</sub> ) /g | 7,55            |
| Concentración (% P/V) Mta sólida testigo        | 0               |
| % Germinación testigo                           | 80              |
| Concentración (% P/V) Mta sólida Muestra        | 10              |
| % Germinación Muestra                           | 0               |

*Fuente: Elaboración propia*

### 11.3. Resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos Para el subsector oficial

Los resultados para el subsector oficial se muestran en las Tabla 68, Tabla 69, Tabla 70, Tabla 71.



**Tabla 68. Resultados de Metales pesados en Muestra del sector No residencial-Subsector Oficial**

| Parámetro          | Oficial (06dic1806) |
|--------------------|---------------------|
| Cadmio total (ppm) | < 0,003             |
| Cromo total (ppm)  | < 0,02              |
| Níquel total (ppm) | 63,5                |
| Plomo total (ppm)  | < 0,01              |
| Mercurio (ppm)     | < 0,01              |
| Arsénico (ppm)     | < 0,1               |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 69. Resultados de parámetros fisicoquímicos en Muestra del sector No residencial- Subsector Oficial**

| Parámetro                              | Oficial (06dic1806) |
|--|---------------------|
| Calcio total (%)                       | 3,500               |
| Magnesio total (%)                     | 0,071               |
| Potasio total (%)                      | 0,201               |
| Sodio total (%)                        | 0,458               |
| Zinc total (%)                         | 0,020               |
| Fósforo total (%)                      | N.D                 |
| Nitrógeno total (%)                    | 0,930               |
| Nitrógeno orgánico total (%)           | 0,930               |
| Carbono orgánico oxidable total (%)    | 32,4                |
| Cenizas (%)                            | 8                   |
| CIC (meq/100 g)                        | 13,5                |
| CIC/CO (meq/100 g CO)                  | 41,8                |
| Conductividad eléctrica (1/200) (dS/m) | 1,04                |
| CRA (%)                                | 313                 |





| Parámetro                                 | Oficial (06dic1806) |
|---|---------------------|
| Densidad (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )      | 0,19                |
| Humedad (%)                               | 74,4                |
| pH (10%)                                  | 6,89                |
| Relación C/N                              | 35                  |
| Tamaño de partícula > 2 mm % en masa seca | 93,2                |
| Poder Calorífico (Kcal/Kg)                | 5395                |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 70. Resultados de parámetros microbiológicos en muestra del sector No residencial - Subsector Oficial**

| Parámetro                 | Oficial (06dic1806) |
|---------------------------|---------------------|
| Mesófilos u,f,c / g       | 1,30E+09            |
| Termófilos u,f,c / g      | 3,00E+06            |
| Mohos u,f,c / g           | 0,00E+00            |
| Levaduras u,f,c / g       | 3,10E+06            |
| Nemátodos                 | Ausentes            |
| Enterobacterias u,f,c / g | 0,00E+00            |
| Salmonella / 25 g         | Ausentes            |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 71. Resultados de parámetros fitotóxicos en muestra del sector No Residencial-Subsector Centros Comerciales**

| Parámetro                                       | Oficial (06dic1806) |
|---|---------------------|
| Respirometría 24 horas mg (CO <sub>2</sub> ) /g | 9,04                |
| Concentración (% P/V) Mta sólida testigo        | 0                   |
| % Germinación testigo                           | 80                  |
| Concentración (% P/V) Mta sólida Muestra        | 10                  |
| % Germinación Muestra                           | 5                   |

**Fuente:** Elaboración propia



## 11.4. Resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos para el Subsector Instituciones Educativas

Tabla 72. Resultados de metales pesados en muestra del sector No Residencial-Subsector Instituciones Educativas

| Parámetro          | I.E (26nov1804) | I.E (26nov1805) |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| Cadmio total (ppm) | < 0,003         | < 0,003         |
| Cromo total (ppm)  | < 0,02          | 17,9            |
| Níquel total (ppm) | 13,7            | 20,8            |
| Plomo total (ppm)  | < 0,01          | < 0,01          |
| Mercurio (ppm)     | N.D             | < 0,01          |
| Arsénico (ppm)     | < 0,1           | < 0,1           |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73. Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestra del sector No Residencial- Subsector Instituciones Educativas

| Parámetro                           | I.E (26nov1804) | I.E (26nov1805) |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Calcio total (%)                    | 2,690           | 2,509           |
| Magnesio total (%)                  | 0,111           | 0,130           |
| Potasio total (%)                   | 0,558           | 0,411           |
| Sodio total (%)                     | 0,198           | 0,258           |
| Zinc total (%)                      | 0,093           | 0,017           |
| Fósforo total (%)                   | 1,310           | 0,970           |
| Nitrógeno total (%)                 | 0,730           | 0,600           |
| Nitrógeno orgánico total (%)        | 0,730           | 0,580           |
| Carbono orgánico oxidable total (%) | 30,8            | 36,7            |
| Genizas (%)                         | 15              | 90,1            |
| CIC (meq/100 g)                     | 24,3            | 13,8            |
| CIC/CO (meq/100 g CO)               | 78,6            | 37,7            |





| Parámetro                                 | I.E (26nov1804) | I.E (26nov1805) |
|---|-----------------|-----------------|
| Conductividad eléctrica (1/200) (dS/m)    | 3,21            | 2,44            |
| CRA (%)                                   | 334             | 230             |
| Densidad (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )      | 0,22            | 0,19            |
| Humedad (%)                               | 52,6            | 62,00           |
| pH (10%)                                  | 6,18            | 7,63            |
| Relación C/N                              | 42              | 63,1            |
| Tamaño de partícula > 2 mm % en masa seca | 91,2            | 83,5            |
| Poder calorífico superior (kcal / Kg)     | 4869            | 3090            |
| Mercurio (ppm)                            | N.D             | < 0,01          |
| Arsénico (ppm)                            | < 0,1           | < 0,1           |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 74. Resultados Parámetros microbiológicos de muestras sector No residencial-Subsector Instituciones Educativas**

| Parámetro                 | I.E (26nov1805) | I.E (26nov1804) |
|---------------------------|-----------------|-----------------|
| Mesófilos u,f,c / g       | 2,00E+09        | 1,20E+08        |
| Termófilos u,f,c / g      | 1,00E+06        | 4,00E+06        |
| Mohos u,f,c / g           | 0,00E+00        | 0,00E+00        |
| Levaduras u,f,c / g       | 1,00E+06        | 3,70E+05        |
| Nemátodos                 | Ausentes        | Ausentes        |
| Enterobacterias u,f,c / g | 4,00E+02        | 0,00E+00        |
| Salmonella / 25 g         | Ausente         | Ausente         |

**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 75. Resultados Parámetros fitotóxicos de muestras sector No residencial-Subsector Instituciones Educativas**

| Parámetro                                | I.E (26nov1805) | I.E (26nov1804) |
|--|-----------------|-----------------|
| Respirometría 24 horas mg (CO2) /g       | 13,5            | 9,09            |
| Concentración (% P/V) Mta sólida testigo | 0               | 0               |
| % Germinación testigo                    | 80              | 80              |
| Concentración (% P/V) Mta sólida Muestra | 10              | 10              |
| % Germinación Muestra                    | 0               | 40              |

**Fuente:** Elaboración propia

### 11.5. Resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos del subsector Salud

**Tabla 76. Resultados de metales pesados en muestras del sector No residencia-Subsector Salud**

| Parámetro          | Salud (03dic1805) | Salud (03dic1806) |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Cadmio total (ppm) | < 0,003           | < 0,003           |
| Cromo total (ppm)  | 28,7              | 15,4              |
| Níquel total (ppm) | 23,929            | 20,4              |
| Plomo total (ppm)  | < 0,01            | 13,38             |
| Mercurio (ppm)     | < 0,01            | < 0,01            |
| Arsénico (ppm)     | 0,819             | < 0,1             |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 77. Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Salud**

| Parámetro          | Salud (03dic1805) | Salud (03dic1806) |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Calcio total (%)   | 1,320             | 1,492             |
| Magnesio total (%) | 0,125             | 0,108             |
| Potasio total (%)  | 0,320             | 0,579             |
| Sodio total (%)    | 0,409             | 0,306             |





| Parámetro                                 | Salud (03dic1805) | Salud (03dic1806) |
|---|-------------------|-------------------|
| Zinc total (%)                            | 0,009             | 0,004             |
| Fósforo total (%)                         | 0,190             | 0,200             |
| Nitrógeno total (%)                       | 0,960             | 0,980             |
| Nitrógeno orgánico total (%)              | 0,940             | 0,940             |
| Carbono orgánico oxidable total (%)       | 35,3              | 38,3              |
| Cenizas (%)                               | 41,6              | 42,5              |
| CIC (meq/100 g)                           | 32,8              | 12                |
| CIC/CO (meq/100 g CO)                     | 92,9              | 31,3              |
| Conductividad eléctrica (1/200) (dS/m)    | 1,37              | 1,47              |
| CRA (%)                                   | 265               | 317               |
| Densidad (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )      | 0,18              | 0,18              |
| Humedad (%)                               | 50,7              | 46,80             |
| pH (10%)                                  | 6,9               | 5,61              |
| Relación C/N                              | 37,6              | 40,6              |
| Tamaño de partícula > 2 mm % en masa seca | 93,3              | 94                |
| Poder calorífico superior (Kcal/Kg)       | 4921              | 4923              |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 78. Resultados de parámetros microbiológicos en muestras del sector No residencia-Subsector Salud**

| Parámetro                 | Salud (03dic1805) | Salud (03dic1806) |
|---------------------------|-------------------|-------------------|
| Mesófilos u,f,c / g       | 1,10E+09          | 1,70E+09          |
| Termófilos u,f,c / g      | 2,00E+06          | 3,00E+06          |
| Mohos u,f,c / g           | 0,00E+00          | 0,00E+00          |
| Levaduras u,f,c / g       | 2,50E+06          | 2,00E+06          |
| Nemátodos                 | Ausentes          | Ausentes          |
| Enterobacterias u,f,c / g | 3,00E+01          | 0,00E+00          |
| Salmonella / 25 g         | Ausente           | Ausente           |

**Fuente:** Elaboración propia







**Tabla 79. Resultados parámetros fitotóxicos en muestras del sector No residencia-Subsector Salud**

| Parámetro                                       | Salud (03dic1805) | Salud (03dic1806) |
|---|-------------------|-------------------|
| Respirometría 24 horas mg (CO <sub>2</sub> ) /g | 8,82              | 8,84              |
| Concentración (% P/V) Mta sólida testigo        | 0                 | 0                 |
| % Germinación testigo                           | 80                | 80                |
| Concentración (% P/V) Mta sólida Muestra        | 10                | 10                |
| % Germinación Muestra                           | 10                | 0                 |

*Fuente: Elaboración propia*

## 11.6. Resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos del subsector Restaurantes

**Tabla 80. Resultados de metales pesados en muestras del sector No residencia-Subsector Restaurantes**

| (ID Muestra)       | Restaurante (12dic1801) | Restaurante (12dic1802) |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| Cadmio total (ppm) | < 0,003                 | < 0,003                 |
| Cromo total (ppm)  | < 0,02                  | < 0,02                  |
| Níquel total (ppm) | 3,8                     | 11,76                   |
| Plomo total (ppm)  | < 0,01                  | < 0,01                  |
| Mercurio (ppm)     | < 0,01                  | < 0,01                  |
| Arsénico (ppm)     | < 0,1                   | < 0,1                   |

*Fuente: Elaboración propia*



**Tabla 81. Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Restaurantes**

| Parámetro                                 | Salud (03dic1805) | Salud (03dic1806) |
|---|-------------------|-------------------|
| Calcio total (%)                          | 1,780             | 2,193             |
| Magnesio total (%)                        | 0,095             | 0,116             |
| Potasio total (%)                         | <b>0,483</b>      | <b>0,098</b>      |
| Sodio total (%)                           | 0,377             | 0,484             |
| Zinc total (%)                            | 0,016             | 0,006             |
| Fósforo total (%)                         | <b>0,260</b>      | 1,110             |
| Nitrógeno total (%)                       | <b>0,870</b>      | 1,420             |
| Nitrógeno orgánico total (%)              | 0,720             | 1,370             |
| Carbono orgánico oxidable total (%)       | 33,1              | 41,9              |
| Cenizas (%)                               | 11,8              | 8,07              |
| CIC (meq/100 g)                           | 14,4              | 21,4              |
| CIC/CO (meq/100 g CO)                     | 43,6              | 51,2              |
| Conductividad eléctrica (1/200) (dS/m)    | 1,02              | 1,35              |
| CRA (%)                                   | 326               | 300               |
| Densidad (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )      | 0,22              | 0,16              |
| Humedad (%)                               | <b>45,7</b>       | <b>50,00</b>      |
| pH (10%)                                  | 8,01              | 7,37              |
| Relación C/N                              | 45,9              | 30,5              |
| Tamaño de partícula > 2 mm % en masa seca | 94,6              | 92,8              |
| Poder calorífico superior (Kcal/Kg)       | 4993              | 5606              |

**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 82. Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Restaurantes**

| (ID Muestra)              | Restaurante (12dic1801) | Restaurante (12dic1802) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Mesófilos u,f,c / g       | 2,30E+09                | 1,30E+10                |
| Termófilos u,f,c / g      | 3,70E+07                | 1,00E+06                |
| Mohos u,f,c / g           | 0,00E+00                | 0,00E+00                |
| Levaduras u,f,c / g       | 3,30E+04                | 2,20E+05                |
| Nemátodos                 | Ausentes                | Ausentes                |
| Enterobacterias u,f,c / g | 0,00E+00                | 2,00E+02                |
| Salmonella / 25 g         | Ausente                 | Ausente                 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 83. Resultados de parámetros fitotóxicos en muestras del sector No residencia-Subsector Restaurantes**

| (ID Muestra)                                    | Restaurante (12dic1801) | Restaurante (12dic1802) |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Respirometría 24 horas mg (CO <sub>2</sub> ) /g | 8,7                     | 8,66                    |
| Concentración (% P/V) Mta sólida testigo        | 0                       | 0                       |
| % Germinación testigo                           | 80                      | 80                      |
| Concentración (% P/V) Mta sólida Muestra        | 10                      | 10                      |
| % Germinación Muestra                           | 25                      | 15                      |

**Fuente:** Elaboración propia

## 11.7. Resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos del subsector Plazas de Mercado



**Tabla 84. Resultados de metales pesados en muestras del sector No residencia-Subsector Plazas de mercado**

| (ID Muestra)       | P.M (14dic1801) |
|--------------------|-----------------|
| Cadmio total (ppm) | < 0,003         |
| Cromo total (ppm)  | < 0,02          |
| Níquel total (ppm) | 37,4            |
| Plomo total (ppm)  | 21,8            |
| Mercurio (ppm)     | < 0,01          |
| Arsénico (ppm)     | < 0,1           |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 85. Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Plazas de mercado**

| (ID Muestra)                           | P.M (14dic1801) |
|--|-----------------|
| Calcio total (%)                       | 1,829           |
| Magnesio total (%)                     | 0,427           |
| Potasio tota (%)                       | 1,982           |
| Sodio total (%)                        | 0,104           |
| Zinc total (%)                         | 0,026           |
| Fósforo total (%)                      | 0,038           |
| Nitrógeno total (%)                    | 0,600           |
| Nitrógeno orgánico total (%)           | 0,590           |
| Carbono orgánico oxidable total (%)    | 17              |
| Cenizas (%)                            | 12,2            |
| CIC (meq/100 g)                        | 34,4            |
| CIC/CO (meq/100 g CO)                  | 202,3           |
| Conductividad eléctrica (1/200) (dS/m) | 1,95            |
| CRA (%)                                | 290             |
| Densidad (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )   | 0,18            |
| Humedad (%)                            | 47              |
| pH (10%)                               | 6,77            |





| (ID Muestra)                              | PM (14dic1801) |
|---|----------------|
| Relación C/N                              | 29             |
| Tamaño de partícula > 2 mm % en masa seca | 86,9           |
| Poder calorífico superior (Kcal/Kg)       | 5632           |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 86. Resultados de parámetros microbiológicos en muestras del sector No residencia-Subsector Plazas de mercado**

| (ID Muestra)              | PM (14dic1801) |
|---------------------------|----------------|
| Mesófilos u,f,c / g       | 1,20E+10       |
| Termófilos u,f,c / g      | 6,00E+06       |
| Mohos u,f,c / g           | 0,00E+00       |
| Levaduras u,f,c / g       | 3,20E+06       |
| Nemátodos                 | Ausentes       |
| Enterobacterias u,f,c / g | 0,00E+00       |
| Salmonella / 25 g         | Presente       |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 87. Resultados de parámetros fitotóxicos en muestras del sector No residencia-Subsector Plazas de mercado**

| (ID Muestra)                             | PM (14dic1801) |
|--|----------------|
| Respirometría 24 horas mg (CO2) /g       | 9,07           |
| Concentración (% P/V) Mta sólida testigo | 0              |
| % Germinación testigo                    | 80             |
| Concentración (% P/V) Mta sólida Muestra | 10             |
| % Germinación Muestra                    | 45             |

**Fuente:** Elaboración propia





## 11.8. Resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y fitotóxicos del subsector Comercial

**Tabla 88. Resultados de metales pesados en muestras del sector No residencia-Subsector Comercial**

| (ID Muestra)       | Comercial (06dic1805) | Comercial (06dic1807) |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Cadmio total (ppm) | < 0,003               | < 0,003               |
| Cromo total (ppm)  | < 0,02                | < 0,02                |
| Níquel total (ppm) | 21,5                  | 20                    |
| Plomo total (ppm)  | 20,4                  | 16                    |
| Mercurio (ppm)     | < 0,01                | < 0,01                |
| Arsénico (ppm)     | < 0,1                 | < 0,1                 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 89. Resultados de Parámetros fisicoquímicos en muestras del sector No residencia-Subsector Comercial**

| (ID Muestra)                           | Comercial (06dic1805) |
|--|-----------------------|
| Calcio total (%)                       | 2,410                 |
| Magnesio total (%)                     | 0,135                 |
| Potasio total (%)                      | 0,520                 |
| Sodio total (%)                        | 0,205                 |
| Zinc total (%)                         | 0,028                 |
| Fósforo total (%)                      | N.D                   |
| Nitrógeno total (%)                    | 1,020                 |
| Nitrógeno orgánico total (%)           | 0,980                 |
| Carbono orgánico oxidable total (%)    | 33,7                  |
| Cenizas (%)                            | 12,9                  |
| CIC (meq/100 g)                        | 42                    |
| CIC/CO (meq/100 g CO)                  | 124,6                 |
| Conductividad eléctrica (1/200) (dS/m) | 3,98                  |





| (ID Muestra)                              | Comercial (06dic1805) |
|---|-----------------------|
| CRA (%)                                   | 264                   |
| Densidad (20°C) (g/cm <sup>3</sup> )      | 0,21                  |
| Humedad (%)                               | 62,1                  |
| pH (10%)                                  | 6,97                  |
| Relación C/N                              | 34,4                  |
| Tamaño de partícula > 2 mm % en masa seca | 90,7                  |
| Poder calorífico superior (Kcal/Kg)       | 4676                  |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 90. Resultados de parámetros microbiológicos en muestras del sector No residencia-Subsector Comercial**

| (ID Muestra)              | Comercial (06dic1805) |
|---------------------------|-----------------------|
| Mesófilos u,f,c / g       | 1,40E+09              |
| Termófilos u,f,c / g      | 6,00E+06              |
| Mohos u,f,c / g           | 0,00E+00              |
| Levaduras u,f,c / g       | 5,10E+06              |
| Nemátodos                 | Ausentes              |
| Enterobacterias u,f,c / g | 0,00E+00              |
| Salmonella / 25 g         | Ausente               |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 91. Resultados de parámetros fitotóxicos en muestras del sector No residencia-Subsector Comercial**

| (ID Muestra)                                    | Comercial (06dic1805) |
|---|-----------------------|
| Respirometría 24 horas mg (CO <sub>2</sub> ) /g | 8,95                  |
| Concentración (% P/V) Mta sólida testigo        | 0                     |
| % Germinación testigo                           | 80                    |
| Concentración (% P/V) Mta sólida Muestra        | 10                    |
| % Germinación Muestra                           | 0                     |

**Fuente:** Elaboración propia





## 11.9. Análisis general de los resultados reportados por el laboratorio

En el subsector Industrial para las categorías Otros, Alimentos y Metalurgia, se encontró que todos los Metales pesados cumplen con los límites máximos permisibles por la NTC 5167 y la categoría A (otros usos) del Título RAS. Sin embargo, si se compara con los límites máximos permisibles de la categoría A (Uso agrícola) el valor reportado para el Níquel (26,235 ppm, 44,5ppm y 44ppm) respectivamente, no cumplen ya que lo máximo es 25 ppm.

La muestra de la categoría Manufactura presentó varios Metales Pesados como Cadmio (1,922 ppm), Cromo (108,4 ppm) y Níquel (118,2 ppm) que no cumplen con los límites máximos permisibles de la categoría A (Uso agrícola), sin embargo, si cumple con los límites máximos permisibles por la NTC 5167 y la categoría A (otros usos) del Título RAS.

La muestra de la categoría Plásticos fue la que reportó más presencia de diversos metales pesados, sobrepasando varios límites máximos permisibles de la categoría A (Uso agrícola), como en el caso del Cadmio (6,147 ppm), Cromo (90,3 ppm), Níquel (497,3ppm) y Plomo con (214,7 ppm). Con respecto a las otras dos referencias expuesta en la **Tabla 56. Límites máximos permisibles para Metales Pesado según el Título F del RAS 2000 y la NTC 5167**, solo el valor del Níquel no cumple ya que el límite es 420ppm.

No hubo presencia significativa de Mercurio o Arsénico en ninguna muestra, con valores entre 0,01 y 0,263 ppm. Los valores para estos dos Metales Pesados estuvieron entre 0,1 y 5,733ppm respectivamente. La muestra de Químicos no sobrepasó ningún límite máximo permisible de referencia presentado en la **Tabla 56**.

Las muestras de los subsectores Oficial y Plazas de Mercado, sobrepasan el nivel de Níquel de la categoría A (Uso agrícola), con 63,5 ppm y 37,4 ppm respectivamente. Si se compara con los límites máximos permisibles por la NTC 5167 y la categoría A (otros usos) del Título RAS, estas muestras cumplen con todos los parámetros.

La muestra de Centros Comerciales, Instituciones Educativas, Salud, Restaurantes y Comercial cumple con los todos los límites máximos permisibles presentados en la **Tabla 56** para todos los metales pesados.

Debido a que varias muestras del subsector Industrial, presentan al menos un metal pesado, no se recomienda su uso como producto agrícola, independiente de que pase por proceso de estabilización de materia orgánica, debido a que los metales pesado se caracterizan por ser sustancias tóxicas, y persistentes, es decir, que su degradación es baja o nula.

Esto se debe que en las empresas no hay una adecuada separación de los residuos, y aunque muchos de ellos tienen Puntos Ecológicos en sus instalaciones para clasificar la separación de los residuos, la eficiencia de estos puntos es mínima, este comportamiento se evidencia en todos los subsectores analizados.

Otros procesos que podrían ocurrir con respecto a estos metales pesados son su bioacumulación, es decir, que al pasar mediante procesos de absorción y adsorción del suelo ( o sustrato) a las plantas tienden a acumularse en diferentes parte de las plantas según su estructura y fisionomía, también tienden a bioconcentrarse, que significa que puede darse el caso de que la concentración que se encuentre en las plantas sea mayor a la que haya en el







suelo o sustrato, y por último, tienden a y biomagnificarse, es decir, que a nivel que aumenta la cadena trófica su concentración será mayor.

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos, los resultados más relevantes son:

Los porcentajes de Potasio, Fósforo y Nitrógenos son mínimos en todas las muestras del subsector Industrial, solo las muestras de las categorías Alimentos y Químicos reportan un valor por encima de 1% para Nitrógeno correspondiente a 1,740% y 2,78% respectivamente. Así mismo sucede con la muestra de Centros Comerciales, Restaurantes y Comercial, los valores para Potasio y Fósforo son incipientes o no fueron detectados, mientras que el porcentaje de Nitrógeno si se puede reportar con un 1,660%; 1,45% y 1,02% respectivamente. La muestra de los subsectores Oficial y Salud no presentan valores relevantes según la NTC 5167 para los macronutrientes N, P, K, es decir, están por debajo del 1% cada uno.

El promedio de las muestras del subsector I.E, presenta un porcentaje de Fósforo por encima del 1%, para N y no presenta contenido relevante de K. La muestra de Plazas de Mercado presenta valor significativo para el contenido de Potasio con un 1,982%, sin embargo, para Nitrógeno y Fosforo los porcentajes son muy bajos.

Como se puede ver, el aporte de macronutrientes en la mayoría de las muestras es significativamente bajo, por lo que su uso como producto agrícola de nuevo no es conveniente. En cuanto al contenido de Carbono Orgánico Oxidable para las muestras del subsector industrial, se tiene que todas cumplen con el Mínimo establecido por la norma que es del 15%, con un promedio del 33,5%, así mismo, todas las muestras de los diferentes subsectores también cumplen el mínimo de Contenido de Carbono Orgánico Oxidable, esto quiere decir, que todas las muestras tienen un potencial de aportar materia orgánica, sin embargo, este parámetro por sí solo no es suficiente para asegurar su uso como producto agrícola o como material de remediación de suelos contaminados.

El contenido de Carbono Orgánico Oxidable de un material también es importante para evaluar las fuentes de emisiones de CO<sub>2</sub> como gas de efecto invernadero, lo que quiere decir que, si estos materiales no se aprovechan adecuadamente, también su potencial de contaminación al aire por emisiones de CO<sub>2</sub> son altas, de ahí la importancia de aprovechar este Carbono como materia orgánica que se fije en el suelo u otros materiales de soporte físico, es decir, incorporarlo al ciclo biogeoquímico del carbono por el suelo y evitar su emisión directa a la atmósfera por procesos de descomposición en un relleno sanitario, que es el panorama actual. Todas las muestras analizadas cumplen con los parámetros de referencia para el contenido de Ceniza (máximo 60%), la Densidad((Mínimo 0,6), la Capacidad de Retención de Agua (mínimo su propio peso) y el pH (entre 4 y 9), reportados en la **Tabla 57. Parámetros fisicoquímicos para garantizar según la normatividad colombiana en residuos sólidos urbanos separados en fuente y productos agrícolas a partir de estos.**

Como la naturaleza de las muestras es tan diverso, el porcentaje de Humedad de las muestras varía mucho. Para el subsector alimentos se compara con lo establecido con el título RAS que indica que las muestras deben tener un porcentaje de humedad máximo del 20%. De acuerdo con lo anterior, ninguna muestra cumple, ya que todas superan este valor.

Para el caso de la muestra de Restaurantes y Plazas de mercado, se toma el valor de máximo 30% para el porcentaje de humedad de la NTC 5167, estos dos son superados al reportar (47,850% y 47%) respectivamente.





Con respecto a los resultados de los parámetros sanitarios, es decir, los parámetros microbiológicos, se reporta que las muestras del sector industrial, Oficial, I.E, Salud, Restaurantes y Comercial, no presentaron Salmonella ni contenidos de enterobacterias por encima de los permitidos por la norma NTC 5167 y el Título F del RAS 2000 Categoría A (Uso Agrícola). En las muestras de Centros Comerciales y Plazas de Mercados si se reportó presencia de Salmonella, sin embargo, enterobacterias para las muestras estuvo por debajo de 1000 ufc/g muestra.

La respirometría de todas las muestras del sector Industrial estuvo entre 2,3 y 9,03 mg CO<sub>2</sub>/g, esto quiere decir que hay buena actividad microbiana. Lo mismo para el caso de Centros Comerciales (7,55 mg CO<sub>2</sub>/g), Oficial (9,04 mg CO<sub>2</sub>/g), I.E (11,3 mg CO<sub>2</sub>/g), Salud (8,83 mg CO<sub>2</sub>/g), Restaurantes (8,68 mg CO<sub>2</sub>/g), Plazas de Mercado (9,07 mg CO<sub>2</sub>/g) y Comercial (8,95 mg CO<sub>2</sub>/g). Este parámetro se considera alto a partir de 2 mg CO<sub>2</sub>/g, es decir, la actividad microbiana es más alta cuando es más alto este valor de respirometría, que a su vez está relacionada con la materia orgánica degradable (o cruda). Los valores cercanos a 8 dan a entender que la biodegradabilidad es alta o que las muestras están en etapa de descomposición.

Para los porcentajes de germinación se concluye que ninguna muestra es apta para aplicación al suelo, sin tratamiento previo, debido a que mínimo este parámetro debe ser el 50%. Los valores de todas las muestras estuvieron entre el 0% y el 45%.

Es posible que estas muestras después de un proceso de estabilización, para minimizar la humedad, garantizar la sanitización de las muestras en cuanto a niveles de metales pesados y microorganismos, puedan usarse como acondicionadores de suelos o enmiendas para aplicaciones en recuperación de suelos degradados por minería o por deforestación, con lo cual aportarían principalmente materia orgánica y estructura al suelo, más no contenidos de nutrientes al suelo.

En general, a la luz de la normatividad NTC 5167 y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano/, 2012, estas muestras, así como llegan al laboratorio, es decir, sin una separación adecuada, no se recomienda usarlas como materia prima Agrícola obtener abonos o fertilizantes mineral orgánicos. Se pueden contemplar otros usos de la Categoría A o la categoría B, como:

- En la estabilización de taludes de proyectos de la red vial nacional, secundaria y terciaria.
- En la rehabilitación y recuperación de suelos degradados de uso no agrícola, áreas destinadas al ornato y la recreación, jardines, parques y zonas verdes.
- En la revegetalización de suelos degradados de uso no agrícola.
- Como material para cobertura y revegetalización de áreas erosionadas y de minería a cielo abierto.
- En plantaciones forestales.
- En la fabricación de encendedores y material aglomerado o comprimido (pellets) para procesos de tratamiento térmico de residuos como combustible alternativo (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2012).
- Se reitera que los usos que pueden tener este tipo de residuos deben ser después de aplicar procesos o tratamientos de estabilización de la materia orgánica, proceso de sanitización y otros procesos físicos como el triturado para disminuir el tamaño de partícula.





## 11.10. Resultados del Poder Calorífico para las muestras del Sector No Residencial

El poder calorífico es la cantidad de calor por unidad de masa (o volumen) que desprende un combustible al quemarse, sus unidades más comunes son (kJ/kg) o en (kJ/Nm<sup>3</sup>), también se usan Kcal/kg. Otra definición puede ser, es el calor obtenido en la combustión completa de 1 kg (1 m<sup>3</sup>) de combustible al oxidarse de forma completa. Es decir, cuando el carbono del combustible pasa a Dióxido de Carbono (C a CO<sub>2</sub>), ya que la mayoría de los combustibles son compuestos de carbono e hidrógeno, que al arder se combinan con el oxígeno formando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O).

Se diferencia entre poder calorífico inferior (PCI) y poder calorífico superior (PCS), según se tenga en cuenta o no el calor de condensación del vapor del agua procedente de la humedad de un combustible.

El PCS se define suponiendo que todos los elementos de la combustión (combustible y aire) son tomados a 0°C y los productos (gases de combustión) son llevados también a 0°C después de la combustión, por lo que el vapor de agua se encontrará totalmente condensado. El vapor de agua proviene de la humedad propia del combustible y de la que se forma por la combustión del hidrógeno del combustible. De esta manera, al condensar el vapor del agua contenido en los gases de combustión se tiene un aporte de calor de 597 kcal/kg de vapor de agua condensado.

El PCI considera que el vapor de agua contenido en los gases de combustión no condensa, por lo tanto, no hay aporte adicional de calor por la condensación del vapor de agua. Solo se dispondrá del calor de oxidación del combustible ([https://ingemecanica.com/tutoriales/poder\\_calorifico.html](https://ingemecanica.com/tutoriales/poder_calorifico.html)), mediante la ecuación:

### Ecuación 5. Cálculo del Poder Calorífico Inferior

$$PCI = PCS - 597 \cdot G$$

#### Donde:

**PCS:** es el Poder Calorífico Superior (kcal/kg de combustible)

**PCI:** es el Poder Calorífico Inferior (kcal/kg de combustible)

597: es el calor de condensación del agua a 0 °C (kcal/kg de agua)

**G:** es el porcentaje de peso del agua formada por la combustión del hidrógeno presente en la composición del combustible, o de la propia humedad del combustible (kg de agua / kg de combustible). Siendo  $G = 9 \cdot H + H_2O$ .



**Donde:**

**9:** son los kilos de agua que se forman al oxidar un kilo de hidrógeno

**H:** es el peso de hidrógeno contenido por kg de combustible

**H<sub>2</sub>O:** es el peso de agua debido a la humedad presente en el combustible, por kg de combustible.

Por lo anterior, se obtiene la siguiente ecuación:

**Ecuación 6. Poder Calorífico Inferior reemplazando G**

$$PCI = PCS - 597 * (9H + H_2O)$$

Existen diferentes métodos para determinar el poder calorífico de un combustible, que son el método analítico y el método práctico.

El método analítico consiste en sumar los poderes calóricos de los elementos principales que forman la muestra de residuos, ponderados por su fracción en peso, descontando de la cantidad de hidrógeno total la que se encuentra ya combinada con el oxígeno. Para ello se utilizan los datos provistos por un análisis elemental, es decir, el porcentaje de C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y cenizas, de los componentes típicos de los residuos. Este análisis elemental, es costoso y demorado y requiere una instrumentación especial (Acar & Ayanoglu, 2012).

La estimación del contenido energético de los residuos sólidos urbanos (RSU) se realiza normalmente mediante el uso de la ecuación de Dulong, que se expresa de la siguiente forma:

**Ecuación 7. Ecuación de Dulong para el cálculo del Poder Calorífico Inferior**

$$PCi = 8.140 * C + 34.400 * \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2.220 * S$$

**Donde:**

**C:** cantidad centesimal de carbono en peso por kilogramo combustible

**H:** cantidad centesimal de hidrógeno total en peso por kilogramo de combustible

**O:** cantidad centesimal de oxígeno en peso por kilogramo combustible

**S:** cantidad centesimal de azufre en peso por kilogramo combustible

**O/8:** cantidad centesimal de hidrógeno en peso que se encuentra combinado con el oxígeno del mismo combustible dando "agua de combinación"

**(H - O/8):** cantidad centesimal de "hidrógeno disponible", en peso realmente disponible para que se oxide con el oxígeno del aire, dando "agua de formación"



La ecuación de Dulong requiere cambiar todos los componentes de los RSU a porcentajes de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N) y azufre (S), lo cual requiere de un alto esfuerzo. (Ali Khan & Abu Ghararah, 1991) presentaron una nueva ecuación para el poder calorífico superior neto, más fácil de usar y más práctica, que utiliza directamente los porcentajes de los



componentes combustibles primarios de los RSU como plástico, papel, cartón y residuos de comida. La validez de la nueva ecuación se comparó con la Ecuación de Dulong utilizando datos de componentes de RSU para 35 países y 86 ciudades internacionales. La ecuación de (Ali Khan & Abu Ghararah, 1991) se presenta a continuación:

#### Ecuación 8. Ecuación de Ali Khan y Abu Gararah para el cálculo del Poder Calorífico Superior

$$PCS = 0.0535 * (F + 3.6 * CP) + 0.372 * PLR \text{ en (MJ/Kg)}$$

##### Donde:

**PCS:** Es el Poder calorífico Superior neto

**F=** porcentaje en masa de comida

**CP=** Porcentaje en masa de la suma de cartón y papel en base seca

**PLR=** Es el porcentaje en masa de la suma del Plástico, Caucho y Cuero en base seca

El Poder calorífico Inferior se calcula mediante la Ecuación

#### Ecuación 9. Ecuación de Ali Khan y Abu Gararah para el cálculo del Poder Calorífico Inferior

$$PCI = PCS \left( \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \right) - 0.0244 * (W + 9 * H)$$

##### Donde:

**W=** Porcentaje de humedad

**9:** son los kilos de agua que se forman al oxidar un kilo de hidrógeno

**H:** es el peso de hidrógeno contenido por kg de combustible (5.70%).

Otro método analítico ampliamente usado es el propuesto por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS-OPS) que propone una ecuación basada también en el principio de conservación de la energía, según las fracciones porcentuales de materiales que conforman las muestras analizadas, los poderes calóricos establecidos para cada uno y los porcentajes de humedad.

#### Ecuación 10. Ecuación de (KUNITOSHI, 1998) para el cálculo del Poder Calorífico Superior en base Seca

$$PCS(bs) = \frac{(MO + \text{Papel} + \text{Textiles} + \text{Ordinarios}) * 4000}{100} + \frac{(\text{Plástico} + \text{caucho} + \text{cuero}) * 9000}{100}$$





**Donde:**

**PCS (bs):** Poder calorífico superior en base seca.

**MO:** Materia orgánica.

Poder calorífico teórico (kcal/kg): 4000 y 9000, son asignados por la metodología CEPIS, para cada material.

El poder calorífico superior en base húmeda se determinó mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 11. Ecuación de (KUNITOSHI, 1998) para el cálculo del Poder Calorífico Superior en base Húmeda**

$$PCS_{bh} = \frac{(MO + \text{Papel} + \text{Textiles} + \text{Ordinarios} - \% \text{ humedad}) * 4000}{100} + \frac{(\text{Plástico} + \text{caucho} + \text{cuero}) * 9000}{100}$$

**Donde:**

**PCS (bh):** Poder calorífico superior en base húmeda.

**MO:** Materia orgánica.

% de humedad promedio de los seis estratos

Y, por último, el poder calorífico inferior, se calculó con la siguiente ecuación:

**Ecuación 12. Ecuación de (KUNITOSHI, 1998) para el cálculo del Poder Calorífico Inferior**

$$PCI = PCS(bh) - 6 * \% \text{Humedad}$$

**Donde:**

**PCS (bh):** Poder calorífico superior en base húmeda.

**PCI:** Poder Calorífico Inferior

La importancia de este parámetro es que se ha demostrado que los residuos sólidos urbanos tienen un poder calorífico interesante para usarlos como combustibles en diversas actividades, sobre todo industriales, mediante procesos de incineración como el pirólisis y la gasificación. Para seleccionar el proceso de incineración como un método de tratamiento de residuos se debe comparar el poder calorífico inferior de los residuos con los valores reportados en la **Tabla 92**.





Tabla 92. Aplicación de procesos de incineración según metodología CEPIS

| Rango del Poder Calorífico Inferior de los Residuos | Aplicación de procesos de incineración   |
|---|--|
| Superior a 1500 kcal/kg                             | Se pueden incinerar sin necesidad de implementar combustible auxiliar                                |
| Entre 1000 kcal/kg y 1500 kcal/kg                   | Se pueden incinerar siempre y cuando se realice un pretratamiento para bajar los niveles de humedad, |
| Inferior a 1000 kcal/kg                             | No es viable su incineración.  |

**Fuente:** Elaboración propia

**El método Práctico** usa bombas calorimétricas adiabáticas o calorímetros que en general se basa en la utilización de un recipiente cerrado y perfectamente aislado que se coloca en un baño de agua, un dispositivo para agitar y un termómetro. Se conecta una fuente de energía, se agita el agua hasta lograr el equilibrio térmico, y se mide el aumento de temperatura durante la combustión, para finalmente determinar el poder calorífico del compuesto. Este método práctico se rige bajo el método estándar americano ASTM D 2015.

A continuación, se presentan los resultados de los poderes caloríficos y el porcentaje de humedad de las diferentes muestras reportados por el laboratorio GIEM, se aclara que, para los subsectores Industrial, I.E, Salud y Restaurantes se tomaron los promedios.

Tabla 93. Resultados de poder calorífico por método práctico y porcentaje de Humedad

| COMPONENTE          | Poder Calorífico Superior (Kcal/kg)<br>Bomba Calorimétrica (ASTM 2015) | % Humedad    |
|---------------------|--|--------------|
| Industrial          | 4632,66  | 39,88        |
| Centros comerciales | 4023   | 82,70        |
| Oficial             | 5395   | 74,40        |
| I.E                 | 3979,5   | 57,30        |
| Salud               | 4922   | 48,75        |
| Restaurantes        | 5299,5   | 47,85        |
| Plazas de mercado   | 5632   | 47,00        |
| Comercial           | 4676   | 62,10        |
| <b>Promedio</b>     | <b>4819,96</b>   | <b>57,50</b> |

**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 94. Componentes porcentuales tenidos en cuenta para el cálculo de poder calorífico por métodos analíticos**

| COMPONENTE          | Biodegradable y putrescibles | Papel | Textiles | Ordinarios e inertes | Plásticos | Caucho | Cuero | Cartón |
|---------------------|------------------------------|-------|----------|----------------------|-----------|--------|-------|--------|
| Industrial          | 12,60                        | 4,17  | 8,93     | 35,50                | 19,23     | 0,26   | 0,10  | 3,65   |
| Centros comerciales | 25,14                        | 0,02  | 0,01     | 48,05                | 15,84     | 0,23   | 0,00  | 0,80   |
| Oficial             | 25,94                        | 0,09  | 0,01     | 37,15                | 15,31     | 0,14   | 0,00  | 2,33   |
| I.E                 | 28,17                        | 2,31  | 0,61     | 38,16                | 22,81     | 0,28   | 0,00  | 1,81   |
| Salud               | 9,30                         | 8,30  | 2,18     | 45,46                | 17,85     | 0,00   | 0,00  | 4,86   |
| Restaurantes        | 55,16                        | 0,20  | 0,03     | 18,91                | 15,23     | 0,02   | 0,00  | 0,87   |
| Plazas de mercado   | 79,96                        | 0,45  | 0,38     | 9,17                 | 7,47      | 0,00   | 0,00  | 0,90   |
| Comercial           | 12,78                        | 6,31  | 1,94     | 33,21                | 24,51     | 0,41   | 0,07  | 11,34  |
| Promedio            | 31,13                        | 2,73  | 1,76     | 33,20                | 17,28     | 0,17   | 0,02  | 3,32   |

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados del poder calorífico usando los dos métodos analíticos anteriormente explicados se calcularon usando los porcentajes reportados en la Tabla 94 y los resultados se pueden ver en las Tabla 93, Tabla 95 y Tabla 96

**Tabla 95. Resultados del poder calorífico por subsector mediante método analítico de (KUNITOSHI, 1998)**

| COMPONENTE          | PCSbs: Poder calorífico superior en base seca (KUNITOSHI, 1998) |
|---------------------|---|
| Industrial          | 4211,28   |
| Centros comerciales | 4374,45   |
| Oficial             | 3917,81   |
| I.E                 | 4848,77   |
| Salud               | 4216,21   |
| Restaurantes        | 4344,40   |
| Plazas de mercado   | 4271,12   |
| Comercial           | 4419,29   |
| Promedio            | 4325,42   |

*Fuente: Elaboración propia*





**Tabla 96. Resultados de poder calorífico promedio para el subsector No residencial por métodos analíticos**

| Metodología                            | (KUNITOSHI, 1998)                                |  |                                     | (Ali Khan & Abu Ghararah, 1991)          |                                     |
|--|--|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
|  | Poder calorífico superior en base seca (Kcal/kg) | Poder calorífico superior en base húmeda (Kcal/kg) | Poder calorífico inferior (Kcal/kg) | Poder calorífico superior neto (Kcal/kg) | Poder calorífico inferior (Kcal/kg) |
| Promedio para el sector no residencial | 4325,42  | 2025,5   | 1680,51                             | 2231,98                                  | 1597,5                              |

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo con los resultados reportados por el método práctico entregados por el Laboratorio GIEM (ver **Tabla 93**), el poder calorífico superior promedio para el sector No residencial para Medellín por ese método fue de 4819,96 kcal/kg, valor cercano al calculado por el método analítico de (KUNITOSHI, 1998) que fue de 4325,42 kcal/kg, a su vez, los dos valores calculados están comprendidos en el valor teórico del poder calorífico reportado por (KUNITOSHI, 1998), que es 4000 kcal/kg.

Con respecto al Poder Calorífico Inferior calculado por dos Métodos Analíticos de (KUNITOSHI, 1998) y (Ali Khan & Abu Ghararah, 1991), se obtuvieron valores de 1680,51 kcal/kg y de 1597,5 kcal/kg, respectivamente. De acuerdo con los rangos de aplicaciones de proceso Incineración, se encuentran dentro del rango superior a 1500 kcal/kg, lo que quiere decir que se podrán incinerar sin necesidad de implementar combustible auxiliar o tratamiento adicional.

Si bien, los resultados del Poder Calorífico Inferior indican que la incineración es viable, esta decisión se debe tomar, mediante un estudio de prefactibilidad económica y ambiental por subsector o por empresa, teniendo en cuenta las características de cada uno, el porcentaje de humedad y la cantidad de residuos con potencial de aprovechamiento energético, además de tener en cuenta las necesidades energéticas de cada subsector.

Otra razón que se debe tener en cuenta antes de implementar la incineración de los residuos sólidos en estos subsectores No Residenciales es que al quemarse a altas temperaturas no se garantiza que las partículas de los metales pesados presentes en la mayoría de las muestras se degraden completamente, por lo que conllevaría a tener emisiones contaminantes a la atmósfera.

Comparando con los resultados del estudio anterior, lo primero es que en el 2014 realizaron el poder calorífico de sólo seis subsectores (oficial, Industrial, Hospitalario, Centros comerciales, comercial e Instituciones Educativas), en donde reportaron el valor de 4769,67 kcal/kg por el método práctico y un porcentaje de humedad del 57,90%. En este estudio se está reportando el promedio teniendo en cuenta todos los subsectores y 10 muestras de laboratorio más.





Dicho lo anterior, se observan resultados muy cercanos a los del año 2014, para el caso del método práctico el valor de este estudio aumentó a 4819,96 kcal/kg, posiblemente se deba a las composiciones de las muestras en donde hubo mayor cantidad de Materia orgánica, Plástico, Papel y Cartón, que aumentan su poder calorífico. También se debe tener en cuenta, la actividad económica de cada empresa o entidad que se caracterizó porque de esto dependen los residuos que se producen. Es de resaltar que la proporción de materia orgánica de los subsectores restaurantes y plazas de mercado es mucho más alto con respecto a los otros subsectores, ver Tabla 94, por lo que esto va a influir significativamente en el promedio final en este caso.

El porcentaje de Humedad promedio para el año 2014 fue de 57,90% y para el estudio actual (2018) fue de 57,50%, es decir, fue muy similar y para los valores calculados por el método analítico, se tuvo una disminución con respecto al reportado el 2014 (4572,4 kcal/kg) ya que en este estudio dio 4325,42 kcal/kg, que se puede atribuir al mayor número de muestras tenidas en cuenta y a los porcentajes de Humedad que fueron altos en la mayoría de las muestras, lo que minimiza las posibilidades de combustión de estos materiales residuales.

“ **Un programa adecuado de gestión de los residuos sólidos** urbanos debe estar enfocado en el diagnóstico de la problemática a nivel social y ambiental. ”





## 12. POTENCIAL USO DE RESIDUOS APROVECHABLES EN LOS DIFERENTES SUBSECTORES NO RESIDENCIALES

Los Residuos Sólidos Urbanos refieren principalmente a los materiales desechados por los domicilios, sin embargo, también incluye algunos desechos comerciales e industriales que son de similar naturaleza y que también van directamente al relleno sanitario.

Se propone que para los residuos ordinarios e inertes que son la mayor parte de los residuos sólidos producidos en general por todos los subsectores, en primera instancia que se fortalezcan los programas de gestión de residuos en las empresas, enfocando los esfuerzos principalmente en los procesos de separación para aumentar los porcentajes de papel, cartón y plástico y otros componentes con un alto potencial de aprovechamiento.

Reciclar y reusar se convierten en oportunidades para desarrollar nuevos productos, reducir costos de producción en una empresa o costos de limpieza en una ciudad, para crear conciencia ambiental en las personas y da paso a la innovación, al desarrollo de tecnologías y nuevos mercados para éstos.

Los elementos de la gestión de residuos a nivel organizacional o empresarial, que dan valor agregado a los productos elaborados a partir de materiales reciclados, comienzan por la separación en la fuente, la clasificación de los residuos, la recolección y los diferentes tratamientos dependiendo del origen del residuo.

Herramientas como el reciclaje, el ecodiseño, el análisis de ciclo de vida, las ecoetiquetas y la huella de carbono o hídrica, agregan a la gestión de valorar los residuos, un componente de innovación tecnológica, las cuales hacen que cada vez más se desarrollen mercados para estos productos parcialmente o 100% reciclados, de alta calidad y competitivos.

A la hora de implementar un proceso de aprovechamiento térmico, se deben tener en cuenta los siguientes temas:

- La composición porcentual de cada entidad
- La normatividad asociada al cumplimiento de disposición de residuos peligrosos o especiales para cada subsector
- Las oportunidades que se identifican en cada entidad o empresa en el tema de reciclaje de materiales como papel, cartón, vidrio y plásticos.
- La priorización que se tiene del tema ambiental en cada entidad
- Las necesidades energéticas de cada entidad y cómo las está supliendo.

Los temas anteriores, influirán sustancialmente en la gestión de sus residuos y la manera en que los aprovecharán.

En este sector No Residencial, adquiere importancia el concepto de economía circular, con el que se busca reintroducir al sistema económico materiales que se encuentran en los residuos sólidos no peligrosos. Lo anterior, con el fin de utilizarlos nuevamente en procesos productivos y disminuir la presión sobre el ambiente en diferentes formas, por ejemplo, aumentar el bienestar social y generar mayor eficiencia en la producción industrial.





El sistema de economía circular se implementó principalmente en la Unión Europea a partir del año 2000, con el fin de tener un crecimiento sostenible por medio del mejoramiento de la competitividad, la eficiencia en el uso de los recursos y la sostenibilidad del medio ambiente.

La economía circular “*consiste en un ciclo continuo de desarrollo positivo que conserva y mejora el capital natural, optimiza el uso de los recursos y minimiza los riesgos del sistema (...)*”.

El esquema del modelo busca, a través del reciclaje, la mejora y rediseño en los productos y la implementación de tecnología, disminuir la presión sobre los sitios de disposición final y, finalmente, reducir la generación de residuos desde el consumo y la producción. En Colombia, a través de la iniciativa del gobierno y con el apoyo del sector industrial, se implementó el modelo de economía circular con el fin de lograr un crecimiento sostenible que repercute en aspectos de contenido ambiental, social y económico (Informe nacional de Aprovechamiento , 2017).

Teniendo en cuenta la definición de economía circular, el (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2012) en su tabla F.5.3. hace referencia a los residuos que pueden ser susceptibles de aprovechamiento como materia prima secundaria.

**En la Tabla 98**, se presenta una breve explicación del tipo de residuos, una recomendación general de acuerdo con la norma, las tecnologías más usadas para el aprovechamiento de estos y los posibles gestores en Medellín. Esta tabla se construyó para realizar los informes que se entregarán a las empresas que solicitaron la caracterización de los residuos.

**Tabla 97. Residuos Susceptibles de Aprovechamiento como Materia Prima Secundaria**

| Material  | Tipo de residuos  | Condiciones de calidad   |
|-----------|---|--|
| Orgánicos | Restos de cosechas<br>Residuos de poda y corte, aserrín, paja, trozos de madera<br>Desechos de plazas de mercado, entre otros.<br>Residuos agrícolas  | Deben ser separados de los materiales inorgánicos, para evitar su contaminación y posteriores interferencias en los tiempos y procesos físicoquímicos de la degradación biológica.   |
| Plásticos | Potes de champú<br>Empaques de detergentes y otros productos de aseo personal y del hogar<br>Empaques de alimentos como bolsas, domos de ponqué<br>Envases de gaseosa no retornables<br>Contenedores<br>Cepillos<br>Rejillas<br>Partes de electrodomésticos<br>Tapas<br>Bandejas como la de carnes y frutas y vajillas desechables<br>Material de embalaje espumado “icopor”, entre otros | Se recomienda lavar los envases, desprender su etiqueta y separar su tapa. Los empaques plásticos deben ser alterados por algún medio (perforación, corte, etc.) antes de ser desechados, para prevenir su uso con propósitos de falsificación de los productos que originalmente contenían. |





| Material       | Tipo de residuos   | Condiciones de calidad  |
|----------------|--|---|
| Vidrio         | Vidrio plano<br>Vidrio utilizado para el envasado y distribución de productos industriales como: botellas de gaseosas, cerveza, frascos de salsas y conservas, frascos de comidas para bebés, botellas de vino, licores, además de otras comidas y bebidas envasadas | Los envases y recipientes, deben ser lavados y separados de otros materiales como: restos de bebidas o alimentos, etiquetas de papel, tapas plásticas o metálicas, corchos y otro tipo de aditamentos que puedan presentar.   |
| Papel y Cartón | El papel blanco de oficina, periódicos y revistas, cuadernos, libros, directorios telefónicos.<br>Cajas de huevo, rollo de papel higiénico<br>Papel de envoltorios, publicidad, invitaciones<br>Tetra pack y cajas de cartón corrugado                               | Se les deben retirar objetos como anillas, clips o cintas adhesivas y mantenerse secos y separados de los residuos orgánicos para evitar su contaminación. Las cajas de cartón corrugado deben extenderse y retirárseles los restos de cintas o envoltorios.<br>Los envases de cartón compuesto con otros materiales como los envases de tetra pack, deben ser lavados y extendidos.                |
| Metales        | Metales férricos como el acero y el hierro<br>Metales no férricos como el aluminio, el bronce, el cobre y el oro, entre otros  | Este tipo de materiales deben ser separados de los demás residuos. No requieren procesos de acondicionamiento como el lavado, pero la reducción de volumen es útil en el caso de los recipientes y contenedores metálicos. La rigurosa separación por tipo de metal, es indispensable para el reciclaje de este tipo de materiales que se lleva a cabo en hornos de fundición a altas temperaturas. |

**Fuente:** Tomado de (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, 2012)





**Tabla 98. Resumen de las posibles tecnologías que se pueden usar y los gestores en Medellín para diferentes tipos de residuos.**

| Componente                          | Recomendaciones  | Tecnologías  | Posible gestor en Medellín   |
|-------------------------------------|--|--|--|
| <b>BIODEGRADABLE Y PUTRESCIBLES</b> | Debido a que son los residuos más abundantes dentro de la caracterización y que estos tienen un tiempo de degradación mucho menor al resto, se recomienda que el aprovechamiento y valorización de los residuos orgánicos sea mediante tecnologías que permitan el aprovechamiento tanto material como energético, es decir, la posibilidad de convertir los residuos orgánicos en abonos y energía (biogás o gas de síntesis). Para lo anterior, se requiere que la separación en la fuente sea lo más eficiente posible para evitar la contaminación de estos residuos con agentes patógenos o fitosanitarios. | Degradación Aeróbica (Compostaje).<br>Digestión Anaerobia<br>Gasificación                        | -BIOCICLO<br>-GDA (GESTION Y DISTRIBUCION AMBIENTAL) -LOS CEDROS PARQUE AMBIENTA-            |
| Residuos de alimentos               |  |  |  |
| Residuos de jardín y poda           |  |  |  |
| <b>MADERA</b>                       |  |  |  |
| <b>PAPEL</b>                        | Teniendo en cuenta su capacidad de reuso el reciclaje de estos materiales es el más fácil dentro de las entidades, ya que se pueden aprovechar de diferentes formas dentro de la misma organización. Esto contribuye a disminuir la tasa de deforestación en el país.  | compactación y transformación en papel y cartón reciclado  | -RECIMED-EMVARIAS-INTERMEDIARIA DE RECICLAJE-RECICLARTE DEL ORIENTE S.A.S-COOTRAMA-SOCYA     |
| <b>CARTÓN</b>                       |  |  |  |
| <b>PLÁSTICOS</b>                    | Los residuos plásticos son uno de los más abundantes en la caracterización y a pesar de su potencial alto de contaminación, debido a que son materiales poco biodegradables, y que las personas saben que se pueden reciclar son los que menos se separan, esto disminuye las posibilidades de aprovechamiento.  | -Trituración-Compactación-reciclado mecánico, químico, Pirólisis, Separación triboelectrostática | -RECIMED<br>-EMVARIAS-INTERMEDIARIA DE RECICLAJE-RECICLARTE DEL ORIENTE S.A.S-EKORED - ENKA- |
| PET (1)                             |  |  |  |
| PEAD (2)                            |  |  |  |





| Componente          | Recomendaciones  | Tecnologías  | Posible gestor en Medellín   |
|---------------------|--|--|--|
| PVC (3)             | Es importante resaltar que los plásticos tienen gran capacidad de aprovechamiento debido a su fácil reutilización y transformación en fibras de plástico reciclada, para reemplazar la fibra de plástico virgen.<br><br>El polietileno de alta densidad (HDPE) y el Polietileno de Baja densidad (PEBD) son polímeros termoplásticos que son utilizados ampliamente debido a su versatilidad y bajo costo. Además, también tiene buenas propiedades mecánicas y procesabilidad. Estos termoplásticos se ha utilizado en numerosas aplicaciones, por ejemplo, empaques para alimentos y bebidas y embalaje.<br><br>Se recomienda que se fomente la separación y adecuada clasificación de estos materiales ya que tienen su aprovechamiento y valorización es común en la ciudad, además del impacto negativo que tienen sobre el medio ambiente cuando llegan a los rellenos sanitarios, ríos y mares. |  |  |
| PEBD (4)            |  |  |  |
| PP (5)              |  |  |  |
| PS (6)              |  |  |  |
| OTROS PLÁSTICOS (7) |  |  |  |
| <b>VIDRIO</b>       | El vidrio por la naturaleza fisicoquímica es un material con una alta durabilidad, baja degradabilidad y que brinda inocuidad a los materiales que se envasan en él., Lo que hace del reúso la opción más viable. Es importante afianzar la separación de este material, reusarlo si es posible y si no, entregarlo a un gestor adecuado que garantice su aprovechamiento.   | Reciclado, lavado, trituración, conversión en material de vidrio nuevo | -SOCYA-COOTRAMA-INTERMEDIARIA DE RECICLAJE-RECICLARTE DEL ORIENTE S.A.S- EMVARIAS-RECIMED- |





| Componente        | Recomendaciones   | Tecnologías | Posible gestor en Medellín   |
|-------------------|---|-------------|--|
| <b>METALES</b>    | Este componente es uno de los más fáciles de identificar y reciclar debido a su valor en el mercado del reciclaje, existen algunos metales que debido a sus componentes son muy rentables como el cobre o el aluminio, por eso tiende a ser reciclado de manera informal, se recomienda contactar a una empresa recicladora para realizar la disposición final.   |             | -SOCYA-<br>COOTRAMA-<br>Intermediaria<br>DE RECICLAJE-<br>RECICLARTE<br>DEL ORIENTE<br>S.A.S- EMVARIAS-<br>RECIMED |
| <b>ESPECIALES</b> | Los escombros debido a su gran tamaño requieren de un manejo, transporte y disposición final especial, por ende, para garantizar que cumpla a cabalidad el manejo con estos residuos se debe realizar teniendo en cuenta los lineamientos de la resolución 0472 del 28 de febrero de 2017, por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados por las actividades de construcción y demolición RCD y se dictan otras disposiciones.  |             | -EMVARIAS-<br>DEMOEXCO S.A.S.<br>- SINESCO CATES   |
| Escombros         |   |             |  |
| Llantas           | Este componente es uno de los que más preocupación genera debido a que los componentes en los que se fabrican son altamente contaminantes y se han convertido en una problemática nacional ya que su disposiciones no se están haciendo de la manera más adecuada, por tal motivo requieren un manejo especial, se recomienda contactar a una empresa recolectora para su disposición final siguiendo con los lineamientos de la resolución 1326 del 6 de julio de 2017, por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas y se dictan otras disposiciones. | Triturado   | - RUEDAVERDE   |







| Componente       | Recomendaciones   | Tecnologías | Posible gestor en Medellín   |
|------------------|---|-------------|--|
| RAEE             | <p>Los RAEE se han convertido en una creciente problemática debido a que están estrechamente ligados al consumo masivo de los aparatos eléctricos y electrónicos, lo que hace que cada vez más cantidad terminen en los rellenos sanitarios. Para realizar el aprovechamiento de sus componentes internos, es necesario separarlos, clasificarlos y seguir los lineamientos del decreto 284 del 15 de febrero del 2018, por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE y se dictan otras disposiciones con base en los lineamientos, se recomienda contactar con una empresa operadora y recolectora de residuos especiales para que haga su disposición final.</p> |             | <p>-EMVARIAS<br/>-ASEI-<br/>-ECOLOGISTICA-<br/>-LITO<br/>- RECIMED</p> |
| Otros Especiales | <p>Según el Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015 en el Título 2 capítulo 1, artículo 2.3.2.1.1. Definiciones, se definen como “Es todo residuo sólido que, por su composición, naturaleza, tamaño, volumen y peso, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje y compactación, no puede ser recolectado, manejado, tratado o dispuesto normalmente por la persona Prestadora del servicio público de aseo. Los muebles, colchones, closets u otros enseres de las viviendas las cuales por su gran tamaño se deben realizar la disposición directamente con el operador de Aseo, en este caso, Emvarias.</p>  |             | <p>-EMVARIAS-</p>  |

Fuente: Elaboración propia





A continuación, se desarrollarán en términos generales, los principales potenciales de aprovechamiento para los residuos con mayor presencia en las caracterizaciones, es decir, para los residuos ordinarios (33,48), para los residuos biodegradables y putrescibles (31.34%), y para los residuos recuperables (30.3%), ver **Gráfico 31. Promedio de los Residuos recuperables en el sector no residencial.**

## 12.1. Aprovechamiento térmico

Existen diferentes interpretaciones en cuanto a la clasificación de los Residuos Sólidos Urbanos, RSU como fuente de energía renovable. La Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. (EPA) considera los RSU como una fuente de energía renovable, ya que, si no se les da un uso secundario a los mismos, estos serán enviados a rellenos sanitarios (desaprovechando su poder energético). Por otro lado, el Departamento de Energía de los EE. UU. incluye a los RSU como fuente renovable de energía, siempre y cuando el contenido calórico del combustible provenga principalmente de materiales biológicos (Moratorio, Rocco, & Castelli, 2012).

Para el caso de Colombia, la política sectorial enmarcada en el CONPES 3874 de gestión de residuos sólidos ha encaminado a las entidades y al país hacia acciones que permitan disminuir los residuos que finalizan en rellenos sanitarios y que pueden ampliar su vida útil. En el aspecto ambiental, la actividad de aprovechamiento reduce las toneladas que se disponen en rellenos sanitarios u otro tipo de sitio de disposición final, lo cual a su vez reduce impactos ambientales (POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, 2016).

En el tema del aprovechamiento térmico de los residuos sólidos urbanos, se hace necesario conocer su poder calorífico, es decir, qué tanta cantidad de energía podrían ofrecer si se aplica un proceso térmico que los convierta en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, los resultados del poder calorífico para todos los subsectores se pueden apreciar en la **Tabla 95**.

De acuerdo con lo anterior, se puede aplicar proceso de incineración como la combustión, la gasificación, la pirólisis y procesos de biodegradación de materia orgánica como compostaje y digestión anaerobia. En la siguiente tabla se presentan las principales ventajas y desventajas de cada uno.

Es recomendable entonces, que las empresas que opten por realizar procesos térmicos para disminuir su volumen de residuos y a su vez, producir energía, tengan en cuenta todas las variables técnicas como caracterización y frecuencia de producción de residuos, variables operativas como tipo de perfiles profesionales, maquinaria a usar, variables económicas como costos asociados a la operación, reducción de consumos energéticos por ejemplo, y variables ambientales como emisiones a la atmósfera, agua y suelo, para tomar la mejor decisión conforme a las necesidades de cada empresa.



**Tabla 99. Ventajas y desventajas de diferentes procesos para el aprovechamiento térmico de los RSU**



| PROCESO   | VENTAJAS   | DESVENTAJAS  |
|---|--|--|
| <b>Incineración (combustión) (más de 1000°C)</b>          | Tecnología bien establecida                                      | Producción de dioxinas y otros contaminantes orgánicos persistentes, que producen contaminación del aire y obstaculizan la extracción de productos químicos valiosos de los RSU. |
|   | Extracción barata de energía térmica.                            | Costo máximo de capital y alto costo operativo.  |
|   | Generación eléctrica eficiente                                   | Necesita un cuidado especial para la eliminación segura de las cenizas volátiles producidas.   |
|   | Gran reducción de la cantidad de MSW por peso y volumen (70–80%) | Altamente ineficiente al quemar residuos de alto contenido de humedad.   |
|   | Requiere menos tiempo  | Extracción mínima de energía.  |
|   | No hay emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).           | Producción de alquitrán  |
|   |  | No produce Abonos  |
| <b>Gasificación oxidación de los RSU a 700 °C–900 °C.</b> | 50–90% de la reducción del volumen de los RSU                    | Más adecuado para centrales eléctricas a gran escala que utilizan el ciclo Rankine.  |
|   | La tecnología se puede ampliar fácilmente                        | Mayores costos operativos  |
|   | Utilizado para todo tipo de residuos.                            | Mayor costo de capital   |
|   | Hasta un 80% de tasa de recuperación de energía.                 | Corrosión de tubos metálicos durante la reacción.  |
|   |  | Mayor consumo de energía   |
|   |  | Los productos líquidos aceitosos tienen un alto contenido de agua debido a la humedad en la materia prima  |





| PROCESO   | VENTAJAS   | DESVENTAJAS  |
|---|--|--|
| <b>Pirólisis:</b><br>Implica la descomposición de materiales orgánicos en ausencia de oxígeno / aire a una temperatura de alrededor de 500 ° C a 700 ° C. | Menos requerimiento de tierra  | Costo máximo de capital  |
|   | Lavado de gas de síntesis antes de su combustión.  | Menores Emisiones de NOx y SO2   |
|   | Mejor calidad de los residuos sólidos; productos de alto valor calorífico (~ 38MJ / kg)  | No produce abonos  |
|   | Combustible líquido fácil de transportar.  |  |
|   | Producción de menor volumen de gases de combustión por kg de residuos; Reduciendo así el costo de capital del tratamiento de gases de combustión.  |  |
| <b>Digestión Anaerobia (Degradación de la materia orgánica mediante micro-organismos y reactores anaerobios de segunda generación</b>                     | No requiere temperaturas altas de trabajo. Los reactores pueden trabajar en rangos mesofílicos (entre 35 y 50°C) Si los RSU son separadas en la fuente, se permite el aprovechamiento material, mediante la formulación de fertilizantes mineral orgánicos líquidos y sólidos. | Se deben separar las etapas de la digestión anaerobia para aumentar la eficiencia.<br><br>Requiere espacios grandes para su implementación, si la cantidad de RSU es muy alta. |
|   | Extracción máxima de energía térmica (biogás) a partir de la FORSU   | Costos altos de capital si la tasa de producción de la materia orgánica es alta  |
|   | Entre el 50–90% de la reducción del volumen de los RSU   | Inversión alta en moto generadores para conversión de biogás a energía eléctrica   |





| PROCESO    | VENTAJAS  | DESVENTAJAS   |
|------------|---|---|
|            | La tecnología se puede ampliar fácilmente y aplicar a diferentes sectores económicos  |   |
|            | Producción de energía térmica y/o eléctrica dependiendo de las necesidades  |   |
|            | Mínimas emisiones de CO <sub>2</sub> y CH <sub>4</sub> al ambiente.   |   |
|            | Costos de operación asequibles  |   |
|            | Mínimos gastos energéticos  |   |
| Compostaje | Mínimos costos de inversión y operación   | Requiere tiempos largos de operación para obtener productos |
|            | Si los RSU son separadas en la fuente, se permite el aprovechamiento material, mediante la formulación de fertilizantes mineral orgánicos líquidos y sólidos. | No produce energía ni térmica ni eléctrica                  |
|            | Tecnología muy madura   | Emisiones de CO <sub>2</sub> y Vapor de Agua                |

**Fuente:** Construido con Datos tomados de (Hossam A, Mohamed, & Ayoub, 2018) y elaboración propia.

Si bien las opciones de tratamiento presentadas en la **Tabla 99** se ajustan más a Empresas Prestadoras de Servicio Público, no se debe descartar su uso en empresas que por su actividad económica requieran fuentes de energía alternativa y que el uso de sus residuos lo permiten desde el punto de vista técnico, por ejemplo, las Plazas de Mercado con los residuos biodegradables y putrescibles, también empresas del sector Industrial e Instituciones Educativas que tengan restaurantes para sus empleados o estudiantes y que produzcan una cantidad importante de estos residuos.

Se puede también realizar un estudio de mercado con el fin de conocer cuántas empresas colombianas o extranjeras ofrecen estas tecnologías para saber qué tan asequibles son en el país.





## 12.2. Aprovechamiento de residuos reciclables

Con el fin de presentar opciones de tratamiento o aprovechamiento de los residuos reciclables que se producen en los diferentes subsectores no Residenciales, se presentan estas iniciativas que hay en Medellín que aplican el concepto de economía circular para el aprovechamiento de diferentes tipos de residuos a las cuales, las empresas de los subsectores caracterizados pueden acceder para mejorar su gestión integral de residuos.

Una de ellas es la Iniciativa del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, AMVA, (corporación ambiental que tiene jurisdicción en Medellín) ha establecido alianzas estratégicas con entidades que potencien el alcance de sus metas institucionales, como por ejemplo con el Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales de Colombia, con el cual a través de la plataforma BORSI, fomentan el intercambio de residuos y subproductos industrializables, mediante transacciones de compraventa, canje o donación entre demandantes y ofertantes, a través de la recuperación, el reciclaje y la reintroducción de dichos materiales a las cadenas productivas.

A través del Nodo Borsi del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Colombia), pretende facilitar el intercambio de información sobre residuos y subproductos industrializables especialmente en los municipios asociados, dinamizar su intercambio, compraventa o donación, fomentando el aprovechamiento, valorización, I+D, la reincorporación de los mismos a los ciclos productivos como materia prima o como insumo, reduciendo así la cantidad de materiales llevados a disposición final (Relleno Sanitario, escombrera, relleno de seguridad). En la siguiente ilustración se muestra que trabajan bajo la modalidad de oferta y demanda de residuos para compra, intercambio o donación (BORSI, 2019).

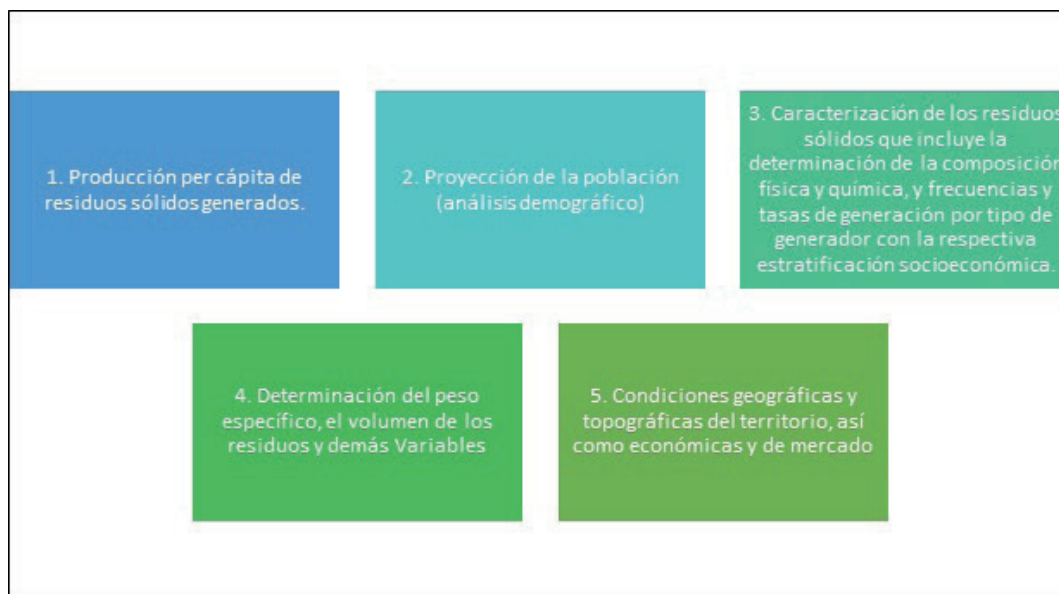
A su vez el Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML), que es una Corporación sin ánimo de lucro, adscrita al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (CDT), en su línea de gestión de residuos, elabora planes de manejo y gestión integral de residuos peligrosos, dirigidos a establecer características de peligrosidad en sus procesos productivos para la prevención, tratamiento y disposición controlada de los residuos peligrosos y han apoyado al Gobierno y al sector privado en la definición de políticas, programas, y reglamentación para el correcto manejo de los RAEE, entre otros proyectos (CNPML, 2019)

Otra entidad es SOCYA que se creó con el fin de integrar el sector público y privado, para generar transformaciones sostenibles, atendiendo los retos sociales y ambientales del país. Trabajan por la creación de una cultura que permita incorporar tendencias de sostenibilidad a los modelos de consumo, apoyando en la reintegración de los excedentes industriales en la cadena productiva que permitan la generación de beneficios económicos, sociales y ambientales; alargando así su ciclo de vida a través del reúso y el reciclaje. En su programa recyclo trabajan en la línea de gestión integral de excedentes y destrucciones posindustriales, para garantizar la trazabilidad de operaciones con excelencia y eficiencia, generando servicios agregados que sumen a la sostenibilidad de las empresas. Trabajan en procesos de separación, clasificación, recolección y comercialización de materiales provenientes de los procesos industriales o productivos de las organizaciones (SOCYA, 2019).





## Ilustración 2. Plataforma de la Bolsa de residuos y subproductos industriales



**Fuente:** Tomado de (BORSI, 2019)

La empresa EKORED se dedica al abastecimiento, procesamiento y comercialización de material reciclado a través de la formación de la red de aprovechamiento; beneficiando el medio ambiente. EKORED surge en febrero del 2013 a partir de la alianza estratégica de dos modelos económicos: COOPERENKA y ENKA DE COLOMBIA. Esta segunda empresa consciente de la necesidad de cerrar el ciclo de vida del PET y aprovechando su conocimiento y experiencia en la producción de resina y fibras sintéticas, desarrolló un proyecto para recuperar las botellas de PET y transformarlas mediante proyectos de alta tecnología en resinas, fibras y filamentos, los cuales son empleados en múltiples usos textiles o plásticos con propiedades similares a aquellos provenientes de la cadena petroquímica.

### 12.3. Aprovechamiento de residuos orgánicos

Debido a que los residuos biodegradables y putrescibles son los segundos con más producción en los subsectores No Residenciales y que estos tienen un tiempo de degradación mucho menor al resto, se recomienda que el aprovechamiento y valorización de los residuos orgánicos sea mediante tecnologías que permitan el aprovechamiento tanto material como energético, es decir, la posibilidad de convertir los residuos orgánicos en abonos y energía (biogás). Para lo anterior, se requiere que la separación en la fuente sea lo más eficiente posible para evitar la contaminación de estos residuos con agentes patógenos o fitosanitarios, ver **Tabla 99**.

En la ciudad hay diferentes actores que se encargan de hacer un aprovechamiento de residuos orgánicos separados en fuente, como lo son BIOCICLO, GDA (GESTION Y DISTRIBUCION AMBIENTAL), LOS CEDROS PARQUE AMBIENTAL, SINESCO.







**BIOCICLO** es una empresa colombiana constituida en el año 2013 orientada al sector ambiental, ofrecemos la clasificación, tratamiento y aprovechamiento de los residuos orgánicos con estándares de calidad requeridos, que garanticen el equilibrio del ecosistema y la preservación de la salud humana (Biociclo SAS, 2019).

**GDA** es una empresa pionera en la gestión integral de los residuos orgánicos en Medellín, Área Metropolitana y Oriente cercano, brinda soluciones en cuanto a recolección, transporte y aprovechamiento de residuos orgánicos, sus servicios están enfocados al sector comercial, industrial e institucional.

Los residuos orgánicos son aprovechados en la planta Organomezclas para la elaboración de abonos orgánicos a través del proceso de compostaje, la planta cuenta con certificado del ICA (Resolución 1655 de junio 2012, registro de venta ICA 7723); como productor de abonos orgánicos y con capacidad para procesar 100 ton/día de material orgánico. El proceso de aprovechamiento se encuentra completamente tecnificado y garantiza el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del abono producido, el cual es comercializado para la nutrición de los suelos agrícolas, dando cumplimiento a las normativas ambientales y satisfaciendo las necesidades de sus clientes (Gestión y Desarrollo Ambiental SAS, 2019).

Es importante destacar los beneficios tributarios que pueden obtener las empresas de diferentes sectores económicos, bien sea por Colciencias o por medio de la Agencia Nacional de Licencias ambientales (ANLA), por realizar inversión en tecnología que mejore el medio ambiente, que use energías limpias o que minimice emisiones de gases de efecto invernadero.

Mediante Colciencias, los Beneficios tributarios son un instrumento eficaz para fomentar la inversión en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) y promover la competitividad en las empresas y el desarrollo de investigaciones de alto impacto para el país.

Estos beneficios tributarios, se consideran un instrumento de financiamiento indirecto, donde los empresarios en conjunto con los actores reconocidos por Colciencias pueden postular sus proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) y acceder a deducciones por inversión o donación, exenciones de IVA por importación de equipos, Ingresos no constitutivos de Renta o Ganancia Ocasional.

Con la Ley 1819 de 2016, se dictaron nuevas disposiciones para la asignación de beneficios tributarios en CTel modificando la deducción tributaria del 175% del valor de la inversión en proyectos de CTel a una deducción del 100% y un descuento tributario del 25% de la inversión realizada.

La nueva Reforma Tributaria (Ley 1819 de 2016), recalcó que la forma de aplicación del beneficio por inversiones en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) dejó de ser una deducción de impuestos para convertirse en una combinación entre deducción y descuento tributario. Es decir, que el beneficio ya no se aplicará sobre el cálculo de la renta líquida gravable, sino sobre el valor del impuesto a pagar.

Mediante el ANLA, estos beneficios tributarios se pueden obtener de la siguiente forma:

De acuerdo con el Artículo 158-2 del Estatuto Tributario, las personas jurídicas que realicen directamente inversiones en control y mejoramiento del medio ambiente tendrán derecho a deducir anualmente de su renta el valor de dichas inversiones que hayan realizado en el respectivo año gravable, previa acreditación que efectúe la autoridad ambiental respectiva,





en la cual deberán tenerse en cuenta los beneficios ambientales directos asociados a dichas inversiones.

El valor por deducir por este concepto en ningún caso podrá ser superior al veinte por ciento (20%) de la renta líquida del contribuyente, determinada antes de restar el valor de la inversión.

**Las inversiones de Control** son aquellas orientadas a la implementación de sistemas de control ambiental para el logro de resultados medibles y verificables de disminución de la demanda de recursos naturales renovables, o de prevención o reducción en la generación o mejoramiento de la calidad de residuos líquidos, emisiones atmosféricas o **residuos sólidos**.

**Las Inversiones en Mejoramiento** son las necesarias para desarrollar procesos que tengan por objeto la restauración, regeneración, repoblación, preservación y conservación de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.

Es decir, que las empresas que quieran implementar este tipo de procesos pueden buscar apoyo mediante estos instrumentos de financiamiento indirecto que tiene el gobierno vía deducción de rentas líquidas y exención de impuestos.





### 13. ESTRATEGIA DE SOCIALIZACIÓN EN EL SECTOR NO RESIDENCIAL EN MEDELLÍN

Se diseñó una estrategia de socialización en el sector No Residencial con dos objetivos, el primero realizar la divulgación del proyecto a un número amplio de entidades dentro de los diferentes subsectores y el segundo objetivo, crear conciencia sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos, fomentando prácticas como la separación en la fuente y el reciclaje en las diferentes entidades.

Para lograr todo esto se creó la estrategia de socialización, con los diferentes sectores involucrando los siguientes medios:

- Plan de Medios de comunicación audiovisuales y virtuales liderado desde la Alcaldía de Medellín como la cuña radial, redes sociales, publicidad impresa. Se realizó la misma campaña publicitaria utilizada en el sector residencial.
- Implementación de las redes sociales, que permiten compartir de manera virtual con los usuarios publicaciones donde se informaba los avances del estudio.
- Medios alternativos realizado por el Consorcio Residuos Medellín 2018 como: comunicación telefónica, correo electrónico con invitación a participar en el estudio de caracterización por subsector, creación de la línea de atención a los usuarios.
- Se realizaron visitas de manera personalizada a empresas y establecimientos de los diferentes sectores, donde se les explicaba de qué se trata el proyecto y la importancia del adecuado manejo de los residuos en el tema de responsabilidad social y ambiental empresarial. De esta manera se les realizaba la encuesta y se recogía de manera inmediata la primera muestra. En las visitas se les entregó afiches, esmaltados y adhesivo, los cuales ayudan a identificarlas para posteriores visitas y que ellos utilicen la información en sus empresas, para que así haya divulgación de esta con sus empleados y usuarios.
- A la vez se realizaron contactos con entidades que tienen varias sedes en la ciudad de Medellín, como La Cámara Nacional Inmobiliaria, debido a su amplia lista de agremiados, de los cuales se visitaron algunos.
- Se tuvieron en cuenta las entidades que recomendaba la supervisión de la alcaldía para su programación en la recolección y caracterización de los residuos.
- Por recomendación de la supervisión y por motivo de vacaciones de fin de año, el sector educativo se debe priorizar, por lo que se buscó el apoyo de la Secretaría de Educación, con quienes se sostuvo una reunión para explicar el proyecto y se construyó una comunicación mediante la cual se invita a las Instituciones educativas a participar en el estudio de Caracterización de residuos, La secretaria amablemente brindó información mediante tres (3) bases de datos de Instituciones educativas, pertenecientes a la iniciativa de Colegios Verdes, I.E aledañas a la Quebrada el mal paso y una tercera base de datos con I.E que fueron intervenidas con presupuesto participativo y educación y seguridad Vial.
- Se visitaron 12 Instituciones educativas en el mes de noviembre y los faltantes se realizaron en enero y febrero de 2019.





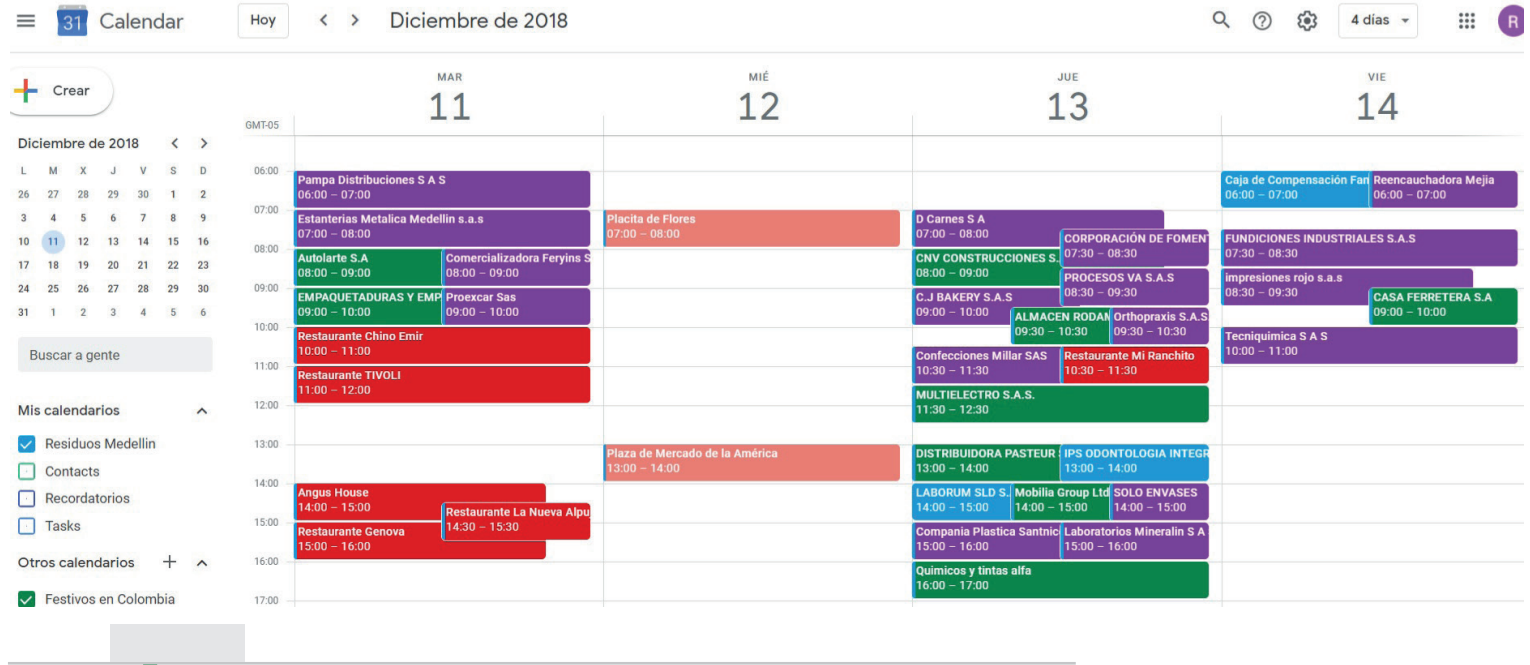
El paso a paso de la estrategia de socialización con las diferentes entidades y subsectores se enuncia a continuación:

- a) Se construyó un listado de las empresas por subsectores que se caracterizaron en el estudio pasado (2014), con el fin de no repetir entidades en la medida de lo posible.
- b) Se compró una base de datos de 300 empresas a la Cámara de Comercio de Medellín, para el sector Comercial e Industrial, con el fin de sacar la mayor cantidad de empresas de esa base de datos y sus respectivos datos.
- c) Se buscaron en bases de datos de internet más entidades por subsectores para cumplir con las 700 a muestrear.
- d) Se procedió a verificar vía telefónica los datos como teléfono, dirección, brindarles información sobre el proyecto y comenzar a programar visitas de recolección por sectores. Se les explica de manera sencilla cómo se realizaría la recolección de las muestras, y se agenda el día y la hora.
- e) A la entidad que autorizó vía telefónica la visita, se le envió un correo con la invitación a participar en el estudio y la encuesta virtual mediante un enlace adjunto al correo. [https:// goo. gl/forms/Yv3OAZ5DCwA0ZDEP2](https://goo.gl/forms/Yv3OAZ5DCwA0ZDEP2)
- f) Las actividades de caracterización en el sector no residencial se iniciaron en el mes de noviembre .
- g) La aplicación Google calendario se usó para hacer la programación de las entidades de manera más organizada y en tiempo real.
- h) Para la programación diaria de la recolección a los suscriptores no residenciales, se tuvo en cuenta lo siguiente: el subsector, la hora de la prestación del servicio público de aseo, proximidad geográfica entre ellas, requerimientos especiales como horarios de atención y presencia de la persona encargada de atender la visita.
- i) De acuerdo con lo anterior, se programaron dos o tres rutas de recolección diarias, y en bodega se programaba jornada de Caracterización de residuos con el personal restante.
- j) Para la toma de las muestras de los diferentes subsectores que se llevaron al laboratorio GIEM de la U de A, se programaron empresas del mismo subsector el mismo día, lo que facilitó realizar la caracterización, cuarteo y la toma de los 2 kg de muestra.
- k) En la mayoría de los casos y como estrategia para que las entidades accedieran a participar en el proyecto, se acordó entregar los resultados de la caracterización de residuos sólidos una vez se haya finalizado el proyecto y con la previa autorización de la supervisión.





Fotografía 1. Calendario en Google de la programación de diciembre 2018



Fuente: Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín.



Fotografía 2. Encabezado de la Encuesta en formato virtual mediante Google docs.



Fuente: Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín

Fotografía 3. Diligenciamiento encuesta sector restaurantes



Fuente: Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín







**Fotografía 4. Entrega de publicidad en Centros comerciales – Mall Laureles**



**Fuente:**

**Fotografía 5. Encuesta empresa sector industrial- Alimentos**



**Fuente:** Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín





Fotografía 6. Entrega de Imanes en empresa de sector Comercial.



*Fuente: Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín*

Fotografía 7. Socialización y entrega de imanes en empresa de sector Industrial (metalurgia)

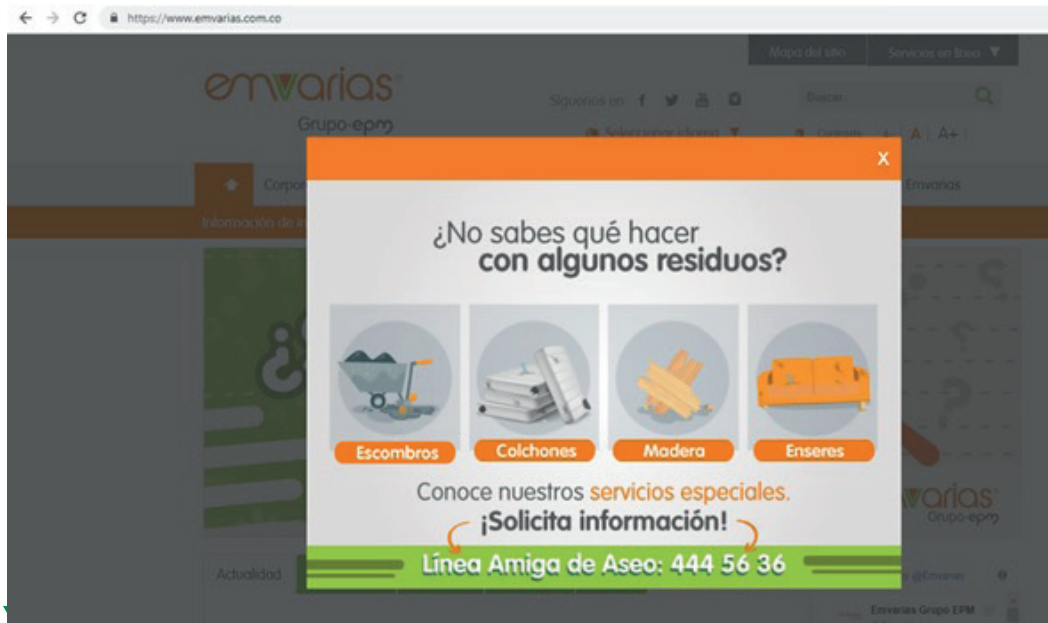


*Fuente: Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín*





Fotografía 8. Socialización Entrega de afiches e imanes en sector Oficial



Fuente: Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín

Fotografía 9. Afiches en instituciones Educativas



Fuente: Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín







## 14. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Para el presente proyecto se recopiló y estructuró la información cartográfica base suministrada por la Secretaría de Gestión y Control Territorial del Municipio de Medellín. Así mismo, se procesó y estructuró en la Geodatabase toda la información levantada en campo concerniente a la caracterización de residuos sólidos para el sector residencial y no residencial de las 16 comunas y cinco (5) corregimientos del municipio.

La Base de Datos Espacial (Geodatabase) se estructuró en el programa ArcGIS 10.6.1 y se guardó un respaldo de archivos.MXD en la versión ArcGis 10.3 a fin de que puedan ser abiertos en una versión anterior del ArcMap. Así mismo, la presentación de toda la información del Componente SIG se realiza siguiendo los estándares recopilados en el documento “Estándares básicos para manejo de información geográfica, Versión 2 de mayo de 2.015 – Departamento Administrativo de Planeación, Subdirección de Información, Seguimiento y Evaluación Estratégica” del Municipio de Medellín.

### Metodología

Para el desarrollo del componente SIG del proyecto “Caracterización de residuos sólidos generados en el sector no residencial del Municipio de Medellín”, se surtieron las siguientes etapas de trabajo:

- A. Recopilación de la información cartográfica tanto básica como temática proveniente del proyecto de caracterización realizado en el año 2015.
- B. Preselección de puntos asociados al tipo de subsector no residencial para cada comuna.
- C. Estructuración de tablas en formato Excel donde se resumía la información recolectada a través de las encuestas y visitas, los resultados de la respectiva caracterización para cada punto y la coordenada con la ubicación del sitio encuestado.
- D. Georreferenciación de cada establecimiento (para el sector no residencial) a fin de obtener el elemento espacial (tipo punto) asociado a la información alfanumérica levantada a partir de la encuesta de campo.
- E. Estructuración de la Geodatabase (GDB) acorde a los estándares del Municipio de Medellín.
- F. Generación de la información temática a fin de obtener la producción per cápita por subsector No residencial.
- G. Alimentación de la GDB con la información primaria y secundaria generada.
- H. Generación de información alfanumérica resultante de las tablas de atributos para los elementos Feature de la GDB.
- I. Generación de imágenes para el documento y consulta en general (Mapas temáticos resultantes en formato PDF)
- J. Elaboración de metadatos y diccionario de datos.





## Información cartográfica básica y temática

La información requerida para este estudio en el componente SIG constituyó información primaria levantada en campo y secundaria recopilada en formato análogo y digital.

La cartografía básica en formato digital se obtuvo principalmente de la Revisión y Ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial para el municipio de Medellín - 2014, otra fuente utilizada es la información catastral urbana y rural del municipio, así como el Shape de Estratificación socioeconómica suministrada por la Subsecretaría de Catastro del municipio en el mes de noviembre del año 2018 y contiene la representación digital de los lotes, barrios, manzanas y la delimitación de comunas y corregimientos para el Municipio de Medellín.

La información espacial y de atributos requerida para estructurar la Geodatabase, se obtuvo por levantamientos de información primaria, realizada por cada equipo de campo que hizo parte del proyecto.

## Manejo de los metadatos

Para la elaboración de los metadatos se siguieron las especificaciones descritas en los Estándares básicos para manejo de información geográfica, Versión 2 de mayo de 2.013 – Departamento Administrativo de Planeación, Subdirección de Información, Seguimiento y Evaluación Estratégica, los cuales definen el esquema requerido para describir la información geográfica, análoga y digital. Los metadatos proporcionan información acerca de identificación, extensión, calidad, esquema espacial y temporal, referencia espacial y distribución, para un conjunto cualquiera de datos geográficos. Los metadatos generados corresponden a los Feature Class desarrollado en este proyecto.

Los metadatos se almacenan en ArcGis según las consideraciones ISO 19115 - 19139 y consta de las siguientes secciones:

- **Sección Descripción (Overview):** Contiene información básica acerca del conjunto de datos y sus autores. Se diligencian los campos título, etiquetas, resumen, descripción y créditos del ítem Descripción del elemento. Los campos palabras claves, citación, fechas de publicación y contactos de citación del ítem Temas y Palabras clave son diligenciados.
- **Sección Metadatos (Metadata):** Contiene información de fechas de publicación y contactos. Se diligencian los campos detalles y contactos.
- **Sección Recursos (Resource):** Contiene información acerca del estado del elemento, extensión, datos de contacto, mantenimiento, restricciones, calidad, fuentes de la información, procesos de generación y finalmente encargado de la distribución.

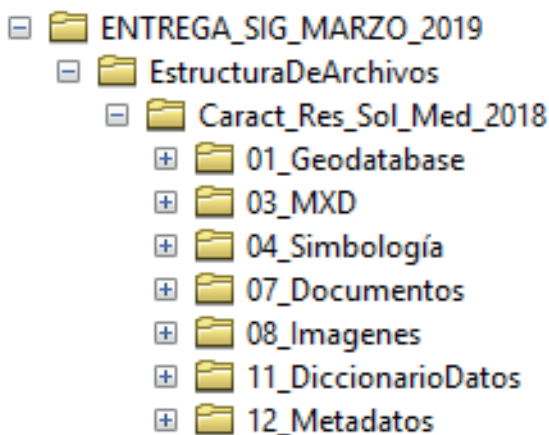
La estructura general de almacenamiento de datos se ajusta a las especificaciones expedidas por el municipio en los Estándares básicos para manejo de información geográfica, Versión 2 de mayo de 2.013, dicha estructura se muestra en la **Ilustración 3**

Toda la información obedece a la estructura que a continuación se describe y se entregó en un archivo comprimido como anexo a este informe final del sector No Residencial **Ilustración 3**.





Estructura general de almacenamiento para el proyecto de caracterización de residuos sólidos en el sector No Residencial del Municipio de Medellín.



Fuente: Elaboración propia

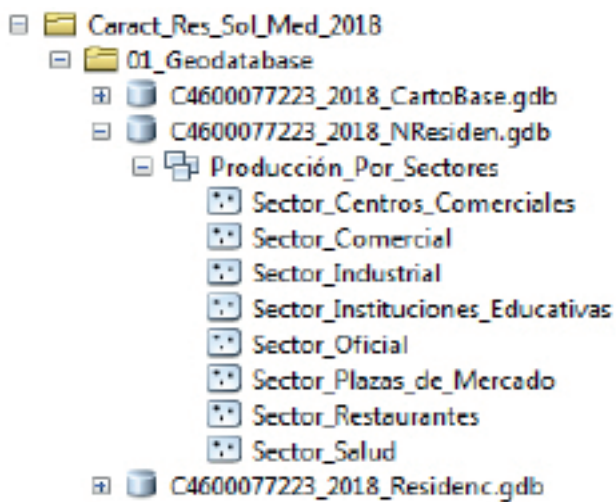
### GEODATABASE.

En esta carpeta se localizan tres (3) Bases de Datos Espaciales (GDB), las cuales representan en su respectivo orden:

- a. GDB asociada a la cartografía base requerida para el desarrollo del proyecto.
- b. GDB asociada a la cartografía temática resultante del procesamiento y análisis de la caracterización para el sector no residencial.
- c. GDB asociada a la cartografía temática resultante del procesamiento y análisis de la caracterización para el sector residencial.

Estas tres (3) GDB, se estructuran en Arc Gis 10.6.1, según la organización por Feature Dataset y Feature Class que se tiene especificado en los Estándares básicos para manejo de información geográfica, Versión 2 de mayo de 2.013.

### Ilustración 4. Estructura detallada de la Carpeta Geodatabase.

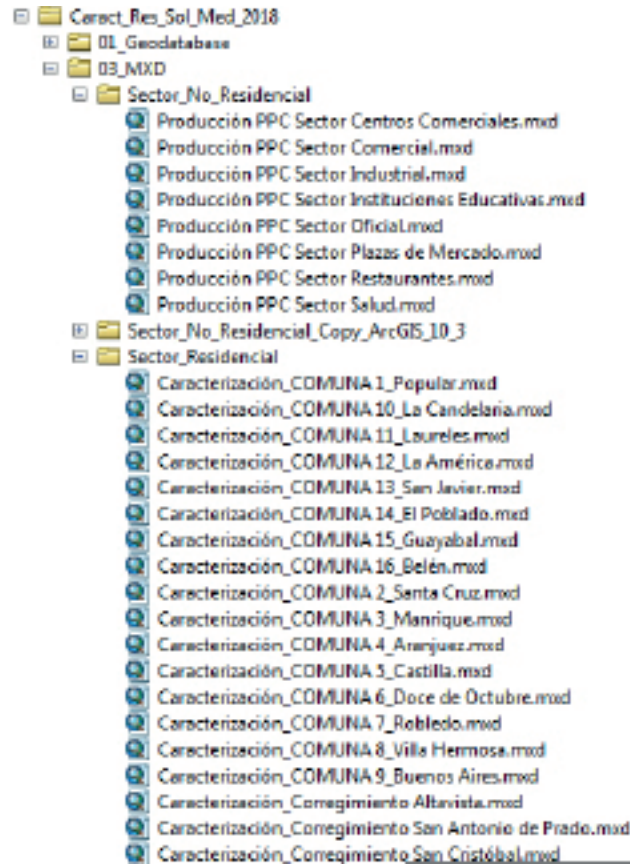


Fuente: Elaboración propia



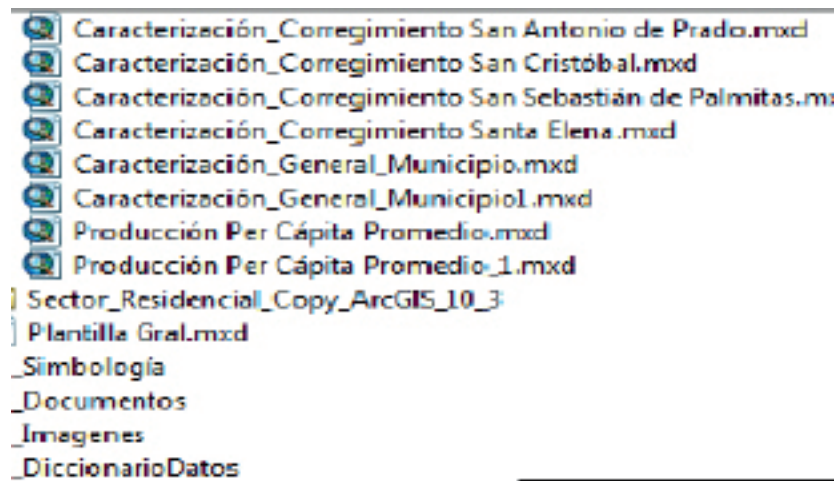


Ilustración 5. Estructura de la GDB para el Sector No Residencia.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6. Estructura de mapas para el sector Residencial y No Residencial.



Fuente: Elaboración propia





## MXD.

En esta carpeta se encuentran cada uno de los mapas temáticos generados como respuesta a los requerimientos y especificaciones del proyecto. Cada mapa se elaboró en la versión de ArcGIS 10.6.1., pero igualmente se generó una carpeta de copia en la versión de ArcGIS 10.3. fin de que los mapas puedan ser abiertos en esta versión anterior del software.

## Simbología

Esta carpeta contiene los layers y styles utilizados en este proyecto para la elaboración de los mapas.

## Documentos

Esta carpeta contiene el informe SIG del proyecto y las siguientes subcarpetas cuyo contenido se representa en la Ilustración 7

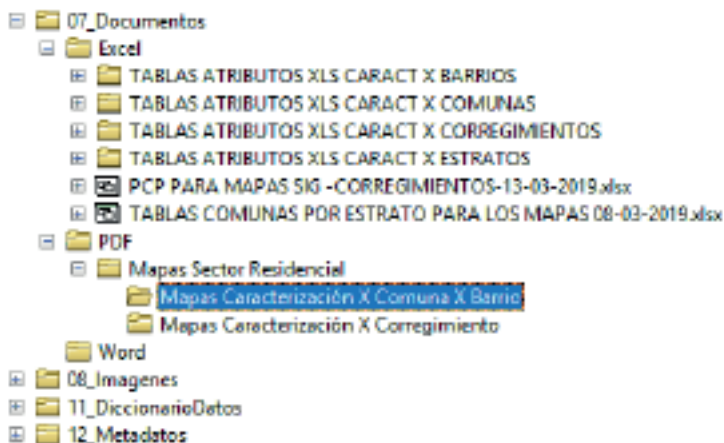
## Diccionario de datos

Contiene el diccionario de datos de la Geodatabase en formato Excel. El diccionario de datos contiene la relación de los objetos geográficos almacenados, así como la descripción de su geometría y atributos alfanuméricos.

## Metadatos

Se encuentran los metadatos del total de Feature Class de la Geodatabase del actual proyecto. Estos están en formato XML.

### Ilustración 7. Estructura detallada de la Carpeta DOCUMENTOS.



**Fuente:** Elaboración propia

Es importante resaltar que la subcarpeta PDF contiene todos los mapas temáticos. MXD que se generaron para el proyecto, ello con la finalidad de que cada mapa pueda ser consultado en formato PDF, el cual es accesible para aquellos usuarios que no dispongan del software de ArcGIS.





## Sistema de referencia

Con fundamento en la Resolución 068 de 2005 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi–IGAC– el Municipio de Medellín adoptó como datum oficial el Marco Geocéntrico Nacional Referencia MAGNA-SIRGAS, el cual posibilita el intercambio de información georreferenciada entre los productores y los usuarios de esta en diferentes sectores.

**Tabla 100. Parámetros geodésicos para la estructuración de la información espacial del proyecto**

| Elemento                            | Valor                  |
|-------------------------------------|------------------------|
| Coordenadas proyectadas             | PCS MAG Ant Medellín   |
| Proyección                          | Transversa de Mercator |
| Falso Este                          | 835.378                |
| Falso Norte                         | 1.180816               |
| Meridiano central                   | -75.5649               |
| Latitud de origen                   | 6.2292                 |
| Unidad lineal                       | Metros                 |
| Coordenadas geográficas             | GCS_Magna              |
| Datum                               | Magna, origen Medellín |
| Esferoide GES 1980 MAG_Ant_Medellín |                        |
| Semieje mayor                       | 6379647                |
| Semieje menor                       | 6358257,251            |



## 15. CONCLUSIONES



La producción per cápita calculada para el subsector industrial fue de 0,44 Kg/persona\*día), resultado de la caracterización de 131 empresas que se agruparon en siete (7) categorías: Alimentos, Metalurgia, Químicos, Plásticos, Manufactura, Química y Otros. Esta última categoría contempló empresas de producción de materiales como caucho, mármol, madera, empresas de logística y empaques.

La PPC del subsector Industrial fue significativamente menor con respecto al estudio del año 2014 que fue de 1,31 kg/persona\*día, lo que puede deberse a empresas con un número alto de empleados y una baja PPC y viceversa. Sin embargo, no se puede atribuir la disminución sólo a estas dos variables, también influyen variables como las frecuencias de recolección, el tipo de residuos que cada empresa produce y si las empresas tienen o no implementados planes de gestión de residuos.

Con el fin de abarcar más territorio y empresas en las diferentes zonas de la ciudad, se distribuyeron de manera que quedaron ubicadas en 12 de las 16 comunas de Medellín y se tomaron en cuenta dos corregimientos, cada uno con una empresa.

Con el análisis estadístico Anova, se pudo verificar las distribuciones de las densidades son diferentes según su actividad económica, es decir, se evidenció que cada categoría dentro del subsector Industrial debe ser tratada y analizada de forma independiente.

La PPC para el subsector Oficial fue de 0,143 kg/persona\*día, con respecto al valor del estudio anterior, que el valor fue 0,19 kg/persona\*día, disminuyó levemente posiblemente porque se tuvieron en cuenta 10 instituciones más, lo que aumenta la cantidad de residuos caracterizados y el número de personas tenida en cuenta en el cálculo.

La PPC para los sectores Salud, Plazas de Mercado, Restaurantes y Centros Comerciales aumentó con respecto al estudio anterior, este aumento se relaciona con el hecho de que en cada caso se tuvieron en cuenta casi el doble de los establecimientos y en el caso de los restaurantes, aumentó en más del 70%, por lo que incurre en un número más alto de población flotante y empleado, por lo tanto, será mayor el peso de los residuos a caracterizar.

Aunque la PPC de las Instituciones educativas y el sector Comercial no tuvo mayor variación, es importante destacar que en el caso de las I.E se aumentó en 50 instituciones más la caracterización, en el caso del Subsector comercial, se caracterizaron 11 entidades más. Técnicamente no se presentó variación en estos valores posiblemente debido a que las actividades que se realizan en estos subsectores no presentan cambios significativos en el tiempo, por lo tanto, sus residuos son los mismos.

Todas las densidades de los subsectores bajaron debido a que el volumen fue significativamente mayor con el que se trabajó en el estudio de caracterización anterior, esto se debe a que se visitaron más empresas por subsector. La densidad es inversamente proporcional al volumen, de ahí que si aumenta el volumen de residuos disminuye la densidad.

Con el análisis estadístico se concluye que para el subsector Centros Comerciales la PPC es representativa para todo el subsector y que hubo homogeneidad en los datos.







La influencia de la población flotante en el subsector Centros Comerciales es significativa, ya que independiente de que el Centro Comercial tenga un área mayor o menor, la generación de residuos dependerá más del número de personas que visitan estos sitios, depende también de su ubicación y de los puntos ecológicos que tengan disponibles las personas para disponer sus residuos.

Se puede afirmar que la PPC para el sector Oficial (0,20 kg/Persona\*día), la PPC para las I.E de (0,07 kg/Persona\*día), la PPC de los Restaurantes (1,77 kg/Persona\*día), son representativas para sus respectivos subsectores, ya que la desviación estándar estuvo cercana a la media, por lo que se interpreta homogeneidad en los datos y baja dispersión.

La PPC calculada para el sector Salud, debido a la heterogeneidad de los datos y que esta estuvo alejada de la media, no es representativa del subsector. Así mismo, se presentó heterogeneidad en los datos de densidad y volumen. Lo anterior se pudo deber a que se caracterizaron consultorios médicos en los cuales la generación diaria es significativamente baja y corresponde a una o dos personas máximo, y el número de pacientes o población flotante es mucho menor al promedio.

En el caso de las Plazas de mercado, la desviación estándar de todas las variables está significativamente alejadas de sus respectivas medias, lo que muestra heterogeneidad en los datos y una alta dispersión. Esta PPC no es representativa del subsector. Esto se debe a que, las cuatro plazas de mercado caracterizadas tienen una generación diaria de residuos muy diferente entre ellas, relacionado con el número de locales que tenga cada una, el número de personal que trabaja en las plazas y la logística de recolección de residuos dentro de las instalaciones. Adicional a esto, el número de visitantes también varía significativamente de una plaza a otra, las más grandes (La Minorista y la Plaza la América), tienden a ser más visitadas que las otras.

Para la PPC del subsector Comercial, se presentan dos datos atípicos, es decir, que no entran dentro de los rangos calculados y que se debe realizar un análisis estadístico sin estos datos para disminuir la heterogeneidad y la dispersión de los datos. La PPC fue de (1,47 kg/Persona\*día), los residuos Ordinarios e Inertes son los que más se producen en todos los subsectores, con un 33,48%, en segundo lugar, están los residuos Biodegradables y putrescibles con un 31,441% y en tercer lugar los plásticos con un 17,39%. Esta tendencia se presentó en todos los subsectores No Residenciales, en donde fueron siempre los tres residuos más generados, Sólo en los subsectores Restaurantes y Plazas de Mercado Los biodegradables y putrescibles estuvieron en primer lugar, en segundo lugar, los Ordinarios e inertes y en tercer lugar los residuos plásticos.

Los residuos que tuvieron menos producción en los diferentes subsectores No residenciales fueron la Madera y los Metales con promedios de 0,702% y 0,424% respectivamente.

Los residuos recuperables como el Papel, Cartón, Vidrio y Textiles, se presentaron aumentos pequeños. Este hecho es muy importante ya que se pueden atribuir a que la separación en los puntos ecológicos de las entidades debe estar mejorando.

Tener un 30,58% de residuos recuperables como Plástico, Papel, Cartón, Vidrio, Textiles, Madera y Metales constituye la responsabilidad de generar oportunidades de aprovechamiento mediante diferentes tecnologías dentro de cada empresa y entidad visitada, apuntando a mejorar la gestión de los residuos en los diferentes subsectores y por ende en la ciudad.







Debido a que las muestras en diferentes subsectores presentaron metales pesados, no se recomienda su uso como producto agrícola, independiente de que pase por proceso de estabilización de materia orgánica, debido a que los metales pesados son sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables, es decir que su degradación es baja o nula y pasa de un material a otro fácilmente, por lo que no se debería correr el riesgo de aplicar al suelo residuos con contenido de metales pesados.

Los residuos sólidos Urbanos no separados en la fuente, pueden ser usados en otras actividades diferentes a las agrícolas, una vez hayan pasado por tratamientos de minimización de partícula y sanitización de microorganismos y disminución de contenidos de metales pesados, estos usos son los descritos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano, Categoría A otros Usos y Categoría B.

El poder calorífico superior promedio para el sector No residencial calculado por el método práctico fue de 4819,96 kcal/kg, que estuvo cercano al calculado por el método analítico de (KUNITOSHI, 1998) el cual fue de 4325,42 kcal/kg, este último tuvo una disminución con respecto al reportado en el estudio del 2014 (4572,34 kcal/kg), lo que se puede atribuir a un número mayor de muestras tenidas en cuenta para el cálculo del promedio.

Tanto el Poder Calorífico Superior calculado por el método práctico como por el método analítico están comprendidos en el valor teórico del poder calorífico reportado por (KUNITOSHI, 1998), que es 4000 kcal/kg.

Para el Poder Calorífico Inferior calculado por dos Métodos Analíticos de (KUNITOSHI, 1998) y (Ali Khan & Abu Ghararah, 1991), se obtuvieron valores superiores a 1500 kcal/kg, lo que significa que se pueden incinerar sin necesidad de implementar combustible auxiliar, posiblemente algún tratamiento adicional para minimizar el porcentaje de Humedad.

La decisión de aplicar un proceso de combustión en una empresa debe ir acompañado de un estudio de prefactibilidad económica y ambiental teniendo en cuenta las características de la empresa, el porcentaje de humedad y la cantidad de residuos con potencial de aprovechamiento energético, además de tener en cuenta las necesidades energéticas que deseen suplirse.

El Poder Calorífico promedio mediante el método práctico para el subsector No Residencial aumentó a 4819,96 kcal/kg, lo que puede deberse a que las composiciones de las muestras contenían mayor cantidad de Materia orgánica, Plástico, Papel y Cartón, que aumentan la cantidad de carbono y por ende el poder calorífico.

La proporción de materia orgánica que se presentó en los subsectores Restaurantes y Plazas de mercado es mucho más alta con respecto a los otros subsectores, por lo que esto influyó significativamente en el promedio del Poder Calorífico.

El porcentaje de Humedad promedio no presentó mayor variación en este estudio de caracterización de residuos que fue de 57,50% con respecto al del año 2014 cuando se reportó un porcentaje de humedad de 57,90%.

El aporte de macronutrientes, N, P y K, en la mayoría de las muestras es significativamente bajo, por lo que su uso como producto agrícola no se recomienda, además de que estos residuos se analizaron crudos y provienen de una mala separación en la fuente, factores que afectan significativamente su uso agrícola como se explicó anteriormente.





El contenido de Carbono orgánico oxidable para todas las muestras cumple con el mínimo de 15% de Carbono orgánico oxidable y debe tenerse en cuenta que este contenido de carbono es el que está siendo emitido a la atmósfera como CO<sub>2</sub> cuando se descomponen estos residuos en los rellenos sanitarios.

En conclusión, para determinar si una muestra de Residuos Sólidos Urbanos tiene potencial de aprovechamiento como insumo agrícola se debe tener en cuenta primero su procedencia, es decir, que provenga de un proceso de separación en la fuente de producción, en este caso, las entidades y empresas, segundo, tomar la fracción orgánica de los RSU, tercero, realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos respectivos para verificar cumplimiento de la normatividad colombiana, y después, aplicar uno de los procesos que se explicó en el ítem Aprovechamiento de residuos Orgánicos. Con todo lo anterior se puede obtener productos agrícolas de buena calidad que aportan no solo nutrientes sino, además, estructura a los suelos.

Las opciones de aprovechamiento de los RSU a nivel industrial cada vez están más encaminadas a realizar dos tipos de aprovechamiento tanto energético (producción de energía mediante biogás o energía eléctrica) y aprovechamiento material (para usos agrícolas), debido a la alta demanda energética que tienen los diferentes subsectores No residenciales para la realización de sus actividades económicas.

En la Ciudad hay cada vez más opciones para el adecuado aprovechamiento de los residuos, representadas en empresas que se dedican a la valorización de todo tipo de residuos, siendo esto una buena opción para otras que actualmente entregan todos sus residuos a Emvarias.



**Fuente:** Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín.

## 16. RECOMENDACIONES



Desde el punto de vista estadístico, se recomienda que para próximos estudios de caracterización de residuos sólidos en sector No residencial en la ciudad de Medellín y sus cinco corregimientos, se debe tener un número similar de población objetivo, es decir, que la muestra del diseño metodológico tenga un número similar de entidades en cada sector, para que los estudios estadísticamente puedan ser comparables, se tengan menos incertidumbre en los datos y se pueda llegar a unas aproximaciones y estimaciones objetivas del indicador de la producción per cápita promedio.

Realizar una estrategia de socialización diferenciada para los sectores No residenciales de Medellín y que sea igual de rigurosa que la del sector Residencial de Medellín, debido a que, se notó que las empresas no se enteraron por los medios audiovisuales, ni radiales que promocionaban este proyecto.

Los análisis fisicoquímicos han de hacerse una vez la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos se haya separado del resto, ya que esta fracción es la que más potencial de aprovechamiento agrícola y energético tiene. La otra fracción, contiene potencial energético interesante debido a su poder calorífico, sin embargo, este potencial debe ir de la mano de un estudio de prefactibilidad económica y ambiental que compare las diversas tecnologías que hay de incineración de residuos para producción de energía tanto térmica como eléctrica en una ciudad como Medellín.

En los próximos estudios de caracterización de residuos no es necesario medir parámetros fisicoquímicos como CIC, CIC/CO, CRA, Porcentaje de Germinación, micronutrientes (Mg, Zn, Ca, Na), ya que no reportan información relevante para la toma de decisiones en cuanto al potencial de aprovechamiento energético de las muestras. Estos parámetros en conjunto con los demás, servirán en el caso en que la fracción orgánica de los residuos sólidos Urbanos sea separada, de lo contrario, la normatividad colombiana cierra por completo la posibilidad de su uso como se ha explicado a lo largo de este informe.

En los próximos estudios o en estudios complementarios al de caracterización de residuos, se debería tener en cuenta las emisiones de gases de efecto invernadero de cada uno de los componentes que está llegando al relleno sanitario, para poder aportar información relevante para el inventario de emisiones en dichos sitios.

El acompañamiento de la Alcaldía de Medellín a las empresas en los diferentes subsectores es clave para que se fomenten y afiancen conceptos como separación en la fuente y clasificación de residuos dentro de las empresas y facilitar la separación, clasificación y posterior uso o aprovechamiento de todos los residuos en Medellín.

Los desarrollos y avances en el manejo de los residuos sólidos urbanos, entre estos los residuos orgánicos que son los de mayor producción, deben ser prioritarios para la ciudad de Medellín, dado que éstos pueden convertirse en un problema de salud pública si no se cuenta con estrategias adecuadas de aprovechamiento o disposición.

Tener en cuenta otros actores no residenciales que producen gran cantidad de residuos a diario en la ciudad de Medellín como los puestos de comidas rápidas, cada vez más abundantes y diversos y que están en todas las comunas. Estos actores no se están teniendo en cuenta para el cálculo de la producción per cápita promedio del subsector Restaurantes, por ejemplo.







Los hoteles que se tienen en cuenta dentro del subsector Comercial, debería abordarse como un subsector a parte debido al crecimiento que han presentado este tipo de establecimientos en la ciudad en los últimos años, además, por las características que tiene de atención a personal, generan gran cantidad de residuos, por lo que su PPC debería ser diferente a la de otros establecimientos comerciales.



**Fuente:** Tomada por personal del Consorcio Residuos Sólidos Medellín.





## 17. BIBLIOGRAFÍA

**Acar, S., & Ayanoglu, A. (2012).** Determination of higher heating values (HHVs) of biomass fuels. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 749-758.

**Alcaldía de Medellín - Medellín Como Vamos. (2016).** Medellín Como Vamos. Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <https://www.medellincomovamos.org/vivienda-y-servicios-p-blicos-0/> Alcaldía de Medellín. (2018). Informe de Calidad de Vida de Medellín 2017. Medellín: Pregon SAS.

**Alcaldía de Medellín- Secretaría de Gestión y Control Territorial. (12 de Mayo de 2018).** Aplicativo proyecciones del PGIRS 2016-2027. Medellín.

**Ali Khan, M., & Abu Ghararah, Z. (1991).** New Approach of Estimating Energy Content of Municipal Solid Waste. *Journal of Environmental Engineering*, 117(3). doi:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1991\)117:3\(376\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1991)117:3(376))

**Biociclo SAS. (6 de 3 de 2019).** <https://www.biociclo.com.co>. Obtenido de <https://www.biociclo.com.co/#servicios>.

**BORSI. (10 de 03 de 2019).** <http://www.borsi.org/#>. Obtenido de <http://www.borsi.org>. **CNPML.**

**(10 de 03 de 2019).** <http://www.cnpml.org/>.

**Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio/ Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2012).** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano/. (ISBN: 978-958-57464-0-4), 264 p. Bogotá, D.C, Colombia.

**Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio/ Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2012).** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F Sistemas de Aseo Urbano. 264. Bogotá, D.C.

**Empresas Varias de Medellín- Grupo epm. (2017).** Emvarias- Grupo epm. Recuperado el 29 de 12 de 2018, de [www.emvarias.com.co](http://www.emvarias.com.co): <http://www.emvarias.com.co/servicios/home/servicio-publico-de-aseo/ruta-recicla>

**Gestión y Desarrollo Ambiental SAS. (2019).** <http://www.gdambiental.com/empresa.html>. Obtenido de <http://www.gdambiental.com/>.

**Hossam A, G., Mohamed, A., & Ayoub, N. (2018).** Comparative study of MSW heat treatment processes and electricity generation. *Journal of the Energy institute*, 481-488. doi:<https://doi.org/10.1016/j.joei.2017.04.009>

**[https://ingemecanica.com/tutoriales/poder\\_calorifico.html](https://ingemecanica.com/tutoriales/poder_calorifico.html). (s.f.).**

**stituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación- ICONTEC. (20 de 05 de 2009).** Norma Técnica Colombiana GTC 24 . Gestión Ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente, Tercera actualización. Bogotá D.C.





**ICONTEC. (23 de 03 de 2011).** NORMA TECNICA COLOMBIANA 5167. PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA AGRÍCOLA. PRODUCTOS ORGÁNICOS USADOS COMO ABONOS O FERTILIZANTES Y ENMIENDAS O ACONDICIONADORES DE SUELO. Bogotá D.C. KUNITOSHI, S. (1998). Método Sencillo de Análisis de los Residuos Sólidos. . Lima: CEPIS-OPS.

**Kunitoshi, S. (10 de 12 de 2000).** Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Recuperado el 19 de 10 de 2018, de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>

**MINISTERIO DE ENERGIA DE CHILE / PNUD / FAO / GEF (2011).** MANUAL DE BIOGÁS. Santiago de Chile.

**Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (08 de Junio de 2017).** Resolución Número 0330. Bogotá D.C., Colombia.

**Moratorio, D., Rocco, I., & Castelli, M. (2012).** Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía. En Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica (Vol. 10, págs. 115-126). Montevideo. doi:1688-9584

**REPÚBLICA DE COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. (21 de Noviembre de 2016).** POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. Bogotá D.C.

**SOCYA. (06 de 03 de 2019).** <https://socya.org.co/>. Obtenido de <https://socya.org.co/servicios-de-economia-circular/>.

**Superintendencia de Servicios públicos Domiciliarios -Departamento Nacional de Planeación. (2017).** Informe nacional de Aprovechamiento . Bogotá D.C.

**SUPERINTENDENCIA DELEGADA PARA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO. DIRECCIÓN TÉCNICA DE GESTIÓN DE ASEO. (2018).** EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES - EMPRESAS VARIAS DE MEDELLIN S.A. E.S.P. Bogotá D.C.

**Universidad de Medellín. (2014).** INFORME FINAL - ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL SECTOR RESIDENCIAL Y NO RESIDENCIAL DEL MUNICIPIO DE MEDELLÍN Y SUS CINCO CORREGIMIENTOS. Medellín.

**Universidad de Sonora. (s.f.).** Universidad de Sonora- Departamento de Matemáticas- División de Ciencias Exactas y Naturales. Obtenido de <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf>

**www.epidemos.wordpress.com. (04 de 10 de 2012).** Obtenido de Epidemiología & estadística <https://epidemos.wordpress.com/2012/10/04/calculo-de-ponderaciones-enmuestreos-complejos-caso-simple/>

