



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Toluca

**“PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MANEJO INTEGRAL
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN UN MUNICIPIO
DEL ESTADO DE MÉXICO”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA
EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PRESENTA:
JULIETA PÉREZ VALDEZ
No. CONTROL:
MM22280268**

**DIRECTORA:
DRA. MARÍA DEL CONSUELO HERNÁNDEZ BERRIEL**

**CO-DIRECTORA:
DRA. MARÍA DEL CONSUELO MAÑÓN SALAS**

METEPEC, ESTADO DE MÉXICO, AGOSTO DEL 2024.

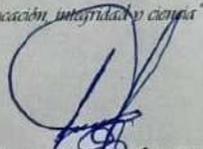
Metepec, Edo. de México, 14/junio/2024
DEPI-3200- 193/2024

JULIETA PÉREZ VALDEZ
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL
PRESENTE

De acuerdo con los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México y las disposiciones en este Instituto, habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora realizó con respecto a su Trabajo de Tesis titulado "PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN UN MUNICIPIO DEL ESTADO DE MÉXICO", la División de Estudios de Posgrado e Investigación de este Instituto, concede la Autorización para que proceda a la impresión del mismo.

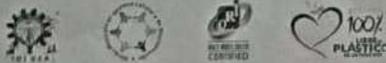
Sin más por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
"Educación, integridad y ciencia"



JOSÉ LUIS GARCÍA RIVAS
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN

ccp. Archivo
JLGR/EAH



Av. Tecnológico 378, Col. Agrícola Bellavista, Metepec, Edo. de México, C.P. 51141 Toluca.
Teléfono: 717 687303. PAGO. Arrendamiento: 0224097507, Subo. de Iluminación: 72-2627296, Celul.
Administrativa:



Metepec, Edo. de México, 14/junio/2024

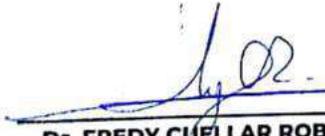
DR. JOSÉ LUIS GARCÍA RIVAS
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E

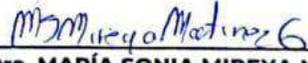
Por este medio comunicamos a usted que la comisión Revisora designada para analizar la tesis denominada "PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN UN MUNICIPIO DEL ESTADO DE MÉXICO", que como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Ambiental presenta el C. JULIETA PÉREZ VALDEZ con número de control MM22280268 para sustentar el acto de Recepción Profesional, ha dictaminado que dicho trabajo reúne las características de contenido y calidad para proceder a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE


Dra. MARÍA DEL CONSUELO HERNÁNDEZ
BÉRRIEL
DIRECTOR DE TESIS


Dra. MARÍA DEL CONSUELO MAÑÓN
SALAS
CODIRECTOR DE TESIS


Dr. FREDY CUÉLLAR ROBLES
REVISOR DE TESIS


Dra. MARÍA SONIA MIREYA MARTÍNEZ
GALLEGOS
REVISOR DE TESIS

ccp. Archivo
EAH



Av. de las Américas S/N, Col. Agrícola Bellavista, Metepec, Edo. de México, C.P. 72117 Tel.
5252-1001
7252-1002, 7252-1003, 7252-1004, 7252-1005, 7252-1006, 7252-1007, 7252-1008, 7252-1009, 7252-1010, 7252-1011, 7252-1012, 7252-1013, 7252-1014, 7252-1015, 7252-1016, 7252-1017, 7252-1018, 7252-1019, 7252-1020, 7252-1021, 7252-1022, 7252-1023, 7252-1024, 7252-1025, 7252-1026, 7252-1027, 7252-1028, 7252-1029, 7252-1030, 7252-1031, 7252-1032, 7252-1033, 7252-1034, 7252-1035, 7252-1036, 7252-1037, 7252-1038, 7252-1039, 7252-1040, 7252-1041, 7252-1042, 7252-1043, 7252-1044, 7252-1045, 7252-1046, 7252-1047, 7252-1048, 7252-1049, 7252-1050, 7252-1051, 7252-1052, 7252-1053, 7252-1054, 7252-1055, 7252-1056, 7252-1057, 7252-1058, 7252-1059, 7252-1060, 7252-1061, 7252-1062, 7252-1063, 7252-1064, 7252-1065, 7252-1066, 7252-1067, 7252-1068, 7252-1069, 7252-1070, 7252-1071, 7252-1072, 7252-1073, 7252-1074, 7252-1075, 7252-1076, 7252-1077, 7252-1078, 7252-1079, 7252-1080, 7252-1081, 7252-1082, 7252-1083, 7252-1084, 7252-1085, 7252-1086, 7252-1087, 7252-1088, 7252-1089, 7252-1090, 7252-1091, 7252-1092, 7252-1093, 7252-1094, 7252-1095, 7252-1096, 7252-1097, 7252-1098, 7252-1099, 7252-1100, 7252-1101, 7252-1102, 7252-1103, 7252-1104, 7252-1105, 7252-1106, 7252-1107, 7252-1108, 7252-1109, 7252-1110, 7252-1111, 7252-1112, 7252-1113, 7252-1114, 7252-1115, 7252-1116, 7252-1117, 7252-1118, 7252-1119, 7252-1120, 7252-1121, 7252-1122, 7252-1123, 7252-1124, 7252-1125, 7252-1126, 7252-1127, 7252-1128, 7252-1129, 7252-1130, 7252-1131, 7252-1132, 7252-1133, 7252-1134, 7252-1135, 7252-1136, 7252-1137, 7252-1138, 7252-1139, 7252-1140, 7252-1141, 7252-1142, 7252-1143, 7252-1144, 7252-1145, 7252-1146, 7252-1147, 7252-1148, 7252-1149, 7252-1150, 7252-1151, 7252-1152, 7252-1153, 7252-1154, 7252-1155, 7252-1156, 7252-1157, 7252-1158, 7252-1159, 7252-1160, 7252-1161, 7252-1162, 7252-1163, 7252-1164, 7252-1165, 7252-1166, 7252-1167, 7252-1168, 7252-1169, 7252-1170, 7252-1171, 7252-1172, 7252-1173, 7252-1174, 7252-1175, 7252-1176, 7252-1177, 7252-1178, 7252-1179, 7252-1180, 7252-1181, 7252-1182, 7252-1183, 7252-1184, 7252-1185, 7252-1186, 7252-1187, 7252-1188, 7252-1189, 7252-1190, 7252-1191, 7252-1192, 7252-1193, 7252-1194, 7252-1195, 7252-1196, 7252-1197, 7252-1198, 7252-1199, 7252-1200, 7252-1201, 7252-1202, 7252-1203, 7252-1204, 7252-1205, 7252-1206, 7252-1207, 7252-1208, 7252-1209, 7252-1210, 7252-1211, 7252-1212, 7252-1213, 7252-1214, 7252-1215, 7252-1216, 7252-1217, 7252-1218, 7252-1219, 7252-1220, 7252-1221, 7252-1222, 7252-1223, 7252-1224, 7252-1225, 7252-1226, 7252-1227, 7252-1228, 7252-1229, 7252-1230, 7252-1231, 7252-1232, 7252-1233, 7252-1234, 7252-1235, 7252-1236, 7252-1237, 7252-1238, 7252-1239, 7252-1240, 7252-1241, 7252-1242, 7252-1243, 7252-1244, 7252-1245, 7252-1246, 7252-1247, 7252-1248, 7252-1249, 7252-1250, 7252-1251, 7252-1252, 7252-1253, 7252-1254, 7252-1255, 7252-1256, 7252-1257, 7252-1258, 7252-1259, 7252-1260, 7252-1261, 7252-1262, 7252-1263, 7252-1264, 7252-1265, 7252-1266, 7252-1267, 7252-1268, 7252-1269, 7252-1270, 7252-1271, 7252-1272, 7252-1273, 7252-1274, 7252-1275, 7252-1276, 7252-1277, 7252-1278, 7252-1279, 7252-1280, 7252-1281, 7252-1282, 7252-1283, 7252-1284, 7252-1285, 7252-1286, 7252-1287, 7252-1288, 7252-1289, 7252-1290, 7252-1291, 7252-1292, 7252-1293, 7252-1294, 7252-1295, 7252-1296, 7252-1297, 7252-1298, 7252-1299, 7252-1300, 7252-1301, 7252-1302, 7252-1303, 7252-1304, 7252-1305, 7252-1306, 7252-1307, 7252-1308, 7252-1309, 7252-1310, 7252-1311, 7252-1312, 7252-1313, 7252-1314, 7252-1315, 7252-1316, 7252-1317, 7252-1318, 7252-1319, 7252-1320, 7252-1321, 7252-1322, 7252-1323, 7252-1324, 7252-1325, 7252-1326, 7252-1327, 7252-1328, 7252-1329, 7252-1330, 7252-1331, 7252-1332, 7252-1333, 7252-1334, 7252-1335, 7252-1336, 7252-1337, 7252-1338, 7252-1339, 7252-1340, 7252-1341, 7252-1342, 7252-1343, 7252-1344, 7252-1345, 7252-1346, 7252-1347, 7252-1348, 7252-1349, 7252-1350, 7252-1351, 7252-1352, 7252-1353, 7252-1354, 7252-1355, 7252-1356, 7252-1357, 7252-1358, 7252-1359, 7252-1360, 7252-1361, 7252-1362, 7252-1363, 7252-1364, 7252-1365, 7252-1366, 7252-1367, 7252-1368, 7252-1369, 7252-1370, 7252-1371, 7252-1372, 7252-1373, 7252-1374, 7252-1375, 7252-1376, 7252-1377, 7252-1378, 7252-1379, 7252-1380, 7252-1381, 7252-1382, 7252-1383, 7252-1384, 7252-1385, 7252-1386, 7252-1387, 7252-1388, 7252-1389, 7252-1390, 7252-1391, 7252-1392, 7252-1393, 7252-1394, 7252-1395, 7252-1396, 7252-1397, 7252-1398, 7252-1399, 7252-1400, 7252-1401, 7252-1402, 7252-1403, 7252-1404, 7252-1405, 7252-1406, 7252-1407, 7252-1408, 7252-1409, 7252-1410, 7252-1411, 7252-1412, 7252-1413, 7252-1414, 7252-1415, 7252-1416, 7252-1417, 7252-1418, 7252-1419, 7252-1420, 7252-1421, 7252-1422, 7252-1423, 7252-1424, 7252-1425, 7252-1426, 7252-1427, 7252-1428, 7252-1429, 7252-1430, 7252-1431, 7252-1432, 7252-1433, 7252-1434, 7252-1435, 7252-1436, 7252-1437, 7252-1438, 7252-1439, 7252-1440, 7252-1441, 7252-1442, 7252-1443, 7252-1444, 7252-1445, 7252-1446, 7252-1447, 7252-1448, 7252-1449, 7252-1450, 7252-1451, 7252-1452, 7252-1453, 7252-1454, 7252-1455, 7252-1456, 7252-1457, 7252-1458, 7252-1459, 7252-1460, 7252-1461, 7252-1462, 7252-1463, 7252-1464, 7252-1465, 7252-1466, 7252-1467, 7252-1468, 7252-1469, 7252-1470, 7252-1471, 7252-1472, 7252-1473, 7252-1474, 7252-1475, 7252-1476, 7252-1477, 7252-1478, 7252-1479, 7252-1480, 7252-1481, 7252-1482, 7252-1483, 7252-1484, 7252-1485, 7252-1486, 7252-1487, 7252-1488, 7252-1489, 7252-1490, 7252-1491, 7252-1492, 7252-1493, 7252-1494, 7252-1495, 7252-1496, 7252-1497, 7252-1498, 7252-1499, 7252-1500, 7252-1501, 7252-1502, 7252-1503, 7252-1504, 7252-1505, 7252-1506, 7252-1507, 7252-1508, 7252-1509, 7252-1510, 7252-1511, 7252-1512, 7252-1513, 7252-1514, 7252-1515, 7252-1516, 7252-1517, 7252-1518, 7252-1519, 7252-1520, 7252-1521, 7252-1522, 7252-1523, 7252-1524, 7252-1525, 7252-1526, 7252-1527, 7252-1528, 7252-1529, 7252-1530, 7252-1531, 7252-1532, 7252-1533, 7252-1534, 7252-1535, 7252-1536, 7252-1537, 7252-1538, 7252-1539, 7252-1540, 7252-1541, 7252-1542, 7252-1543, 7252-1544, 7252-1545, 7252-1546, 7252-1547, 7252-1548, 7252-1549, 7252-1550, 7252-1551, 7252-1552, 7252-1553, 7252-1554, 7252-1555, 7252-1556, 7252-1557, 7252-1558, 7252-1559, 7252-1560, 7252-1561, 7252-1562, 7252-1563, 7252-1564, 7252-1565, 7252-1566, 7252-1567, 7252-1568, 7252-1569, 7252-1570, 7252-1571, 7252-1572, 7252-1573, 7252-1574, 7252-1575, 7252-1576, 7252-1577, 7252-1578, 7252-1579, 7252-1580, 7252-1581, 7252-1582, 7252-1583, 7252-1584, 7252-1585, 7252-1586, 7252-1587, 7252-1588, 7252-1589, 7252-1590, 7252-1591, 7252-1592, 7252-1593, 7252-1594, 7252-1595, 7252-1596, 7252-1597, 7252-1598, 7252-1599, 7252-1600, 7252-1601, 7252-1602, 7252-1603, 7252-1604, 7252-1605, 7252-1606, 7252-1607, 7252-1608, 7252-1609, 7252-1610, 7252-1611, 7252-1612, 7252-1613, 7252-1614, 7252-1615, 7252-1616, 7252-1617, 7252-1618, 7252-1619, 7252-1620, 7252-1621, 7252-1622, 7252-1623, 7252-1624, 7252-1625, 7252-1626, 7252-1627, 7252-1628, 7252-1629, 7252-1630, 7252-1631, 7252-1632, 7252-1633, 7252-1634, 7252-1635, 7252-1636, 7252-1637, 7252-1638, 7252-1639, 7252-1640, 7252-1641, 7252-1642, 7252-1643, 7252-1644, 7252-1645, 7252-1646, 7252-1647, 7252-1648, 7252-1649, 7252-1650, 7252-1651, 7252-1652, 7252-1653, 7252-1654, 7252-1655, 7252-1656, 7252-1657, 7252-1658, 7252-1659, 7252-1660, 7252-1661, 7252-1662, 7252-1663, 7252-1664, 7252-1665, 7252-1666, 7252-1667, 7252-1668, 7252-1669, 7252-1670, 7252-1671, 7252-1672, 7252-1673, 7252-1674, 7252-1675, 7252-1676, 7252-1677, 7252-1678, 7252-1679, 7252-1680, 7252-1681, 7252-1682, 7252-1683, 7252-1684, 7252-1685, 7252-1686, 7252-1687, 7252-1688, 7252-1689, 7252-1690, 7252-1691, 7252-1692, 7252-1693, 7252-1694, 7252-1695, 7252-1696, 7252-1697, 7252-1698, 7252-1699, 7252-1700, 7252-1701, 7252-1702, 7252-1703, 7252-1704, 7252-1705, 7252-1706, 7252-1707, 7252-1708, 7252-1709, 7252-1710, 7252-1711, 7252-1712, 7252-1713, 7252-1714, 7252-1715, 7252-1716, 7252-1717, 7252-1718, 7252-1719, 7252-1720, 7252-1721, 7252-1722, 7252-1723, 7252-1724, 7252-1725, 7252-1726, 7252-1727, 7252-1728, 7252-1729, 7252-1730, 7252-1731, 7252-1732, 7252-1733, 7252-1734, 7252-1735, 7252-1736, 7252-1737, 7252-1738, 7252-1739, 7252-1740, 7252-1741, 7252-1742, 7252-1743, 7252-1744, 7252-1745, 7252-1746, 7252-1747, 7252-1748, 7252-1749, 7252-1750, 7252-1751, 7252-1752, 7252-1753, 7252-1754, 7252-1755, 7252-1756, 7252-1757, 7252-1758, 7252-1759, 7252-1760, 7252-1761, 7252-1762, 7252-1763, 7252-1764, 7252-1765, 7252-1766, 7252-1767, 7252-1768, 7252-1769, 7252-1770, 7252-1771, 7252-1772, 7252-1773, 7252-1774, 7252-1775, 7252-1776, 7252-1777, 7252-1778, 7252-1779, 7252-1780, 7252-1781, 7252-1782, 7252-1783, 7252-1784, 7252-1785, 7252-1786, 7252-1787, 7252-1788, 7252-1789, 7252-1790, 7252-1791, 7252-1792, 7252-1793, 7252-1794, 7252-1795, 7252-1796, 7252-1797, 7252-1798, 7252-1799, 7252-1800, 7252-1801, 7252-1802, 7252-1803, 7252-1804, 7252-1805, 7252-1806, 7252-1807, 7252-1808, 7252-1809, 7252-1810, 7252-1811, 7252-1812, 7252-1813, 7252-1814, 7252-1815, 7252-1816, 7252-1817, 7252-1818, 7252-1819, 7252-1820, 7252-1821, 7252-1822, 7252-1823, 7252-1824, 7252-1825, 7252-1826, 7252-1827, 7252-1828, 7252-1829, 7252-1830, 7252-1831, 7252-1832, 7252-1833, 7252-1834, 7252-1835, 7252-1836, 7252-1837, 7252-1838, 7252-1839, 7252-1840, 7252-1841, 7252-1842, 7252-1843, 7252-1844, 7252-1845, 7252-1846, 7252-1847, 7252-1848, 7252-1849, 7252-1850, 7252-1851, 7252-1852, 7252-1853, 7252-1854, 7252-1855, 7252-1856, 7252-1857, 7252-1858, 7252-1859, 7252-1860, 7252-1861, 7252-1862, 7252-1863, 7252-1864, 7252-1865, 7252-1866, 7252-1867, 7252-1868, 7252-1869, 7252-1870, 7252-1871, 7252-1872, 7252-1873, 7252-1874, 7252-1875, 7252-1876, 7252-1877, 7252-1878, 7252-1879, 7252-1880, 7252-1881, 7252-1882, 7252-1883, 7252-1884, 7252-1885, 7252-1886, 7252-1887, 7252-1888, 7252-1889, 7252-1890, 7252-1891, 7252-1892, 7252-1893, 7252-1894, 7252-1895, 7252-1896, 7252-1897, 7252-1898, 7252-1899, 7252-1900, 7252-1901, 7252-1902, 7252-1903, 7252-1904, 7252-1905, 7252-1906, 7252-1907, 7252-1908, 7252-1909, 7252-1910, 7252-1911, 7252-1912, 7252-1913, 7252-1914, 7252-1915, 7252-1916, 7252-1917, 7252-1918, 7252-1919, 7252-1920, 7252-1921, 7252-1922, 7252-1923, 7252-1924, 7252-1925, 7252-1926, 7252-1927, 7252-1928, 7252-1929, 7252-1930, 7252-1931, 7252-1932, 7252-1933, 7252-1934, 7252-1935, 7252-1936, 7252-1937, 7252-1938, 7252-1939, 7252-1940, 7252-1941, 7252-1942, 7252-1943, 7252-1944, 7252-1945, 7252-1946, 7252-1947, 7252-1948, 7252-1949, 7252-1950, 7252-1951, 7252-1952, 7252-1953, 7252-1954, 7252-1955, 7252-1956, 7252-1957, 7252-1958, 7252-1959, 7252-1960, 7252-1961, 7252-1962, 7252-1963, 7252-1964, 7252-1965, 7252-1966, 7252-1967, 7252-1968, 7252-1969, 7252-1970, 7252-1971, 7252-1972, 7252-1973, 7252-1974, 7252-1975, 7252-1976, 7252-1977, 7252-1978, 7252-1979, 7252-1980, 7252-1981, 7252-1982, 7252-1983, 7252-1984, 7252-1985, 7252-1986, 7252-1987, 7252-1988, 7252-1989, 7252-1990, 7252-1991, 7252-1992, 7252-1993, 7252-1994, 7252-1995, 7252-1996, 7252-1997, 7252-1998, 7252-1999, 7252-2000, 7252-2001, 7252-2002, 7252-2003, 7252-2004, 7252-2005, 7252-2006, 7252-2007, 7252-2008, 7252-2009, 72

Metepec, Estado de México a 07 de Agosto de 2024.

Asunto: Fe versión final Tesis

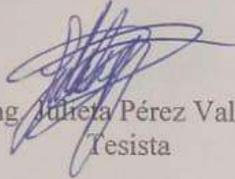
DR. FRANCISCO JAVIER ILLESCAS MARTÍNEZ,
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

Anteponiendo un cordial saludo, los abajo firmantes DAMOS FE que el archivo "Tesis_Julieta_Pérez_Valdez", es la versión final de la Tesis de la Ing. Julieta Pérez Valdez, con número de control M22280268, que desarrolló como proyecto de investigación en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental.

Atentamente


Dra. María del Consuelo Hernández Berriel
Directora de Tesis


Dra. María del Consuelo Mañón Salas
Co-directora de Tesis


Ing. Julieta Pérez Valdez
Tesisista

c.c.p. Expediente de la alumna en Coordinación de la MCIA


Recibí

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México, al Instituto Tecnológico de Toluca, y al Posgrado de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería Ambiental, por abrirme sus puertas.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT) por otorgarme una beca como estudiante de maestría.

A mis directora y co-directora de tesis, Dra. María del Consuelo Hernández Berriel, Dra. María del Consuelo Mañón Salas, respectivamente; de quienes aprendí muchas cosas bajo su tutela, tanto en el aspecto académico como en el personal, pero por sobre todo gracias por tanta paciencia, les deseo lo mejor. A la Dra. María Sonia Mireya Martínez Gallegos, al Dr. Fredy Cuellar Robles, al Dr. Isaías de la Rosa Gómez y a la doctora María de la Luz Jiménez Núñez; gracias por todo su apoyo.

A la empresa Constructora y Operadora de Rellenos Sanitarios S.A. de C.V., que tiene a su cargo el Relleno Sanitario de Tenango del Valle, Estado de México; por la buena disposición para la realización del estudio de composición y por todas las facilidades proporcionadas.

Al equipo de trabajo del Laboratorio de pruebas piloto del Laboratorio en Investigación de Ingeniería Ambiental: Karen, Abraham, Giss, Edgar, Eloy y Salvador; por todo el apoyo, risas y consejos a lo largo de esta gran aventura.

A mi primer amor. Abuelita Arcadia. Esforzarme hasta obtener una versión de mi todos los días, es mi ofrenda para tu recuerdo. Te hice una promesa la última vez que nos vimos, espero que estés tan orgullosa como yo de ver la mujer en la que me convertí. No hay un solo día que no te extrañe. Un beso y un abrazo hasta el cielo.

A los pilares de mi vida, mis dos motores y modelos a seguir, mis padres. Gracias por siempre creer en mí, por cuidarme y amarme tanto. Me han dado todo, ahora me toca darles. Un honor poder honrarlos de esta manera y sobre todo ser su hija.

A Saahy, mi flaco precioso. Eres mi mejor amigo, mi cómplice, mi compañero... Tienes mi corazón, me haces tan feliz... "Y llegaste tú". Te amo.

Shine on you crazy diamond.

RESUMEN

La tendencia en los hábitos de consumo en la ciudadanía y su posterior generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) han generado serios problemas de contaminación en las tres matrices ambientales: aire, agua y suelo. Una de las soluciones es el Manejo Integral de RSU (MIRSU), que comprende procesos que van “De la cuna a la tumba”, donde se prioriza la reducción en la fuente y la valorización de aquellos residuos con potencial de reciclaje. El objetivo del presente trabajo fue elaborar una propuesta sustentable de mejora para el MIRSU en un municipio del Estado de México. Se investigó sobre los RSU, su generación, composición y valorizables; posteriormente se buscó información tanto de la Gestión Integral de los RSU (GIRSU) como el MIRSU y la Economía Circular (EC). Se propuso como áreas de estudio a los municipios de Metepec, Calimaya y Tenango del Valle, a los cuales se les realizó el diagnóstico de su GIRSU con ayuda de sus Bandos Municipales (BM), Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU), la aplicación de Cédulas de Entrevista (CE) y normatividad. Con base en esto se elaboraron propuestas para la comercialización de los residuos valorizables y la presentación de alternativas.

Debido a que no fue posible cuantificar y caracterizar los RSU en los tres municipios mencionados, se hizo uso de información documental y se estimaron los ingresos por venta de valorizables para cada municipio. Para Metepec se estimaron ganancias de \$1,074,077.00 (Un millón setenta y cuatro mil setenta y siete pesos 00/100 MN) por semana, destacando el PET con \$680,400.00 (Seiscientos ochenta mil cuatrocientos pesos 00/100 MN). En Calimaya los ingresos calculados fueron de \$4,781.00 (Cuatro mil setecientos ochenta y uno con setenta pesos 00/100 MN) por semana y para Tenango del Valle se estimaron ganancias por \$114,459.00 (Ciento catorce mil cuatrocientos cincuenta y nueve pesos 00/100 MN). Las administraciones deben promover la formalización de los Centros de Acopio (CA), elaborar un inventario e incorporarlo a sus BM y PMDU. Así mismo, se detectaron áreas de oportunidad en la entrega de sus RSU, para que, mediante la implementación de recompensas y sanciones, se incentive a la ciudadanía para entregar sus RSU separados.

ABSTRACT

The trend in citizens' consumption habits and the subsequent generation of Urban Solid Waste (USW) have generated serious contamination problems in the three environmental matrices: air, water and soil. One of the solutions is the Integrated Management of MSW (MIRSU), which includes processes that go "from the cradle to the grave", where priority is given to the reduction at the source and the valorization of those wastes with recycling potential. The objective of the present work was to elaborate a sustainable improvement proposal for the MIRSU in a municipality of the State of Mexico. Research was conducted on MSW, its generation, composition and recoverability; subsequently, information was sought on Integrated MSW Management (ISWM), MIRSU and the Circular Economy (CE). The municipalities of Metepec, Calimaya and Tenango del Valle were proposed as study areas, and a diagnosis of their ISWM was made with the help of their Municipal Bylaws (BM), Municipal Urban Development Plans (PMDU), the application of Interview Forms (CE) and regulations. Based on this, proposals for the commercialization of recoverable waste and the presentation of alternatives were elaborated.

Since it was not possible to quantify and characterize the MSW in the three municipalities mentioned, documentary information was used and the income from the sale of recoverable waste was estimated for each municipality. For Metepec, revenues were estimated at \$1,074,077.00 (One million seventy-four thousand seventy-seven hundred pesos 00/100 MN) per week, with PET standing out with \$680,400.00 (Six hundred eighty thousand four hundred pesos 00/100 MN). In Calimaya the calculated income was \$4,781.00 (Four thousand seven hundred eighty-one and seventy-one pesos 00/100 MN) per week and for Tenango del Valle the estimated income was \$114,459.00 (One hundred fourteen thousand four hundred fifty-nine pesos 00/100 MN). The administrations should promote the formalization of the Collection Centers (CA), prepare an inventory and incorporate it into their BM and PMDU. Likewise, areas of opportunity were detected in the delivery of their MSW, so that, through the implementation of rewards and sanctions, citizens are encouraged to deliver their separated MSW.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| RESUMEN..... | i |
| ABSTRACT | ii |
| ÍNDICE | iii |
| INDICE DE TABLAS..... | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vi |
| GLOSARIO..... | ix |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1. FUNDAMENTOS..... | 3 |
| 1.1 ANTECEDENTES..... | 3 |
| 1.2 MARCO TEÓRICO | 6 |
| 1.2.1 Residuos..... | 6 |
| 1.2.2 Generación de Residuos Sólidos Urbanos | 8 |
| 1.2.3 Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos | 8 |
| 1.3 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS | 2 |
| 1.3.1 Programas para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos | 4 |
| 1.3.2 Servicios Públicos | 4 |
| 1.4 MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS | 5 |
| 1.4.1 Programa para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos | 6 |
| 1.4.2 Generación | 7 |
| 1.4.3 Recolección | 8 |
| 1.4.4 Transporte..... | 8 |
| 1.4.5 Tratamiento..... | 9 |
| 1.4.6 Disposición Final..... | 9 |
| 1.5 ECONOMÍA CIRCULAR..... | 10 |
| 1.6 RESIDUOS VALORIZABLES..... | 12 |
| 1.6.1 Técnicas de valorización..... | 13 |
| 1.6.2 Centros de Acopio..... | 14 |
| 2. MÉTODO..... | 17 |
| 2.1 SELECCIÓN DEL MUNICIPIO..... | 17 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| 2.2 DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS | 18 |
| 2.2.1 Generación y composición de los residuos sólidos urbanos..... | 19 |
| 2.2.2 Sistema de recolección | 21 |
| 2.2.3 Sistema de aprovechamiento..... | 21 |
| 2.2.4 Disposición final | 21 |
| Se recabo información documental y se hizo uso de:..... | 21 |
| 2.3 APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS VALORIZABLES | 22 |
| 2.4 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS | 22 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 23 |
| 3.1 SELECCIÓN DEL MUNICIPIO..... | 23 |
| 3.2 DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS..... | 25 |
| 3.2.1 Metepec | 25 |
| 3.2.2 Calimaya | 32 |
| 3.3.3 Tenango del Valle | 42 |
| 3.3 APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS VALORIZABLES | 46 |
| 3.3.1 Residuos valorizables en Metepec..... | 48 |
| 3.3.2 Residuos valorizables en Calimaya..... | 49 |
| 3.3.3 Residuos valorizables en Tenango del Valle..... | 50 |
| 3.4 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS | 52 |
| 3.4.1 Metepec | 52 |
| 3.4.2 Calimaya | 53 |
| 3.2.3 Tenango del Valle | 55 |
| CONCLUSIONES..... | 58 |
| REFERENCIAS | 60 |
| ANEXOS..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| ANEXO A. CE-1 ENFOCADO A LA CIUDADANÍA | ¡Error! Marcador no definido. |
| ANEXO B. CE-2 ENFOCADA A TOMADORES DE DECISIÓN..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| ANEXO C. OFICIOS PARA LA GESTIÓN..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| ANEXO D. PRESUPUESTO PARA ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN | ¡Error! Marcador no definido. |

ANEXO E. ARCHIVO FOTOGRÁFICO ¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-------------------------------|
| Tabla 1.1 Clasificación de los residuos por fuente de generación..... | 7 |
| Tabla 1.2 Clasificación de los RSU por grado de aprovechamiento..... | 7 |
| Tabla 1.3 Generación per cápita en México | 9 |
| Tabla 1.4 Composición de los RSU en subproductos | 1 |
| Tabla 1.5 Empresas recicladoras a nivel internacional..... | 15 |
| Tabla 1.6 Base de datos de empresas recicladoras en el Estado de México..... | 16 |
| | |
| Tabla 3.1 Criterios del buen funcionamiento municipal | 24 |
| Tabla 3.2 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos para Metepec | 27 |
| Tabla 3.3 Ruteo en Metepec | 28 |
| Tabla 3.4 Generación a la semana de RSU | 35 |
| Tabla 3.5 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos en el RESA Tenango del Valle | 43 |
| Tabla 3.6 Centros de Acopio en el Estado de México | 46 |
| Tabla 3.7 Estimaciones por venta de valorizables para Metepec..... | 49 |
| Tabla 3.8 Estimaciones por venta de valorizables para Calimaya..... | 50 |
| Tabla 3.9 Estimaciones por venta de valorizables en celda para Tenango del Valle | 51 |
| | |
| Tabla D.1 Presupuesto CE | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla D.2 Presupuesto ruteo..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla D.3 Presupuesto herramientas | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla D.4 Presupuesto recursos | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Composición de RSU en el Estado de México. a) Susceptibles de aprovechamiento, b) Orgánicos, c) Otros | 1 |
| Figura 1.2 Hoja de registro | 1 |
| Figura 1.3 Jerarquía de legislación mexicana en materia de RSU | 2 |
| Figura 1.4 Esquema de la GIRSU | 3 |
| Figura 1.5 Esquema para la creación de la GIRSU | 3 |
| Figura 1.6 Diagrama MIRSU | 6 |
| Figura 1.7 Esquema de los modelos económicos lineales y circulares | 10 |
| Figura 1.8 Jerarquía de los RSU en la economía circular. | 11 |
| Figura 1.9 Clasificación de valorizables. | 13 |
| | |
| Figura 2.1 Diagrama del método | 17 |
| Figura 2.2 Diagrama de la NMX-AA-061-1985 | 19 |
| Figura 2.3 Diagrama de la NMX-AA-015-1985 | 19 |
| Figura 2.4 Diagrama de la NMX-AA-019-1985 | 20 |
| Figura 2.5 Diagrama de la NMX-AA-022-1985 | 20 |
| | |
| Figura 3.1 Extracto ejemplo de base de datos con información | 23 |
| Figura 3.2 Existencia de PMPGIRSU: a) DBGIR b) Publicaciones en la web | 24 |
| Figura 3.3 Presentación a) Expositores y b) Directivos | 26 |
| Figura 3.4 Camión recolector en el Municipio de Metepec | 28 |
| Figura 3.5 Ubicación de "El Socavón" | 30 |
| Figura 3.6 Histórico de "El Socavón a) Enero-2006 b) Junio-2023 | 30 |
| Figura 3.7 "El Socavón" | 31 |
| Figura 3.8 Distancia entre Metepec y RESA San Antonio la Isla..... | 31 |
| Figura 3.9 Áreas muestreadas en el fraccionamiento CUHF | 34 |
| Figura 3.10 Encuestados por género | 34 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| Figura 3.11 Grado de estudios | 34 |
| Figura 3.12 Actividad principal..... | 35 |
| Figura 3.13 Destino de los RSU generados | 35 |
| Figura 3.14 Residentes que separan sus RSU..... | 36 |
| Figura 3.15 Residentes que consideran adecuada la recolección de los RSU | 36 |
| Figura 3.16 Conocimiento de empresas..... | 37 |
| Figura 3.17 Asistencia a cursos o capacitaciones | 37 |
| Figura 3.18 Disposición a participar en un estudio de caracterización | 38 |
| Figura 3.19 Ocupación de los entrevistados..... | 39 |
| Figura 3.20 Croquis interno CUHF | 40 |
| Figura 3.21 Centro de acopio temporal en CUHF, Calimaya | 40 |
| Figura 3.22 Ubicación del basurero en Calimaya | 41 |
| Figura 3.23 Histórico de tiradero clandestino en Calimaya | |
| a) Diciembre-2013 b) Junio-2023 | 42 |
| Figura 3.24 Ubicación del RESA en Tenango del Valle | 45 |
| Figura 3.25 Histórico RESA en Tenango del Valle | 45 |
| Figura 3.26 Municipios del Estado de México | 47 |
| Figura 3.27 Valorizables recibidos en Centros de Acopio | |
| a) DBGIR, 2020 b) ANRSU, 2022 | 47 |
| | |
| Figura C.1 Solicitud de reunión con autoridades del Municipio de Metepec | ¡Error! Marcador no definido. |
| | |
| Figura C.2 Solicitud de reunión con autoridades del Municipio de Calimaya | ¡Error! Marcador no definido. |
| | |
| Figura C.3 Solicitud de apertura al CUHF, Calimaya | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura C.4 Autorización CUHF, Calimaya | ¡Error! Marcador no definido. |
| | |
| Figura E.1 Inspección de la maquinaria RESA Tenango del Valle | ¡Error! Marcador no definido. |
| | |
| Figura E.2 Área de acopio para valorizables CUHF Calimaya | ¡Error! Marcador no definido. |
| | |
| Figura E.3 Compactador pata de cabra..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura E.4 Compactador pata de cabra operando..... | ¡Error! Marcador no definido. |

Figura E.5 Laguna de lixiviados..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.6 Recopilación de información con recolectores primarios¡Error! Marcador no definido.

Figura E.7 Equipo de trabajo RESA Tenango del Valle ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.8 Homogenización muestra de RSU ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.9 Registro de pesajes de RSU ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.10 Método de cuarteo inicial ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.11 Método de cuarteo final..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.12 Camión recolector depositando en la celda ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.13 Maquinaria en área de mantenimiento ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.14 Retroexcavadora en operación ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.15 Caracterización de RSU..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.16 Limpia del área de trabajo..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.17 Camión tipo transfer ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.18 Pozo de biogás ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.19 Parsinas con valorizables ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.20 Georreferencia del pozo de biogás ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.21 Condómino depositando sus RSU en el CA temporal¡Error! Marcador no definido.

Figura E.22 CA temporal ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.23 Madrigueras de roedores en CUHF Calimaya .. ¡Error! Marcador no definido.

Figura E.24 Camión recolector Tenango del Valle ¡Error! Marcador no definido.

GLOSARIO

| | |
|--|-----------|
| Residuos Sólidos Urbanos | RSU |
| Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos | MIRSU |
| Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos | DBGIR |
| Estado de México | Edo. Mex. |
| Economía Circular | EC |
| Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos | LGPGIR |
| Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos | GIRSU |
| Cédula de Entrevista | CE |
| Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias | CRIM |
| Universidad Nacional Autónoma de México | UNAM |
| Residuos de Manejo Especial | RME |
| Residuos Peligrosos | RP |
| Sitio de Disposición Final | SDF |
| Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales | SEMARNAT |
| Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático | INECC |
| Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos | ANRSU |
| Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos | FORSU |
| Plan Nacional para la Gestión Integral de los Residuos | PNPGIR |
| Norma Oficial Mexicana | NOM |
| Norma Mexicana | NMX |
| Diario Oficial de la Federación | DOF |
| Ley General de Economía Circular | LGEC |
| Relleno Sanitario | RESA |
| Tiradero a Cielo Abierto | TCA |
| Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática | INEGI |
| Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal | INAFED |
| Bando Municipal | BM |
| Plan Municipal de Desarrollo Urbano | PMDU |

| | |
|--|----------|
| Plan Municipal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos | PMPGIRSU |
| Conjunto Urbano Hacienda de las Fuentes | CUHF |
| Sistema Integral de Residuos del Estado de México | SIREM |
| Centro Integral de Revalorización de Residuos Sólidos Urbanos | CIRRSU |

INTRODUCCIÓN

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se generan a partir del consumo de productos o satisfactores en casas-habitación o establecimientos, que son desechados y ya cumplieron su función temporal (SEMARNAT, 2003). Estos se ven asociados a la creación de impactos negativos a la salud y ambiente debido a un ineficiente Manejo Integral de RSU (MIRSU). Entre la composición de estos residuos existe un porcentaje con características valorizables (susceptibles de recuperación, reúso y/o reciclaje) (CEPAL, 2019).

El Banco Mundial reportó que la generación de RSU a nivel internacional en el 2018 fue de 242 millones de t, destacando Asia y el Pacífico con 23 % y se espera que para el 2050 se incremente en un 70 % (Kaza *et al.*, 2018). En México, la generación de RSU en este año fue de 120,128 millones de t y de acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGIR), los estados que más generaron fueron el Estado de México (Edo. Mex.) con 16,739 t/día; Ciudad de México (9,552 t/día) y Jalisco (7,961 t/día) (SEMARNAT e INECC, 2020).

Aunado a esta problemática, se tiene la escasa participación social dentro de una correcta segregación de RSU que facilite la valorización y su posterior reciclaje, lo cual ha generado preocupación entre tomadores de decisión y principales actores involucrados por lo que se han buscado soluciones sostenibles, en donde se perciban a los RSU como materia prima a fin de incorporarlos a procesos productivos y promover la Economía Circular (EC), la cual establece que es un modelo de producción y consumo que implica reutilizar, renovar y reciclar materiales o productos existentes generándoles un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende (Piñar, 2018; UE, 2023).

Así mismo la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) establece en su Artículo 8 que “Es responsabilidad de los municipios hacerse cargo del MIRSU dentro de sus delimitaciones territoriales por medio de diversos instrumentos de gestión” donde se considere como punto medular la visión que nos ofrece la EC (DOF, 2004). Conforme a lo anterior, el objetivo de este trabajo es elaborar una propuesta de mejora para el MIRSU de un municipio del Edo. Mex.

La primera parte de esta investigación trata sobre los fundamentos, en donde se define a los RSU, su generación, caracterización, los elementos que conforman una correcta Gestión Integral de los RSU (GIRSU) donde se involucra directamente el MIRSU y las etapas operativas que lo conforman; así como los temas de EC y residuos valorizables.

En la segunda parte se describen las cuatro etapas de la metodología para alcanzar los objetivos establecidos. La tercera parte comprende los resultados obtenidos en cada uno de los pasos, complementándolos con tablas, gráficos, figuras y diagramas; culminando con conclusiones, fuentes consultadas y anexos.

1. FUNDAMENTOS

Los principales tomadores de decisión y activistas a lo largo del mundo han externalizado su preocupación por tener un desarrollo sostenible, esto ha quedado plasmado en la Agenda 2030 donde se instituye que la gestión del medio urbano y rural es medular para la calidad de vida de los habitantes de una localidad y resaltan la importancia de la reducción de la contaminación mediante una adecuada GIRSU dentro del cual se consideran aspectos tanto de logística como de gobernanza y operacionales, en este último se lleva a cabo el MIRSU (ONU, 2015; ONU 2023).

Las técnicas empleadas en un MIRSU se han ido puliendo con el paso de los años, si bien todavía queda mucho por hacer, tanto gobierno, empresas y ciudadanía deben enfocarse a buscar estrategias que rindan beneficios ambientales, sociales, políticos y económicos. Por ello es importante que los actores involucrados en el MIRSU de su localidad estén realizando evaluaciones periódicas por medio de diagnósticos y estudios normados a sus etapas operativas buscando su mejora por medio de propuestas. A continuación, se abordarán temas clave para la elaboración de propuestas de mejora para el MIRSU en un municipio del Edo. Mex.

1.1 ANTECEDENTES

Para comprender la importancia de llevar a cabo un adecuado MIRSU y sus beneficios tanto al ambiente como a la salud humana, es indispensable conocer e identificar su funcionamiento a través de un diagnóstico, recopilación de información en fuentes primarias y secundarias, así como estudios de generación y caracterización de RSU. Posterior a ello y con base a las áreas de oportunidad detectadas se deben de elaborar propuestas de mejora a su MIRSU en pro de la EC y la sostenibilidad donde perciben a los RSU como un potencial recurso y no un problema de contaminación.

La EC representa una alternativa viable para países, gobiernos, academia y sociedad para convertir flujos de materiales y energía en flujos circulares con la finalidad de alcanzar beneficios sostenibles. Países como Japón y Suiza son pioneros en llevar a cabo un adecuado MIRSU, donde el objetivo principal en sus administraciones es la reducción de RSU destinados a disposición final por medio distintos métodos como lo son el acopio temporal segregado desde la fuente de generación y diversas técnicas de valorización, donde destacan la incorporación de estos residuos como materia prima a otros procesos, termo valorización y composteo (García, 2021; Clerc *et al.*, 2021).

Cavallin (2019), elaboró en Cataluña, España un análisis de la eficiencia en la GIRSU y elaboración de propuestas de mejora, donde los resultados muestran que se requiere de una extensión en la capacidad actual del parque vehicular para migrar a un sistema actualizado por contenedores.

Aica (2022), publicó el documento “Mejora en la gestión de los residuos sólidos en el distrito de Andahuaylillas, Provincia de Quispicanchi, Cusco”, basado en la economía circular donde se identificó que son factibles tanto la elaboración como su implementación para propuestas de mejora, destacando principalmente a los biodigestores debido a que estos tienen una vida útil mínima de 10 años, mismos en los que se ahorrará en términos energéticos y se producirán fertilizantes como el biol y biosol.

Tapia-Medrano (2023), elaboró alternativas para mejorar la gestión de residuos sólidos domiciliarios de ámbito municipal en la etapa de recolección en el distrito de Arequipa, donde analizaron el ciclo de la GIRSU e identificaron que en la etapa de recolección se puede mejorar. Se planteó una caracterización de RSU y el análisis de la capacidad instalada que tiene el ayuntamiento. Dando como resultado que la tasa de recuperación de aprovechables es de 25.21 %, los cuales ingresan a la cadena del reciclaje, hoy en día la recolección es ineficiente ya que solo se recupera 1.4 %. El sistema de recolección actual debe transformarse en una diferencia e inclusiva de todo tipo de subproductos y descartar de acuerdo con sus características cual debe llevarse a disposición final o tratamiento.

Araiza *et al.*, (2017) realizaron un estudio de cuantificación para los RSU generados en la cabecera municipal de Berriozábal, Chiapas, México y se determinó por medio de técnicas establecidas en las Normas Mexicanas (NMX-AA-015-1985; NMX-AA-019-1985 y NMX-AA-022-1985) y aplicación de Cédulas de Entrevista (CE) que la generación per cápita de RSU es de 0.619 kg/hab/d, la fracción doméstica equivale a 0.456 kg/hab/d y la no doméstica a 0.160 kg/hab/d, se identificó que aquellos generados en casas-habitación corresponden mayormente a empaques y embalajes (valorizables). Como recomendaciones se instituye que la recolección diferenciada y calendarizada es el primer paso para un cambio de perspectiva hacia la sostenibilidad.

Rementería *et al.*, (2018) elaboraron un diagnóstico y propuesta de manejo de RSU en el municipio de Santa Lucía del Camino, Oaxaca. Evaluaron su MIRSU, y a partir de las áreas de oportunidad detectadas la elaboración de propuestas de mejora por medio de la aplicación de CE y distintas fuentes de información para conocer su situación previa. Se identificó que en el municipio genera en promedio 0.89 kg/hab/día de RSU, los residuos orgánicos, plásticos y sanitarios son los componentes mayoritarios (31.73 %, 22.57 % y 16.80 % respectivamente). Los autores sugieren implementar técnicas de valorización, ya que estos representan una tercera parte de lo generado al día.

Jimenez (2019), reporta en su documento “Hacia Basura Cero: Auditoría al Programa MIRSU en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)”, donde consideraron dos fuentes de información, los datos de acopio registrados en bases de datos que elaboraron internamente y una caracterización de los subproductos que conforman a los RSU, los resultados indican que el volumen de RSU canalizados a disposición final se redujo gracias a la segregación en la fuente y la elaboración de compostas. Las cuales son técnicas de valorización reconocidas.

Redman & Redman (2022), publicaron Possibilities for sustainable household waste management: A case study from Guanajuato, Mexico donde establecen que en las ciudades en rápido crecimiento de las economías emergentes se enfrentan al doble problema del rápido aumento de los residuos domésticos. Se entrevistaron a 44 hogares de León (México) para conocer sus comportamientos en materia de residuos. Obteniendo como resultado que

los hogares deseaban adoptar prácticas sostenibles, pero su capacidad para hacerlo era limitada debido a barreras estructurales y de financiamiento.

Aguilar *et al.*, (2019) mencionan en su artículo “La valorización de los Residuos Sólidos Urbanos en el Estado de México, Una visión geográfica” que la propuesta de valorización para la mejora del MIRSU considera una estructura para las CE que permita levantar información certera y confiable, así como la implementación de una lista origen-destino de los materiales valorizados tanto a empresas como Centros de Acopio (CA), con base a costos, tiempos y movimientos enfocados al parque vehicular con la finalidad de evaluar la relación entre los tomadores de decisión y principales actores involucrados.

1.2 MARCO TEÓRICO

El marco teórico que se desarrolló permitió conocer los conceptos básicos necesarios para el entendimiento del proceso de elaboración de este trabajo.

En primera instancia se estableció la definición de los residuos, su clasificación, así como su generación y composición. También se abordaron las distintas etapas de la GIRSU y su MIRSU, valorización y EC con el fin de comprender tanto las consecuencias ambientales y de salud procedentes del consumo desmedido de productos de un solo uso como la importancia de transitar a un cambio de perspectiva en donde se perciban a los RSU como un recurso mediante la creación de planes de GIRSU, MIRSU en donde se considere como pieza fundamental a la valorización.

1.2.1 Residuos

La LGPGIR define y establece a tres grupos de residuos, los cuales son (DOF, 2004):

- a) Residuos Sólidos Urbanos (RSU): Aquellos generados en casas-habitación, tiendas o mercados que resultan de productos, envases, embalajes o empaques.
- b) Residuos de Manejo Especial (RME): Son los generados en grandes cantidades y requieren de maquinaria especial para su manipulación.

- c) Residuos Peligrosos (RP): Son los que poseen alguna característica de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o infeccioso biológico (CRETIB).

Dentro de los RSU se establecen distintas clasificaciones de acuerdo con su fuente de generación con base a la Norma Técnica Ambiental (NTEA-013-SMA-RS-2011; Que establece especificaciones para separación en la fuente y entrega separada al servicio de recolección de RSU y RME para el Edo. Mex.) (SEMAGEM, 2011), misma que se desarrolló en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Clasificación de los residuos por fuente de generación

| FUENTE | CLASE | DESCRIPCIÓN | TIPO DE RESIDUOS QUE GENERA |
|---------------------------|-------|--|-----------------------------|
| Domésticos | A | Viviendas unifamiliares y multifamiliares | RSU |
| Comercial y de servicios | B | Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, imprentas, estaciones de servicio, talleres, centros comerciales, terminales de transporte, barcos, escuelas, hospitales, reclusorios, centros gubernamentales, rastros, etc. | RSU y RME |
| Industrial | C | Cualquier industria de la transformación | RME |
| Construcción y demolición | D | Obras de construcción, remodelación y demolición | RME |
| Agrícola | E | Granjas, campos, etc. | RME |

Fuente: SEMAGEM, 2011

Así mismo los RSU generados por las clases A y B, deben de ser separados en las categorías enlistadas en la tabla 1.2 para su aprovechamiento.

Tabla 1.2 Clasificación de los RSU por grado de aprovechamiento

| NOMBRE DE LA CATEGORÍA | TIPO DE RESIDUOS | CÓDIGO DE COLOR |
|--|---|-----------------|
| Reciclables limpios: Aquellos materiales de desecho que se pueden guardar limpios y secos | Vidrio, lata, aluminio, envases de plástico, cartón, papel, bolsas, envases multicapa y metales. | Azul |
| Orgánicos húmedos y compostables: Desechos biodegradables derivados de la preparación y consumo de alimentos y del mantenimiento de jardines y áreas verdes que pueden ser compostables. | Cáscaras de fruta y vegetales, huesos, grasa, piel, pasta, pan, cereal, bolsas de té, filtros de café, tierra, restos de animales y poda. | Verde |
| Sanitarios y otros: Desechos no reciclables o compostables | Cerámica, pañales, focos, lámparas, pilas, aerosoles y trapos. | Gris |

Fuente: SEMAGEM, 2011

1.2.2 Generación de Residuos Sólidos Urbanos

La generación a nivel mundial en 2018 fue de 242 millones de t y en promedio 0.550 kg/hab-día y estiman un incremento del 70 % para el 2050 (Kaza et al., 2018), mientras que a nivel nacional se reportaron 44.6 millones de t (SEMARNAT, 2018), la Secretaría del Medio Ambiente (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) reportaron en el 2020 que en el país se generaron 120,128 t/día y los estados que más generaron fueron: Edo. Mex. (16,739 t/día), Ciudad de México (9,552 t/día), Jalisco (7,961 t/día), Veracruz (7,813 t/día) y Guanajuato (6,031 t/día). El 31.56% de los residuos que se generan en México son valorizables (cartón, lata, papel, PET, vidrio, plástico rígido y de película principalmente) (SEMARNAT e INECC, 2020).

Para realizar un estudio de generación de RSU se cuenta con la NMX-AA-061-1985; Que establece un método para determinar la generación de RSU medido en kg/hab-día y para lo cual esta norma vincula directamente otras determinaciones in situ, las cuales son:

- a) NMX-AA-015-1985: Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Muestreo – Método de cuarteo
- b) NMX-AA-019-1985: Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Peso volumétrico “in situ”
- c) NMX-AA-022-1985: Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Selección y cuantificación de subproductos

1.2.3 Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos

La generación per cápita, el peso volumétrico y la composición de los RSU son características que sirven a dos vertientes, la primera es que su determinación a nivel nacional apoya el diseño y orientación de políticas públicas. La segunda es para identificar y dimensionar tanto instalaciones como equipo requerido para una adecuada GIRSU a nivel estatal, local y municipal, tales como equipo de recolección, estaciones de transferencia, sistemas de tratamiento o aprovechamiento y Sitios de Disposición Final (SDF) (SEMARNAT, 2015). Estos factores son determinantes para que un estudio de caracterización sea representativo y confiable, por lo tanto se requiere establecer sus definiciones.

a) Generación per cápita. Es un indicador que se utiliza para estimar la cantidad de RSU y se obtiene dividiendo el total de RSU generados en una localidad y sus habitantes, permite conseguir datos necesarios para que los ayuntamientos integren y proyecten en sus planes de GIRSU la infraestructura requerida para su MIRSU. Como puede observarse en la tabla 1.3 se establecen los promedios reportados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el Edo. Mex. se encuentra en la región centro.

Tabla 1.3 Generación per cápita en México

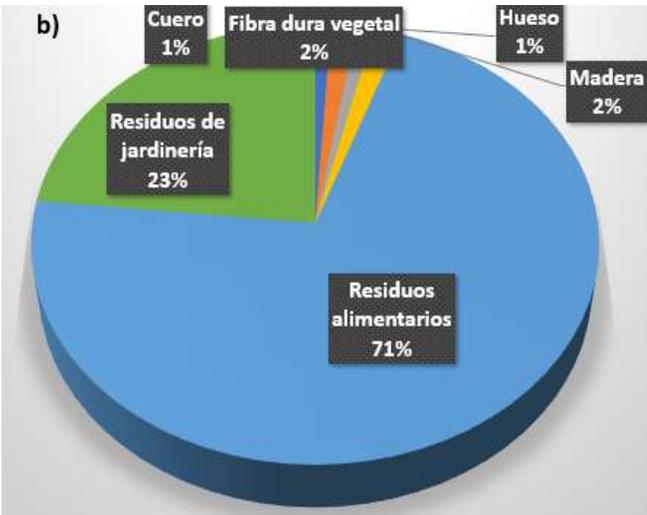
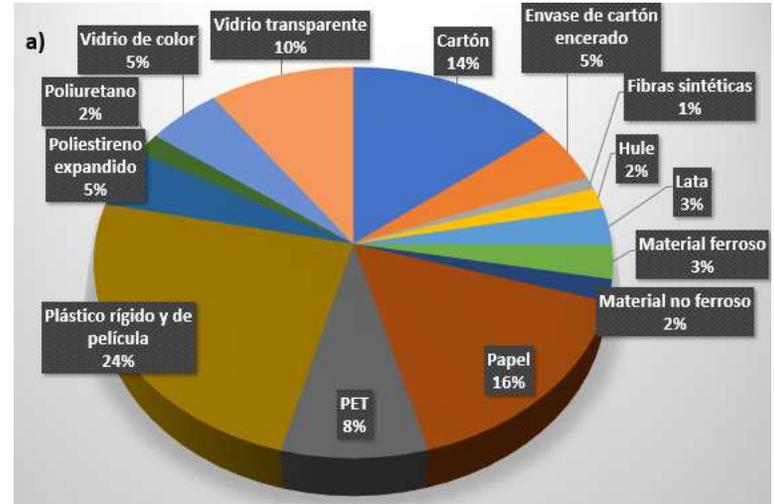
| REGIÓN | FUENTE DOMICILIARIA (kg/hab-día) | FUENTE NO DOMICILIARIA (kg/hab-día) | TOTAL |
|-----------|----------------------------------|-------------------------------------|-------|
| Noroeste | 0.727 | 0.356 | 1.083 |
| Noreste | 0.762 | 0.285 | 1.047 |
| Occidente | 0.663 | 0.281 | 0.944 |
| Centro | 0.588 | 0.178 | 0.766 |
| Sur | 0.629 | 0.374 | 1.003 |
| Sureste | 0.743 | 0.124 | 0.867 |

Fuente: SEMARNAT e INECC, 2020.

b) Peso volumétrico. Esta característica permite delimitar la capacidad de las unidades de recolección, mismas que se requieren para prestar un servicio eficiente a la ciudadanía. El promedio del peso volumétrico a nivel nacional fue de 140.45 kg/m³.

c) Composición en subproductos. Este es un parámetro de gran importancia, ya que con él se pueden elaborar mejoras continuas enfocadas a la valorización. En general, una mayor composición de la fracción orgánica de los RSU (FORSU) se asocian a las familias con un nivel socioeconómico medio-bajo a bajo, en contra punto aquellas con un nivel medio-alto a alto predominan los residuos inorgánicos debido al poder adquisitivo y el consumismo que implica (SEMARNAT, 2015).

Como se puede observar en la figura 1.1 y de acuerdo con el Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos (ANRSU), se reporta la siguiente composición en el Edo. Mex.



Fuente: SEMARNAT, 2022.

Figura 1.1 Composición de RSU en el Estado de México. a) Susceptibles de aprovechamiento, b) Orgánicos y c) Otros

Para realizar la determinación de subproductos se tiene como herramienta la NMX-AA-022-1985, que establece la cuantificación de subproductos. La muestra se extrae como se establece en la NMX-AA-015-1985, que establece el método de cuarteo y se toman como mínimo 50 kg, que procede de las áreas del primer cuarteo que no fueron eliminadas. Posteriormente, se seleccionan los subproductos depositándolos en bolsas de polietileno hasta agotarlos, de acuerdo con la siguiente clasificación establecida en la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Composición de los RSU en subproductos

| SUBPRODUCTOS DE LOS RSU POR CATEGORÍA | | | | |
|--|--------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Algodón | Fibra dura vegetal | Loza y cerámica | Pañal desechable | Residuos de jardinería |
| Cartón | Fibras sintéticas | Madera | Plástico rígido y de película | Trapos |
| Cuero | Hueso | Material de construcción | Poliuretano | Vidrio de color |
| Residuo fino (todo material que pase la criba de M 2.00) | Hule | Material ferroso | Poliestireno expandido | Vidrio transparente |
| Envase de cartón encerado | Lata | Papel | Residuos alimenticios | Otros |

Fuente: SEMARNAT, 1985b.

Los subproductos ya clasificados se pesan por separado en una balanza granataria y se anota el resultado en la hoja de registro de campo (Figura 1.2) (SEMARNAT, 1985).

**HOJA DE REGISTRO DE CAMPO
SELECCION Y CUANTIFICACION DESUBPRODUCTOS**

Localidad _____ Municipio _____ Estado _____

Fechas y hora de análisis _____ Peso de la Muestra _____ kg

Estrato socioeconómico _____ Tara de las bolsas _____ kg

Responsable del análisis _____ Dependencia o Institución _____

Fuente: SEMARNAT, 1985c.

Figura 1.2 Hoja de registro

1.3 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La GIRSU puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos, el cual interacciona con salud pública, economía, ingeniería y otras consideraciones ambientales (Tchobanoglous et al, 1994). Esta debe unirse con la sostenibilidad para proteger la integridad de los recursos naturales, ser rentable y socialmente aceptable para contribuir a la conservación y protección de los recursos naturales, el crecimiento económico y bienestar social.

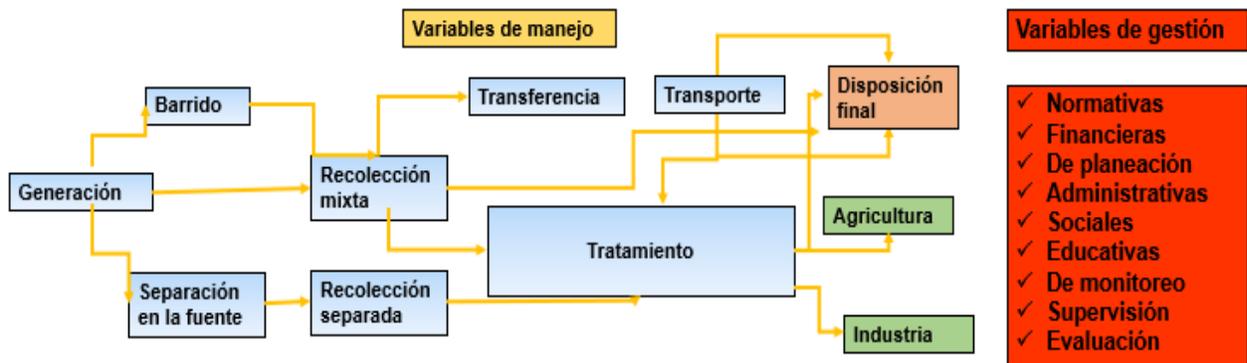
En México existen instrumentos legales que regulan y promueven a la GIRSU, los cuales vinculan a tomadores de decisión y principales actores involucrados, en la figura 1.3 se observa la siguiente jerarquía.



Fuente: SEMARNAT, 2008

Figura 1.3 Jerarquía de legislación mexicana en materia de RSU

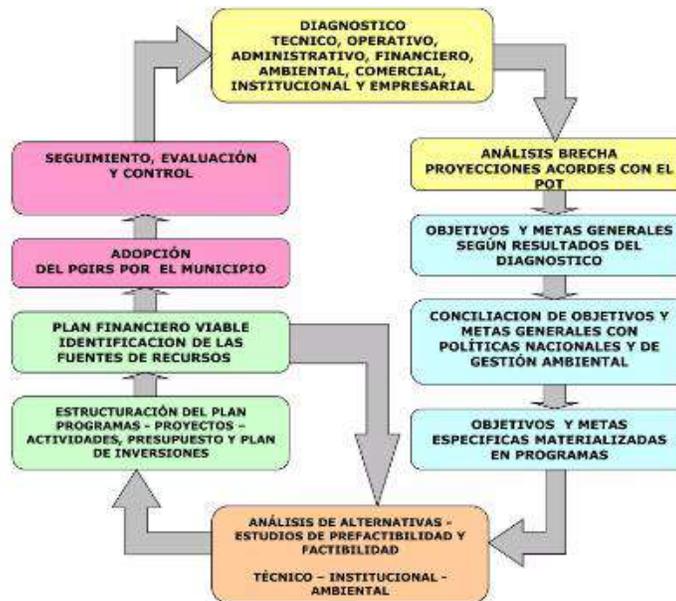
La GIRSU tiene como objetivo la reducción de los RSU y RME enviados a disposición final, para promover y mejorar la calidad de vida. Dentro de su ámbito, la GIRSU incluye funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y operativas (UE, 2023). Estas últimas corresponden al MIRSU, ya que en ellas se lleva a cabo la manipulación de los residuos, desde la fuente de generación, recolectados por el personal y canalizados ya sea a valorización o disposición final (Figura 1.4).



Fuente: Adaptado de SEMARNAT e INECC, 2020.

Figura 1.4 Esquema de la GIRSU

Los elementos que conforman a la GIRSU se basan en la elaboración e implementación de proyectos para el MIRSU en una ciudad o municipalidades, considerando instrumentos políticos, legales, administrativos, socioculturales, financieros y de infraestructura para la toma de decisiones. En la figura 1.5 se establece un diagrama para la elaboración de un programa para la GIRSU.



Fuente: Vilca, 2022

Figura 1.5 Esquema para la creación de la GIRSU

1.3.1 Programas para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos

La LGPGIR establece que a la federación le corresponde elaborar, implementar y evaluar en materia de residuos el Plan Nacional para la Gestión Integral de los Residuos (PNPGIR), tomando a consideración la información contenida en el DBGIR donde se identifican datos puntuales de generación, manejo, infraestructura existente en cuando a RSU y RME, así como áreas de oportunidad asociadas (DOF, 2004). Con la creación del PNPGIR es posible que estados y municipios puedan conocer su situación actual y promueve la planeación de acciones orientadas a un enfoque de sostenibilidad, lo cual tiene sustento en el Artículo 26 de la LGPGIR.

Otros actores involucrados en la temática son las Universidades, Asociaciones de Profesionales, entre otras organizaciones (Piñar, 2018). Por ello, se requiere que, en el ámbito nacional, regional y local, exista una comisión que dirija todos los esfuerzos hacia objetivos comunes, los que generalmente deberán contemplar los siguientes aspectos (INAFED, 2004; Aguilar et al., 2019):

- Elaborar un diagnóstico de la situación con respecto al manejo de RSU.
- Fijar políticas y estrategias.
- Elaborar un plan nacional con metas, en lo referente a la GIRSU
- Identificar las necesidades de legislación, regulación y normatividad, tanto ambientales como económicas.
- Establecer los instrumentos financieros como ventanillas de créditos de pre-inversión e inversión en RSU, para los municipios.
- Establecer planes de capacitación técnica
- Establecer planes de educación ambiental

1.3.2 Servicios Públicos

Se basan en una o varias actividades operativas llevadas a cabo por la administración pública, con la finalidad de satisfacer continua, uniforme, regular y permanentemente las necesidades de la población (Arias, 2019). Para abordar a los servicios públicos se debe

mencionar la prestación de estos ya que precisamente es su objetivo principal, la cobertura de satisfactores sociales exige a las administraciones hacerse cargo de ellos.

Dentro de estas formas de prestación destacan las siguientes (INAFED, 2009):

- a) Directa: El Ayuntamiento se responsabiliza en forma absoluta de todo el proceso de prestación del servicio, en México se crean unidades administrativas para este fin como secretarías o direcciones.
- b) Concesión: La administración sede a una persona física o moral, parcial o total, el manejo de la prestación del servicio público municipal mediante el establecimiento de un contrato.
- c) Convenio: Esta forma se presenta cuando el municipio no cuenta con los recursos suficientes para prestar algún servicio, los más regulares son seguridad pública y limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos; pues la compra de tecnología, maquinarias y su operación resultan exorbitantes para el presupuesto.
- d) Relaciones intermunicipales: Consiste en la unión de dos o más municipios para la prestación de determinado servicio público, coordinando esfuerzos y recursos.

Por lo tanto, el municipio como administración pública local y representante de los intereses locales comunitarios ante la entidad estatal y federal ejerce un rol multifacético. Por un lado, está entre sus funciones ser el puente entre la dinámica comunitaria y las orientaciones del régimen político y administrativo, y por otro lado un apartado de toma de decisiones e instrumentador de respuestas a problemas locales (Piñar, 2018).

1.4 MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

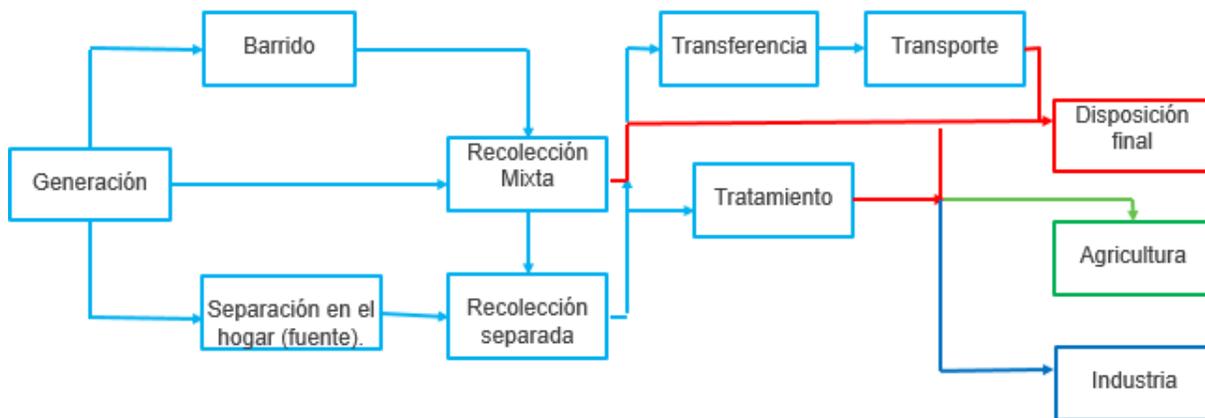
El MIRSU se define como todas aquellas etapas operativas en materia de residuos realizadas individualmente o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (DOF, 2004; DOF, 2023).

Debe ser económica y ambientalmente sustentable y también integral, orientado al mercado, flexible y capaz de manejar todos los tipos de residuos sólidos, con la finalidad de

ser más competitivo y efectivo donde se la estrategia medular sea que simultáneamente considere el aprovechamiento de múltiples materiales (Lam *et al.*, 2018).

El MIRSU forma parte directa de la GIRSU ya que corresponde a las etapas operativas y de manipulación de los RSU, lo cual se traduce en la protección a la salud de la población y del medio ambiente.

La figura 1.6 establece el diagrama del MIRSU, tomando como primer peldaño la fuente de generación y en última estancia el tratamiento y/o la disposición final, ambas etapas son dependientes del grado de valorización de los RSU que ingresen a estas etapas.



Fuente: Adaptado de SEMARNAT, 2020.

Figura 1.6 Diagrama MIRSU

1.4.1 Programa para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos

El programa para el MIRSU es un instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de RSU y RME bajo criterios de eficiencia ambiental, económica y social (Arias, 2019). Por ello, los principales actores involucrados se han dado a la tarea de promover planes, programas y marcos regulatorios; sin embargo, aún es necesario continuar instrumentando acciones ya que se requiere estar mejorando continuamente cada una de las etapas del MIRSU en pro de la búsqueda en eficiencia.

En México hay muy pocos casos de éxito, siendo el municipio de Teocelo y la misma ciudad de Orizaba, en el estado de Veracruz, en el primer caso mencionado es uno de los pocos

que cuenta con una GIRSU competente y exitosa (Piñar, 2018). En el caso de Orizaba, su administración de dos años consecutivos obtuvo el premio de escoba de oro y platino por ser la ciudad más limpia del país (Ayuntamiento de Orizaba, 2021).

En Teocelo, el programa se implementó, sin mucho conocimiento de las políticas públicas relacionadas con el tema de residuos y pronto se percataron de que, con la separación y la disposición de la FORSU en una planta de lombricomposta, disminuían un 60 % los RSU que destinaban a disposición final, y de manera proporcional la cuota que pagaban al mismo. Uno de los factores que marcaron la pauta hacia el éxito fue la respuesta ciudadana, la cual sorprendió positivamente a las autoridades municipales (Piñar, 2018).

Para que el diseño de un MIRSU sea funcional y eficiente se deben tomar en cuenta el análisis del entorno y de la población, levantamiento de datos, diagnóstico y elaboración de propuestas de mejora, y de esta manera se estarían cubriendo necesidades básicas y áreas de oportunidad detectadas con la finalidad de pulir todas las etapas operativas en pro del medio ambiente, sostenibilidad y mejora de la calidad de vida de la población en general.

1.4.2 Generación

Está directamente relacionada con tendencias en el comportamiento individual y social de una persona y abarca aquellas actividades que van desde la elección de un producto, hábitos de consumo hasta que estos materiales se consideran sin valor y se canalizan a disposición final (Tchobanoglous, 1994). Este primer peldaño es fundamental en la cadena, ya que en esta los habitantes de una localidad pueden lograr la diferencia reduciendo los RSU y RME en el origen. Por ello, es clave ser consumidores responsables, haciendo uso de la sostenibilidad en servicios y productos que cubran necesidades y mejoren la calidad de vida sin explotar los recursos naturales.

En el año 2014, China superó a Estados Unidos en generación de residuos a nivel global, quedando en primer lugar, México ocupa el décimo lugar a nivel mundial, la tasa de crecimiento de los RSU se relaciona con el avance de la urbanización y el estilo de vida que se basa en un mayor consumo y generación de residuos inorgánicos (Piñar, 2018; Kaza et al., 2018).

1.4.3 Recolección

Consiste en recopilar los RSU y RME por medio del personal de servicios públicos de las demarcaciones territoriales, para su traslado a las estaciones de transferencia (SEMARNAT, 2019). A nivel nacional se observa que el método de recolección que encabeza es el mano a mano, donde los generadores entregan directamente los residuos a los operadores del servicio, sea casa por casa, en la acera o en la calle.

Este sistema se utiliza en 1,650 municipios del país, equivalentes al 72 % del total e involucra la recolección de 57,054 t/día, el 54 % del total recolectado, en segunda instancia está la recolección mixta, cuando se combina mediante contenedores y de mano a mano (SEMARNAT e INECC, 2020).

Para llevar a cabo la recolección adecuadamente se requieren de distintas técnicas, tales como el barrido y se define como la actividad de recolección manual o mecánica de los residuos sólidos en la vía pública cuya finalidad principal es dejar el área pública libre de todo residuo sólido esparcido o acumulado y de esta manera cuidar la salud humana (SEDEMA & SOBSE, 2016).

Existen dos tipos de barrido:

- a) Barrido manual: Se define como la actividad que se lleva a cabo con ayuda del personal de recolección de la zona, llevando a cabo esta actividad sin maquinaria.
- b) Barrido mecánico: Se define como la actividad de recolección que se lleva a cabo en vías principales de alta afluencia con ayuda de maquinaria, tales como barredoras mecánicas.

1.4.4 Transporte

La recolección es la acción constante en recoger los residuos dispuestos en los sitios indicados y su carga en los vehículos recolectores.

Esta se clasifica en:

- a) General: Sin discriminar los distintos tipos de residuos.

b) Diferenciada: Segregando por tipo de residuo en función de su posterior tratamiento y valoración.

El transporte comprende el traslado de los residuos entre los diferentes sitios comprendidos en el MIRSU.

1.4.5 Tratamiento

Las plantas de tratamiento o de aprovechamiento de los residuos son las instalaciones expresamente dedicadas para la valorización de los residuos. En el país existen 47 plantas, ubicadas en 43 municipios de 15 entidades federativas, mientras que en los 17 restantes no se reportan instalaciones de este. En Edo. Mex. cuentan con 7 plantas de tratamiento o aprovechamiento de residuos, 4 de separación, 2 de trituración, 1 de compactación, 4 de composteo y 1 de digestión anaerobia (SEMARNAT e INECC, 2020).

1.4.6 Disposición Final

Es la última fase del MIRSU, es la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (SEMARNAT, 2019). En México se generan 120,128 t/d, de los cuales se recolectan 83.93 % y se disponen en SDF el 78.54 %, reciclando únicamente el 9.63 % de los residuos generados (SEMARNAT e INECC, 2020).

Con base a la Norma Oficial Mexicana (NOM-083-SEMARNAT-2003) Que establece criterios y especificaciones de diseño, construcción, operación, mantenimiento y clausura para sitios de disposición final de RSU y RME se instituyen distintos tipos de sitios que se clasifican de acuerdo con la infraestructura con la que cuentan y las toneladas ingresadas por día (SEMARNAT, 2003).

1.5 ECONOMÍA CIRCULAR

La EC surge como alternativa al modelo económico lineal, ya que promueve maximizar el aprovechamiento de los productos durante su ciclo de vida, desde las materias primas, cadenas de suministro, consumo y después de su uso convertir los desechos en nuevas materias, fundamentándose principalmente en producir el menor impacto ambiental (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Esposito *et al.*, 2018).

Se conoce desde 1966, pero es a finales de los 70's que tomó relevancia cuando Walter Stahel desarrolló el enfoque "bucle cerrado" en los procesos de producción (Serón, 2020). La EC se basa en tres ejes: reducir, reutilizar y reciclar. En la figura 1.7 se presenta un esquema comparativo entre la economía lineal y circular.



Fuente: Santander, 2021.

Figura 1.7 Esquema de los modelos económicos lineales y circulares

La Unión Europea (UE) propuso y aplicó en la legislación distintas adecuaciones desarrollando políticas públicas ambientales, ejecutando el presupuesto de la Unión Europea para este rubro. Específicamente en Francia, la empresa Schneider Electric se especializó tanto en gestión como automatización energética, utiliza materiales reciclados en sus productos y por ende prolonga la vida útil del producto, amortizando costos. En Chile las empresas TriCiclos y MbM Group diseñaron diversas técnicas para la recuperación de materiales valorizables, como exhibidores para puntos de venta de reutilizables (Fundación Ellen Mc Arthur, 2015).

México genera 53.1 millones de t/año de residuos, para el 2030 se contempla se generen 65 millones (SEMARNAT e INECC, 2020). En 2021, el Diario Oficial de la Federación (DOF) publicó la Ley General de Economía Circular (LGEC), que tiene como propósito utilizar eficazmente los recursos naturales, económicos y humanos, facilitando la transición hacia la EC (Monreal & Bolaños, 2019; DOF, 2021). Además, existe el programa “Cero Residuos” impulsado por la SEMARNAT, el cual tiene como uno de sus principios el manejo de residuos con un enfoque circular (SEMARNAT, 2019).

Uno de los puntos más significativos tanto de la visión cero residuos como de la EC es incorporar la educación ambiental, ya que por medio de esta se logra la prevención y minimización las cuales a su vez son la base de la jerarquía de los RSU (Figura 1.8).



Fuente: SEMARNAT, 2019

Figura 1.8 Jerarquía de los RSU en la economía circular.

En México, existen compañías que a su vez han implementado el modelo en sus procesos, innovando y desarrollando formas de reducir, reutilizar y reciclar, se enlistan empresas que implementan el modelo económico circular.

- a) Grupo Bimbo: Aplica tres etapas en su cadena de valor; aplicación del ecodiseño en sus empaques, prácticas de economía circular con proveedores y programas de reciclaje en post consumo
- b) Jumex: Colabora con una empresa de distribución sostenible con el uso de tarimas reutilizables.

- c) Heineken: Desde 2016, Heineken México forma parte del Circular Economy 100, programa liderado por la Fundación Ellen MacArthur, siendo la primera empresa mexicana incorporada al programa
- d) Tajín: Implementó un envase elaborado de plástico 100% reciclado
- e) ECOCE: Esta es una empresa que funge como intermediario entre el generador que quiere comerciar sus valorizables y empresas que requieren de materia prima para otros procesos productivos.

1.6 RESIDUOS VALORIZABLES

Actualmente, la preocupación por cuidar el medio ambiente se ha ido incrementando, por lo que se ha optado por implementar las 3R's (reducir, reutilizar y reciclar) y así proteger al planeta de la contaminación, es aquí donde entra la EC y la valorización de RSU. En esta última el grado de aprovechamiento depende de las características propias del residuo, así mismo cabe resaltar que la composición de los RSU orgánicos e inorgánicos se vincula directamente con el poder adquisitivo de la población; en localidades con menores ingresos se presentan mayores volúmenes de la FORSU, mientras que en aquellas con mayores ingresos se refleja en mayor porcentaje los inorgánicos (SEMARNAT, 2019; Ministerio de Salud de Costa Rica, 2020).

El Artículo 18 de la LGPGIR establece que los RSU se clasifican en orgánicos e inorgánicos, con la finalidad de facilitar las subclasificaciones primaria y secundaria vinculándose directamente con lo establecido en los PMPGIRSU a nivel estatal y municipal (DOF, 2004). Se establece por medio de la NMX-AA-022-1985 una serie de subproductos que conforman a los RSU mismos que se encuentran en la tabla 1.4 del presente documento y de los cuales la SEMARNAT condensó en la siguiente clasificación para facilitar este proceso a la población (Figura 1.9).



Fuente: SEMARNAT, 2023

Figura 1.9 Clasificación de valorizables.

1.6.1 Técnicas de valorización

Tomando a consideración lo establecido en el Artículo 18 de la LGPGIR los residuos valorizables se pueden clasificar en:

a) Valorizables orgánicos. En la mayoría de los países de América Latina, la FORSU recolectada diariamente supera el 50 % del total, del cual solo un 2 % recibe algún tipo de tratamiento, el resto termina en Relleno Sanitario (RESA) o Tiraderos a Cielo Abierto (TCA).

La FORSU no tiene valor monetario fijo, es decir, este es dependiente al tipo de tratamiento o valorización que se le aplique y de esta manera identificar el o los subproductos resultantes y estimar un aproximado en la ganancia tanto económica como ambiental, social y salud. Es por lo que su valorización conlleva más tiempo ya que para este fin se utilizan tratamientos biológicos, por ello a continuación se enlistan distintas técnicas de valorización para la fracción orgánica (Sánchez, 2017):

- Compostaje. Es un abono orgánico que se forma por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición.
- Lombricultivo. Es una biotecnología que utiliza a una especie de lombriz doméstica, como herramienta de trabajo que recicla la materia orgánica.

- Biofertilizantes. Fertilizantes que proviene de la naturaleza y que incrementan el contenido nutricional del suelo.
- Biocombustibles o biomasa. Cualquier tipo de combustible sin importar el estado en el que se encuentre (líquido, sólido o gaseoso) que proviene de la biomasa. Es la utilización de la materia orgánica como fuente energética (REN21, 2016).
- Alimentación animal. En varias partes de México y principalmente en las zonas rurales, esto es muy frecuente, sin embargo, dado a que el residuo orgánico presenta grandes cantidades de humedad, es necesario no dejar pasar varios días para su consumo y así evitar la descomposición de estos y pueda ser apto para consumo animal.

a) Valorizables inorgánicos. La NADF-024-AMBT-2013 los define como aquellos materiales de los que es posible recuperar el valor propio del material a fin de contribuir a la preservación del medio ambiente y los recursos naturales (DOF, 2013).

Las técnicas de valorización que se deben de aplicar para este tipo de residuos se determina a partir de las características que presentan, por ello existen plantas que clasifican cada tipo de material. A continuación, se enlistan las técnicas (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2020).

- Valoración energética. A través de la incineración de residuos se obtiene la energía proveniente de estos materiales. Esta energía, a veces, es comparable con las funciones de los combustibles convencionales como el carbón, el gas y la hidroelectricidad. Este en un concepto relativamente nuevo, en auge y muy beneficioso, dado que no necesita de grandes extensiones de tierra y se rige por un riguroso control ambiental.
- Valoración de materiales. Es la obtención de materia prima a través del reciclaje. En este aspecto, es común la gestión de residuos no peligrosos como envases plásticos, de papel, cartón, vidrio, entre otros.

1.6.2 Centros de Acopio

La LGPGIR define a los CA como “Instalaciones autorizadas por la SEMARNAT para la prestación de servicios a terceros en donde se reciben, reúnen, trasvasan y acumulan temporalmente RSU valorizables, coadyuvando a la rentabilidad y el aumento de las tasas

de valorización de los materiales recuperados y canalizados a estos sitios, considerando procesos administrativos, comerciales y de educación ambiental con la finalidad de realizar en forma adecuada, secuencial y detallada el manejo de los residuos con espacios específicos para el almacenamiento de cada tipo de residuo” (DOF, 2004; SEMARNAT e INECC, 2020).

Los tomadores de decisión y principales actores involucrados están optando por una transición hacia el reciclaje, con el objetivo de convertirse en sociedades sostenibles promoviendo la preservación de los recursos naturales por medio de la utilización de aquellos RSU con un alto grado de valorización (García, 2018). Tanto gobierno como industria deben de elaborar y aplicar en sus PMPGIRSU una evaluación de riesgos para saber cuál es el impacto ambiental y de salud en sus procesos, destacando el manejo de materias primas o el almacenamiento y transporte de residuos (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2021).

En la tabla 1.5 se enlistan algunas medidas que han implementado distintas empresas a nivel mundial.

Tabla 1.5 Empresas recicladoras a nivel internacional

| EMPRESA / ASOCIACIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD DE RECICLAJE |
|---------------------------------|----------|---|
| AEDRA | España | Se encargan de reciclar los materiales de los automóviles tras su vida útil. |
| Ecovidrio | España | Entidad sin fin de lucro encargada de la gestión del reciclado de los envases de vidrio depositados en los contenedores de toda España. |
| Mir Plastics, LLC | EE. UU. | Es una empresa recicladora de productos plásticos postindustriales. |
| Plásticos y Maderas Reciclables | Colombia | Es una empresa de manejo los excedentes de producción que se convierten en residuos convencionales o peligrosos. |

Fuente: Córdova, 2020.

En América Latina la industria del reciclaje sigue siendo una actividad en la que la regulación gubernamental es mínima, la tecnología escasa y la planeación limitada; sin embargo, también existen muchas empresas que se preocupan por el ambiente, ven un negocio donde otros ven un desperdicio y es así como se crean pequeñas y medianas empresas (PYMES) que se dedican al reciclaje (Mogena *et al.*, 2021).

Así mismo, la SEMARNAT elaboró una base de datos o de centros de acopio de materiales provenientes de residuos en el Edo. Mex., la cual se actualiza constantemente con el objetivo de proporcionar a la ciudadanía información específica sobre puntos de acopio de RSU para incrementar esta actividad (Tabla 1.6) (SEDEMA & SOBSE, 2016).

Tabla 1.6 Base de datos de empresas recicladoras en el Estado de México

| ESTADO | EMPRESA / DIRECCIÓN | RESIDUO QUE SE MANEJA |
|------------------|---|--|
| Estado de México | Tecnología de reciclaje, S.A. de C.V. Av. De los Héroes s/n, Fracc. Industrial Tecámac. | PET |
| Estado de México | Grupo de Tecnología Alternativa, S.C. Av. De los Arcos 24-6, San Juan Totoltepec, Naucalpan. | Residuos orgánicos |
| Estado de México | Reciclables Ruyadavi Industriales Prol. 2 de Marzo 194 Santiaguito, Texcoco. | PET, polietileno de alta densidad, carton, papel, vidrio, metales |
| Estado de México | Tecnosolicatos de México, S.A. de C.V. Blvd Toluca 119 Segundo Piso, Bosques de las L2omas Planta en Tultitlán. | Plásticos, PET, cartón, papel de diferentes tipos, vidrio, aluminio. |

Fuente: SEDEMA & SOBSE, 2016.

2. MÉTODO

Para la elaboración de una propuesta de mejora para el MIRSU se establecieron una serie de pasos metodológicos, mismos que se plasman de manera general en la figura 2.1.



Figura 2.1 Diagrama del método

2.1 SELECCIÓN DEL MUNICIPIO

Se llevó a cabo una investigación documental que comprende a los 125 municipios del Estado de México, posteriormente se elaboró una base de datos en donde se plasmaron tantos datos generales como documentos disponibles en línea para revisión, en lo que respecta a sus PMPGIRSU.

Se evaluaron las características del buen funcionamiento municipal publicadas por el Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (INAFED) en el 2009, en conjunto con la Secretaría de Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en materia de residuos, los cuales se detallan en el tomo número ocho

“Servicios Públicos Municipales” y se consultaron fuentes de información para recopilar la información listada a continuación:

- a) Recolección domiciliaria
- b) Barrido de calles
- c) Registro de CA
- d) Segregación de residuos y/o pepena
- e) Manejo y comercialización de residuos valorizables
- f) Técnicas de valorización

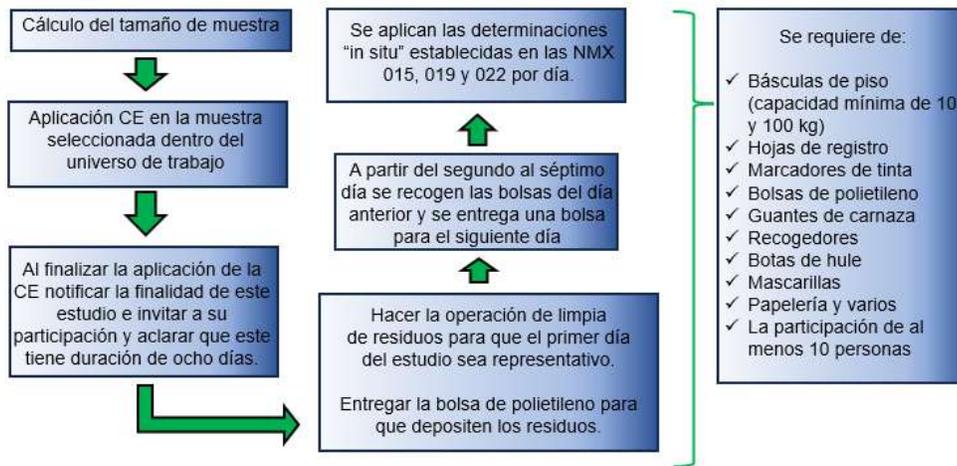
Así mismo se tomaron en cuenta distintos factores para elegir el municipio, tales como disposición y apertura de los tomadores de decisión, para llevar a cabo este trabajo en su delimitación territorial; también se evaluó la cercanía en relación al Instituto Tecnológico de Toluca (ITTol).

2.2 DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para la elaboración del diagnóstico de la GIRSU se recabó información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo municipal (INAFED), del Bando Municipal (BM), del Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PDMU) y del informe de resultados del gobierno del municipio seleccionado, también de la aplicación de Cédulas de Entrevista (CE) presenciales a los habitantes del municipio seleccionado (Anexo A) y a los responsables del MIRSU (Anexo B) en el ayuntamiento, así como la aplicación de normatividad en materia de residuos. Para la investigación de campo se hizo la gestión de permisos por medio de documentación oficial a las autoridades correspondientes.

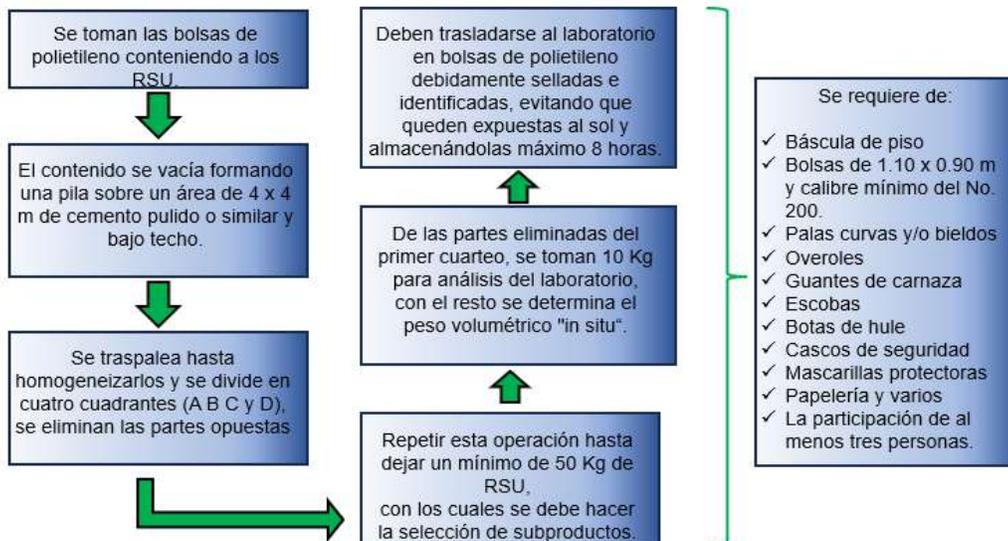
2.2.1 Generación y composición de los residuos sólidos urbanos

Para determinar la cantidad y clases de residuos que se producen y disponen, se planearon estudios de generación y composición con base en la NMX-AA-061-1985, NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985 y NMX-AA-022-1985, las cuales se muestran esquemáticamente en las figuras 2.2 a 2.5. La caracterización de los RSU también se planeó en casas-habitación y en el SDF que utiliza el municipio seleccionado (SEMARNAT, 1985a; SEMARNAT, 1985b; SEMARNAT, 1985c; SEMARNAT, 1985d).



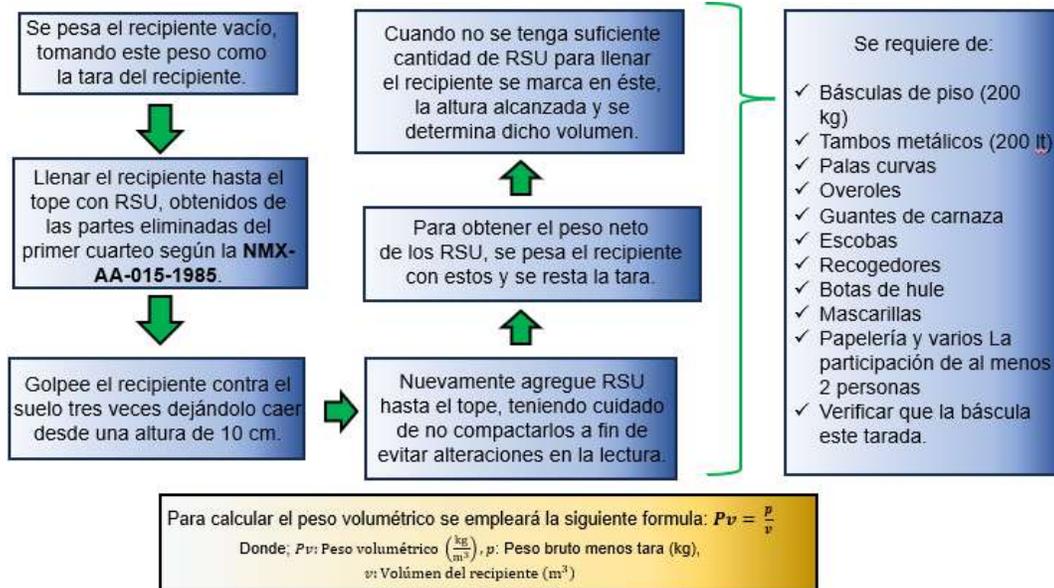
Fuente: SEMARNAT, 1985a

Figura 2.2 Diagrama NMX-AA-061-1985



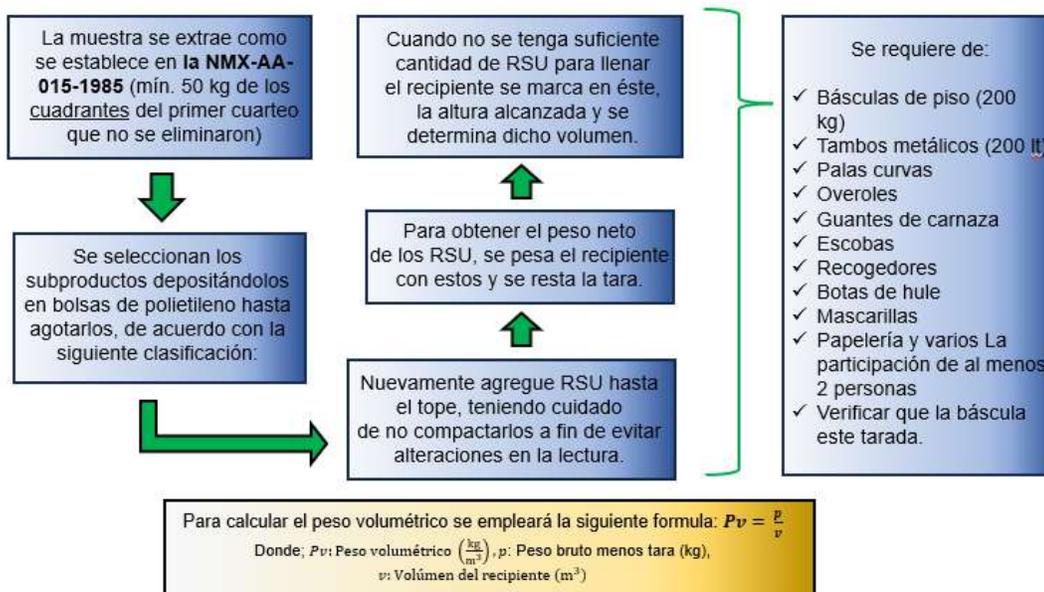
Fuente: SEMARNAT, 1985b

Figura 2.3 Diagrama de la NMX-AA-015-1985



Fuente: SEMARNAT, 1985c

Figura 2.4 Diagrama de la NMX-AA-019-1985



Fuente: SEMARNAT, 1985d

Figura 2.5 Diagrama de la NMX-AA-022-1985

2.2.2 Sistema de recolección

Se consideraron datos provenientes de fuentes primarias y secundarias de los distintos aspectos operacionales tales como: rutas de recolección, kilometraje recorrido, zonas recorridas, personal adscrito a la municipalidad, convenios con recolectores primarios, convenios con centros de acopio o instituciones, técnicas de recolección, parque vehicular, etc.

2.2.3 Sistema de aprovechamiento

Se tomaron en cuenta fuentes primarias y secundarias, con la finalidad de obtener un panorama general de cómo el municipio seleccionado esta llevando a cabo el aprovechamiento y por ende valorización de los residuos que genera en su demarcación territorial. Así como, técnicas de valorización y existencia de plantas o estaciones de tratamiento de estos residuos.

2.2.4 Disposición final

Se recabo información documental y se hizo uso de:

- a) Google Earth Pro-Versión 2023, Es una plataforma geo informática basada en la nube que permite a los usuarios visualizar y analizar imágenes satelitales de una zona en específico, por medio de este se podrá observar el histórico anual del SDF y de esta manera identificar adecuaciones, extensiones a la infraestructura, terreno o de alguna incidencia o siniestro (Google, 2023).
- b) Mapa Digital INEGI, Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) mismo que integra la información de los elementos naturales, culturales y de ordenamiento territorial que conforman el entorno geográfico del país, con el cual se podrán evaluar distintas características del área donde se encuentre el SDF, así como asentamientos humanos, plantaciones, caminos pavimentados, entre otros (INEGI, 2023).

2.3 APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS VALORIZABLES

Se revisó la existencia de CA cerca o dentro del municipio seleccionado, para sondear la posibilidad de convenios; así como técnicas de valorización como biodigestores, composteo y vermicomposteo para los residuos orgánicos.

Posterior al análisis de los resultados del diagnóstico de la gestión de los RSU del municipio seleccionado, con las caracterizaciones y los precios de los subproductos de los CA cercanos, se realizarán las estimaciones de los ingresos que podrían obtenerse, considerando una recuperación del 50 % de reciclables. Al ya contar con las caracterizaciones entonces se identificaron estrategias de valorización de los materiales que conforman los RSU.

2.4 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se consideró para la presentación de alternativas la información recopilada por medio del diagnóstico y las estimaciones de los RSU valorizables, para identificar, priorizar y sugerir posibles vías de solución a las áreas de oportunidad detectadas, en pro de la mejora del MIRSU del municipio seleccionado.

Con base en las fortalezas de la economía local y consultando con los principales actores públicos y privados del municipio seleccionado, se definieron líneas de acción para promover la EC, desarrollando las capacidades municipales de preparación y ejecución de la GIRSU mediante diversos instrumentos políticos, económicos y de planeación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados obtenidos por medio de la metodología establecida y su discusión.

3.1 SELECCIÓN DEL MUNICIPIO

En primera instancia se identificaron los BM, PDMU e Informes de gobierno, así como la existencia de Planes Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (PMPGIRSU) para los 125 municipios del Edo. Mex., y también información reportada en documentos gubernamentales y páginas web oficiales, con lo cual se realizó una base de datos en Microsoft Excel, plasmando datos generales, tal y como puede observarse en la figura 3.1 donde se encuentra un extracto de dicha base.

| CLAVE INEGI | MUNICIPIO | CABECERA MUNICIPAL | FECHA DE CREACIÓN | POBLACIÓN | EXTENSIÓN km ² | CUENTA CON PMPGIRSU | NOMBRE | |
|-------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------|---------------------------|---------------------|--|--|
| 1 | Acambay | Acambay | | 1824 | 67,872 | 465.7 | NO, Cuenta con una breve descripción en el PDM y un oficio de Servicios públicos | //// |
| 2 | Acolman | Acolman de Nezahualcoyotl | | 1826 | 171,507 | 83.95 | NO, Cuenta con una breve descripción en el PDM y artículo 86 del bando municipal | //// |
| 3 | Aculco | Aculco de Espinoza | | 1825 | 49,266 | 453.26 | NO, cuenta con descripción en el PDM pag 315 y bando municipal cap 2 | //// |
| 4 | Almoloya de Alquiristas | Almoloya de alquiristas | | 1825 | 15,333 | 182.65 | NO, cuenta con descripción en el PDM y bando municipal | //// |
| 5 | Almoloya de Juarez | Villa de Almoloya de Juarez | | 1820 | 174,587 | 485.21 | SI | PMPGIRSU para el municipio de Almoloya de Juárez, Edo Mex. |

Figura 3.1 Extracto ejemplo de base de datos con información

A partir del análisis realizado a la información plasmada en la base de datos, se detectó que en comparación con lo que reporta el DBGIR, solo el 34 % cuenta con un PMPGIRSU y únicamente Ixtlahuaca y Tepetlaoxtoc (5 %) los elaboraron internamente, mientras que el resto los presentaron bajo acuerdos de intermunicipalidad por cuestiones de recursos económicos (Figura 3.2a). Esta información difiere con lo localizado en las páginas web oficiales (Figura 3.3b).

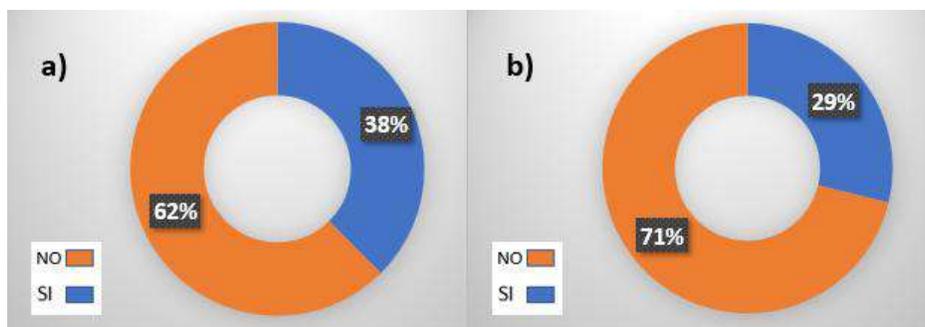


Figura 3.2 Existencia de PMPGIRSU: a) DBGIR b) Publicaciones en la web

Por medio de la investigación documental de los 125 municipios que conforman al Edo. Mex. y aunado a la base de datos generada, se eligieron a tres municipios con la finalidad de agendar una reunión los tomadores de decisión en materia de residuos. Aunado a lo anterior y por cuestiones de proximidad al ITTol, se seleccionó a Metepec, Calimaya y Tenango del Valle. Se les aplicó los criterios del buen funcionamiento municipal, la información requerida se recopiló mediante sus PDMU, lo cual se muestra en la tabla 3.1 (H. Ayuntamiento de Metepec, 2022; H. Ayuntamiento de Calimaya, 2022; H. Ayuntamiento de Tenango del Valle, 2022).

Tabla 3.1 Criterios del buen funcionamiento municipal

| CRITERIO / MUNICIPIO | Metepec | Calimaya | Tenango del Valle |
|----------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| Recolección domiciliaria | Método esquina a esquina. 68 rutas. | Método esquina a esquina | Método esquina a esquina y mano a mano |
| Recorrido en calles y vialidades | 24 km en promedio recorridos por ruta | 8 unidades | 5 unidades |
| Manejo de CA | 28 unidades. | | |
| Segregación de residuos | Se perciben 43.5 t/d de residuos valorizables. | Valorización y comercio informal | Valorización y comercio informal |
| Manejo de residuos valorizables | Pepena, recolectores informales | Pepena, recolectores informales | Pepena, recolectores informales |
| Técnicas de valorización | 7 t de electrónicos en "Programa Deséchalo" | "Programa Reciclatrón" | |
| Disposición final | Segregación post-recolección | Segregación post-recolección Composta | Segregación post-recolección |
| | 230 t/d en RESA San Antonio La Isla | 70 t/d en basurero municipal | 100 t/día en RESA municipal |

Fuente: INAFED, 2009

Se detectó que todos los municipios cuentan con fortalezas y debilidades en su MIRSU a partir del comparativo realizado a través de los criterios del buen funcionamiento municipal, y así mismo la disposición inicial por parte de los directores de servicios públicos y medio ambiente tanto para Metepec como Calimaya, así como el Administrador del Relleno Sanitario (RESA) de Tenango del Valle, promovió una mayor oportunidad de concretar la aplicación del diagnóstico a la GIRSU y por ello se estuvo trabajando paralelamente con los tres, entregando oficios para el trámite de permisos (Anexo C).

Así mismo, se solicitó la apertura de estos para la aplicación de CE, estudios de generación y composición de RSU, para estos últimos y de acuerdo con el material requerido con base a la normatividad aplicable y la elaboración de un presupuesto (Anexo D) se requiere de una inversión aproximada de \$20,000.00 (Veinte mil pesos 00/100 MN). Metepec y Calimaya no mostraron disposición más allá de la inicial, al dar apertura para la aplicación de la CE. En el caso específico de Calimaya se logró obtener de manera independiente al ayuntamiento, la apertura de aplicación en el Conjunto Urbano Hacienda de las Fuentes (CUHF); sin embargo, Tenango del Valle otorgó apertura para los estudios de generación y composición en su RESA. Debido a que en ninguno de los tres municipios fue posible realizar la cuantificación y caracterización de RSU, se decidió estudiar de manera documental a cada uno de ellos.

3.2 DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

En este apartado se presenta la información obtenida por medio de la investigación documental en reportes publicados por los ayuntamientos, tesis, artículos científicos, aplicación de CE y determinaciones *“in situ”*

3.2.1 Metepec

Metepec el cual se ubica en el Valle de Toluca, a seis kilómetros de la capital mexiquense, cuenta con una población de 242,307 habitantes, una superficie de 70.43 km² y representa al 0.54% del territorio estatal. Tiene una altitud de 2,670 msnm. Colinda al norte con el Municipio de Toluca; al sur con Calimaya, Mexicaltzingo y Chapultepec y al este con

Santiago Tianguistenco, Lerma y San Mateo Atenco, y al oeste nuevamente con Toluca (H. Ayuntamiento de Metepec, 2022).

Actualmente Metepec, es de los 305 municipios que forman parte del Índice de Ciudades Prósperas (H. Ayuntamiento de Metepec, 2018), donde se sometió a evaluación los rubros de productividad, desarrollo de infraestructura urbana, calidad de vida, equidad e inclusión social, sostenibilidad ambiental, y gobernanza y legislación.

Este municipio está integrado por: 1 Cabecera Municipal, seis Barrios; 11 Pueblos; 4 Colonias Agrícolas; 13 Colonias Urbanas; 27 Fraccionamientos; 387 Condominios; 9 Conjuntos Urbanos y 8 Unidades Habitacionales (H. Ayuntamiento de Metepec, 2022).

- a) Generación y composición de Residuos Sólidos Urbanos. Se gestionó trabajar con el municipio de Metepec (Anexo 2), y se entregaron oficios el 17 de mayo del 2023 para solicitar una apertura de reunión presencial con los directores de servicios públicos y medio ambiente, dentro de la cual se les hizo la propuesta del estudio de generación y composición de RSU (Figura 3.3 a) Expositores y b) Directivos)., así como el presupuesto diseñado con base en las NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985, NMX-AA-022-1985 y NMX-AA-061.1985.



Figura 3.3 Presentación a) Expositores y b) Directivos

Debido a la inversión inicial requerida los tomadores de decisión se mostraron indispuestos, por lo que para obtener la generación y composición de los RSU

generados en Metepec se optó por tomar a consideración datos reportados en el trabajo publicado por Hochstrasser, 2020 los cuales se enlistan a continuación

Se aplicó una CE a la ciudadanía, donde se detectó que el 67.6 % considera que tanto ciudadanía como tomadores de decisión deben hacerse cargo de la GRSU, 68 % emplean bolsas de polietileno para almacenar sus RSU. Existe una variedad de argumentos por los cuales las personas no separan sus RSU: 12 % contestó que es por falta de tiempo; 7.8 % porque el recolector se los lleva, y 70.5 % los entrega al ayuntamiento. Los hogares no tienen educación ni cultura del manejo de sus residuos.

El 56.9 % considera que los camiones recolectores no son adecuados. En cambio, 45.8 % opina que el servicio es bueno. sólo 23.2 % se niega al cobro extra por el servicio. Otros indicadores sugieren que el 35 % de la población está a favor de un cambio en el tipo de recolección, a 49.6 % le gustaría participar en la toma de decisiones, 68.1 % está dispuesta a capacitarse.

Así mismo, a continuación, se plasma en la tabla 3.2 la composición de los RSU para Metepec reportado en el trabajo mencionado.

Tabla 3.2 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos para Metepec

| SUBPRODUCTOS | COMPOSICIÓN (%) |
|---|-----------------|
| Papel, cartón y productos de papel | 10.06 |
| Textiles | 1.46 |
| Plásticos | 16.2 |
| Metales | 2.54 |
| Residuos de comida, jardines y materiales orgánicos similares | 50.62 |
| Pañal y papel higiénico | 11.89 |
| Loza y cerámica | 0.67 |
| Vidrios | 4.67 |

Fuente: Hochstrasser, 2020.

- b) Sistema de recolección. El PDMU 2022-2024 establece que en su territorio se generan 240 t/d, 23% más que con relación a la administración anterior. El aumento del parque vehicular promueve la disminución de presencia de TCA o acumulaciones de RSU en calles o vialidades, donde se atendió la limpieza de 32 espacios, recolectando 300 t

aprox. Se cuentan con 28 unidades de recolección (Figura 3.4), de las cuales su capacidad promedio es de 14 m³.



Fuente: H. Ayuntamiento de Metepec, 2022.

Figura 3.4 Camión recolector en el Municipio de Metepec

Hay 2 turnos de ruteo (Tabla 3.3), con lo cual se logra una cobertura del 85% por medio de 69 rutas establecidas de recolección, de las cuales el 56.52% son realizadas en la mañana. Cada ruta es cubierta tres veces por semana y en promedio se recorren 24 km por cada una, beneficiando aproximadamente a 4487 habitantes (H. Ayuntamiento de Metepec, 2022).

Tabla 3.3 Ruteo en Metepec

| RUTAS DE RECOLECCIÓN POR TURNO | |
|--------------------------------|--|
| TURNO MATUTINO | |
| Lunes, miércoles y viernes | Martes, jueves y sábado |
| Infonavit San Francisco | Infonavit San Francisco |
| San Miguel Totocuitlapilco | San Miguel Totocuitlapilco |
| Providencia | Leona Vicario |
| Casa Blanca | Casa Blanca |
| La Virgen 1 de mayo Galeana | San José La pila, Villas San Agustín Allende |
| CONTENEDORES | |
| La Asunción | La Bella Vista |
| Pilares | San Jerónimo |
| Cabecera | Cabecera |
| San Jerónimo Chichahualco | San Jerónimo Chichahualco |
| Ocotitlán | Ocotitlán |
| Izcalli I-III-IV | Izcalli II-V-VI |
| San Salvador Tizatalli | Andrés Molina Enríquez |
| San Bartolomé Tlatelulco | San Bartolomé Tlatelulco |

Fuente: H. Ayuntamiento de Metepec, 2022.

Tabla 3.4 Ruteo en Metepec (continuación)

| TURNO MATUTINO | |
|--|---|
| CONTENEDORES | |
| San Bartolomé Tlatelulco | San Bartolomé Tlatelulco |
| Américas I-II Jiménez Gallardo R. Historil | Jiménez Gallardo, Luisa Isabela Campos U. |
| Francisco I. Maderp | Isidro Fabela |
| San Gaspar | Las Marinas |
| Haciendas | San Gaspar |
| San Carlos | Hípico |
| San Gabriel | Cedros |
| | San Francisco Coaxusco |
| TURNO VESPERTINO | |
| Lunes, miércoles y viernes | Martes, jueves y sábado |
| Estado de México y Paseo San Isidro | Cabecera Municipal |
| Cabecera | Llano Grande, Álvaro Obregón |
| Castaños | Castaños |
| San Miguel del Hueso San Lorenzo | Michoacana, Margaritas, Jorge Jiménez Cantú |
| Bonanza | Foresta |
| Tecnológico | Av. Baja Velocidad |
| Xinantécatl, Municipal | Juan Fernández Albarán |
| Cabecera | Camino Viejo a Metepec |
| Lázaro Cárdenas | Lázaro Cárdenas |
| San Lucas Tunco | San Sebastián |

Fuente: H. Ayuntamiento de Metepec, 2022.

- c) Sistema de aprovechamiento. En el 2016 y 2018 el municipio fue galardonado con el premio “Escoba de Oro” y “Escoba de Platino” respectivamente por su gran labor en la mejora de su MIRSU, destacando la reducción de residuos enviados a disposición final y el inicio de la transición hacia un enfoque de EC, donde se percibieron 43.5 t de valorizables y 7t de valorizables electrónicos bajo la implementación del programa “Deséchalos” (H. Ayuntamiento de Metepec, 2018).
- d) Disposición final. En los años 70’s se inauguró “El Socavón”, ubicado en la colonia San José Pueblo Nuevo de Metepec, el cual fue un Sitio de Disposición Final (SDF) (Figura 3.5). Tuvo una vida útil de 29 años, en el año 2003 contaba con tres subáreas de RSU que en total suman 27,519 m² y una laguna de lixiviados de 530 m², para el año 2006 (Figura 3.6a) la laguna de lixiviados y una de las subáreas de RSU no se detectaron dando un total de 27,377 m², al momento de su clausura en 2007 tuvo un área de 83,762 m² en total, en el 2023, a más de 10 años de su clausura se detectó una nueva subárea de 5,476 m² con residuos de construcción (cascajo) (Figura 3.6b) (H. Ayuntamiento de Metepec; 2003; H. Ayuntamiento de Metepec; 2007; H. Ayuntamiento de Metepec; 2008).

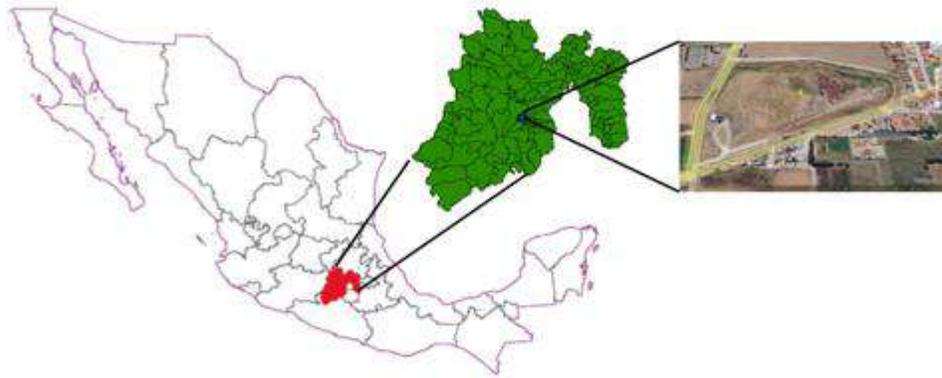


Figura 3.5 Ubicación de "El Socavón"



Figura 3.6 Histórico de "El Socavón a) Enero-2006 b) Junio-2023

Durante su operación y clausura, el SDF "El Socavón" represento riesgos de carácter ambiental y de salud, debido a que al no estar regulado bajo la NOM-083-SEMARNAT-2003; Que establece criterios y especificaciones de diseño, construcción, operación mantenimiento y clausura para Sitios de Disposición Final, carecía de la infraestructura requerida para evitar afectaciones derivadas de la generación de biogás y lixiviados provocando emisiones a la atmósfera, contaminación de cuerpos de agua y suelo (SEMARNAT, 2003).

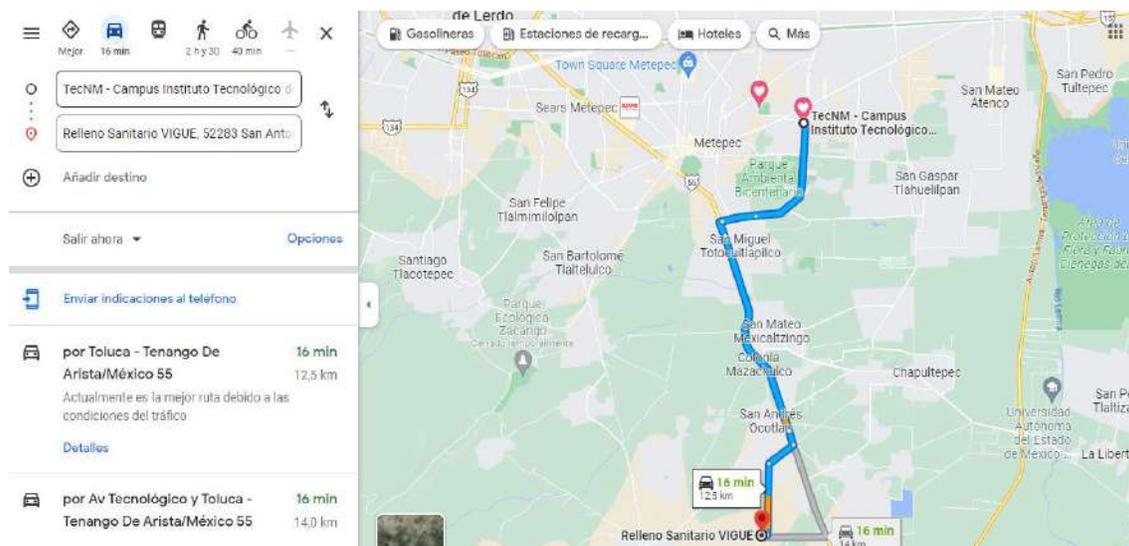
Por su parte, los riesgos que afectan directamente la salud de la población es la proximidad inmediata del SDF a la mancha urbana, ya que al sur de "El Socavón" a sólo 16m se encuentran casas-habitaciones pertenecientes a la colonia San Jorge Pueblo

Nuevo, a 20m al este se encuentra la colonia Michoacana, 21m al oeste se ubica una institución educativa, 82m al norte se ubica la colonia Las Margaritas y 209m al noroeste un complejo deportivo (Google Earth Pro, 2023). La NOM-083-SEMARNAT.2003 establece que en localidades mayores a 2500 habitantes un SDF debe de estar mínimo a 500m de distancia en relación con la mancha urbana. Actualmente, Metepec deposita sus RSU en el RESA ubicado en San Antonio la Isla, el cual se observa en la figura 3.7, así como su distancia en relación con el municipio (Fig 3.8) (DOF, 2004; H. Ayuntamiento de Metepec, 2022) .



Fuente: Espinosa, 2007.

Figura 3.7 "El Socavón"



Fuente: Google Maps, 2023.

Figura 3.8 Distancia entre Metepec y RESA San Antonio la Isla

3.2.2 Calimaya

Se localiza en la porción central del territorio del Estado de México con las coordenadas geográficas 19° 07' 02"; 19° 13 '25" latitud norte, 99° 32' 10" ; 99° 44' 02" longitud oeste. La superficie del Municipio de Calimaya es de 10,425.80 has., y representa el 0.45% del territorio del Edo. Mex. Se conforma por una cabecera municipal y 40 localidades. Colinda con Toluca, Metepec, Mexicaltzingo, Chapultepec, Tianguistenco, San Antonio la Isla, Tenango del Valle y Santa María Rayón. Cuenta con una población de 68,489 hab. Su principal recurso económico es la agricultura y minería (H. Ayuntamiento de Calimaya, 2022).

- a) Generación y composición de Residuos Sólidos Urbanos. Como parte de la gestión para trabajar con el municipio de Calimaya, se entregó el oficio que se muestra en el Anexo 3 en las oficinas del Ayuntamiento el 11 de noviembre del 2022 y se tuvo dos sesiones de trabajo con el Director de Servicios Públicos el Lic. Abel Guadarrama, en la primera se le aplicó la CE, misma que cubre puntos medulares del MIRSU partiendo de la que se elaboró con base al Proyecto SEMARNAT-CONACYT-01-263315 Y posteriormente se adecuó al formato de llenado electrónico el cual se hizo por medio de Google Forms y la segunda sesión se tuvo con la finalidad de concretar la investigación de campo sin embargo no hubo una buena.

Las CE fueron elaboradas tomando como base la Guía para la elaboración de Programas para el Manejo y Prevención de la Gestión Integral de RSU (SEMARNAT-GTZ, 2006) y el trabajo de Martínez-Morales (2016). Para la ciudadanía, la estructura de la CE-1 que se muestra en el anexo B comprende dos módulos, los cuales son aspectos de generación de RSU y estrato socioeconómico. Para los responsables del MIRSU la CE-2 está dividida en cinco módulos: Marco Económico y Financiero, Barrido, Recolección, Almacenamiento y Disposición Final (Anexo C).

Previo a la aplicación de la CE-1, se requirió conocer la población de la zona de estudio , para determinar el tamaño de la muestra de cada uno de ellos y obtener resultados confiables. El tamaño de muestra (casas a entrevistar) se calculó conforme a lo establecido en la ecuación 3.1 considerando NMX-061-AA-1985 punto número cinco

“Procedimiento de campo”, por medio de la ecuación estadística 2.1 para poblaciones finitas (Johnson, 2012; SEMARNAT, 1985a).

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

N: Tamaño de la población

Z: Parámetro estadístico del que depende el nivel de confianza

P: Probabilidad de que ocurra el evento

q: Probabilidad de que no ocurra el evento

e: Error de estimación máximo aceptado

n: Tamaño de muestra

El primer paso para aplicar la CE-1 en el fraccionamiento CUHF, fue estimar el número de casas, el cual se determinó mediante la ecuación 2.1. El tamaño de la población total fue proporcionado por la Administración del CUHF, de manera que, considerando 900 casas, un nivel confianza para *Z* del 90% (1.645), un margen de error del 5% y una probabilidad del 50%, la muestra representativa estimada fue de 207.

El segundo paso fue el levantamiento de las CE-1, el cual se realizó de manera aleatoria, tal y como puede observarse en la figura 3.9, donde se señalan los puntos de muestreo dentro del CUHF.

Los resultados de la CE-1 reflejan que en las 207 casas sondeadas viven en total 657 personas, con un promedio de 4 habitantes por casa y el rango de edad que predomina es de 30 a 40 años, siendo éstos el 57.0% de padres de familia quienes respondieron la entrevista (Figura 3.10). El 47% de la población cuenta con estudios universitarios (Figura 3.11), donde 40% son trabajadores, 40% son estudiantes, 12% son amas de casa y 5% son jubilados (Figura 3.12).



Fuente: Google Maps, 2022

Figura 3.9 Áreas muestreadas en el fraccionamiento CUHF

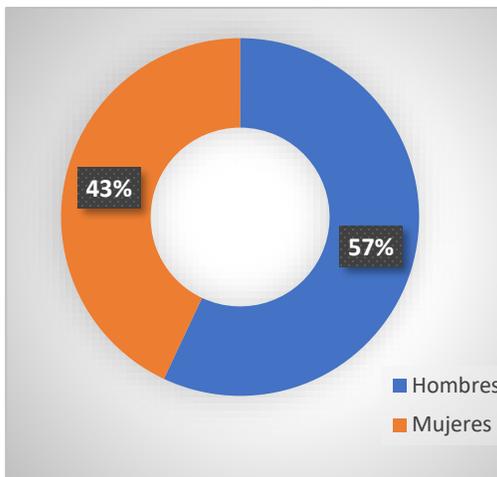


Figura 3.10 Encuestados por género

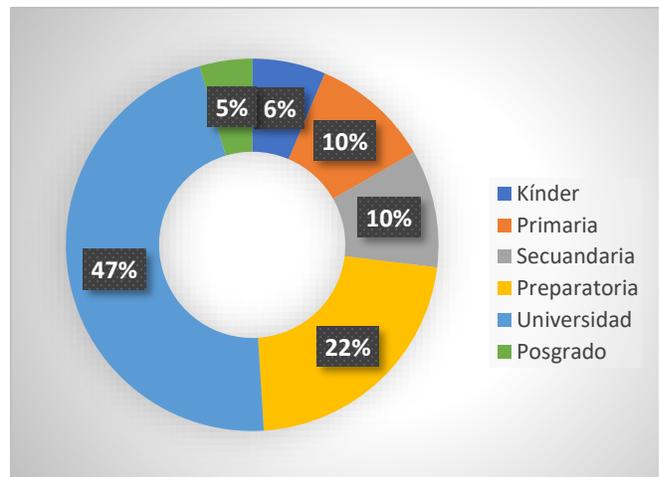


Figura 3.11 Grado de estudios

Así mismo, en cuanto a la generación de RSU y con base al análisis de la información obtenida por medio de la CE se determinó que el 38.14% generan de 3 a 4 kg/sem, tomando como línea base para este cálculo la cantidad de entrevistados que respondieron uno de los cinco rubros, partiendo de ahí se obtuvieron porcentajes y promedios, dentro de los cuales se estimó que la generación por semana de esta porción de la muestra analizada es de 248.5 kg/sem; el 13.36% dice no saber cuánto

genera (Tabla 3.4); sin embargo, el 49.0% está dispuesto a pagar por una mejora del servicio (Figura 3.9), el 71% desconoce donde se depositan los RSU (Figura 3.13).

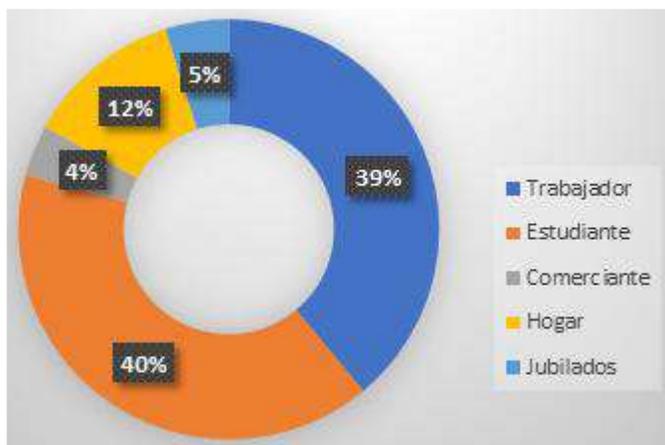


Figura 3.12 Actividad principal

Tabla 3.4 Generación a la semana de RSU

| kg / sem | TOTAL | PORCENTAJE (%) | PROMEDIO (kg) | |
|----------|-------|----------------|---------------|-------|
| 1 a 2 | 15 | 7.42 | 1.5 | 22.5 |
| 3 a 4 | 71 | 38.14 | 3.5 | 248.5 |
| 5 a 6 | 56 | 27.72 | 5.5 | 308 |
| 7 o más | 33 | 16.33 | 8 | 264 |
| No sabe | 27 | 13.36 | - | - |
| TOTAL | 202 | 100 | - | 843 |

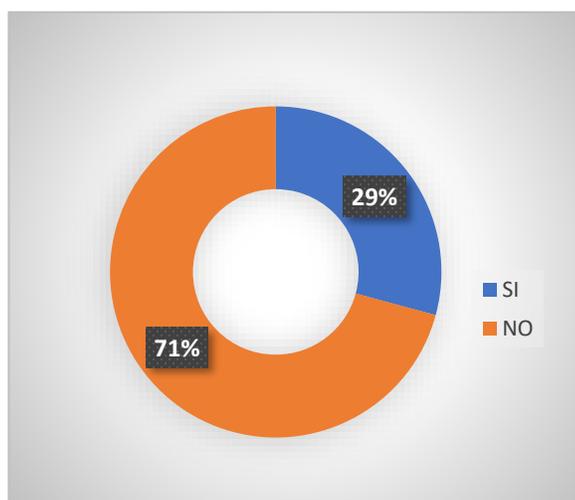


Figura 3.13 Destino de los RSU generados

El 71% entrega sus RSU separados (Figura 3.13) debido a que este es un requisito que establece la administración y la junta vecinal del fraccionamiento. El 51% no está conforme con la recolección (Figura 3.14), debido a que hay presencia de plagas en los contenedores de disposición temporal mismos que se encuentran dentro del fraccionamiento y a su vez estos se encuentran próximos a las escuelas con las que cuenta el fraccionamiento. Este punto es importante a resaltar ya que las personas encuestadas que tienen hijos adscritos a éstas se preocupan las implicaciones a la salud que conlleva.

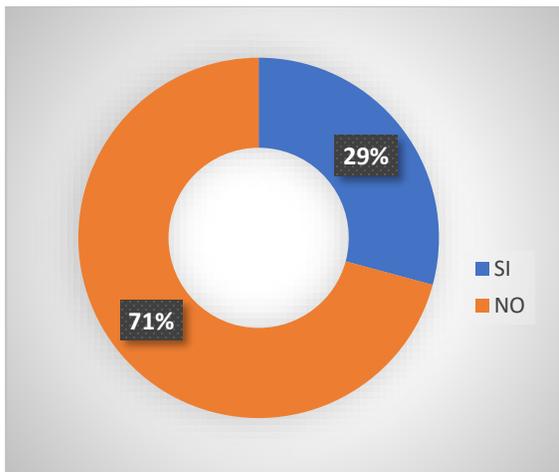


Figura 3.14 Residentes que separan sus RSU

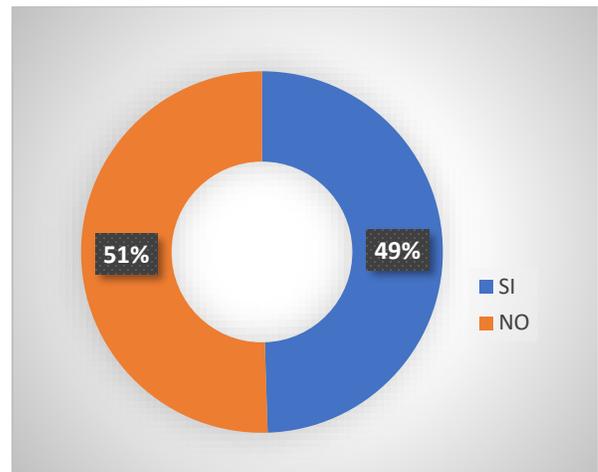


Figura 3.15 Residentes que consideran adecuada la recolección de los RSU

Al preguntarles a los entrevistados, cuál sería la mejor opción para mejorar el servicio de recolección de los RSU, el 73% respondió que talleres de educación ambiental, donde se establezcan puntos importantes a tratar, tales como:

- a) Capacitación en la clasificación y disposición adecuada de todos los materiales que conforman los RSU.
- b) Dar a conocer los peligros a la salud y ambiente que se pueden generar a partir de un manejo inadecuado de los RSU.
- c) Residuos valorizables y su importancia en una visión económica circular.
- d) Dar a conocer empresas que se dediquen al reciclaje y/o acopio de los RSU dentro de Calimaya, debido a que sólo el 27% tienen información al respecto (Figura 3.15).

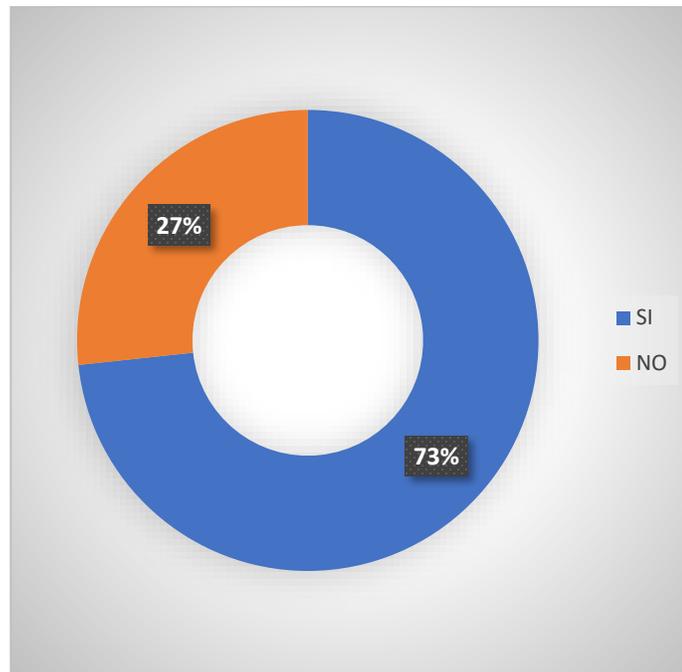


Figura 3.16 Conocimiento de empresas

Los talleres de educación ambiental tienen sustento de aplicación debido a que el 78% de los encuestados no han ingresado a algún curso o capacitación relacionado a los RSU (Figura 3.16), dentro de los cuales la principal razón de que no hayan asistido fue por falta de interés o de tiempo.

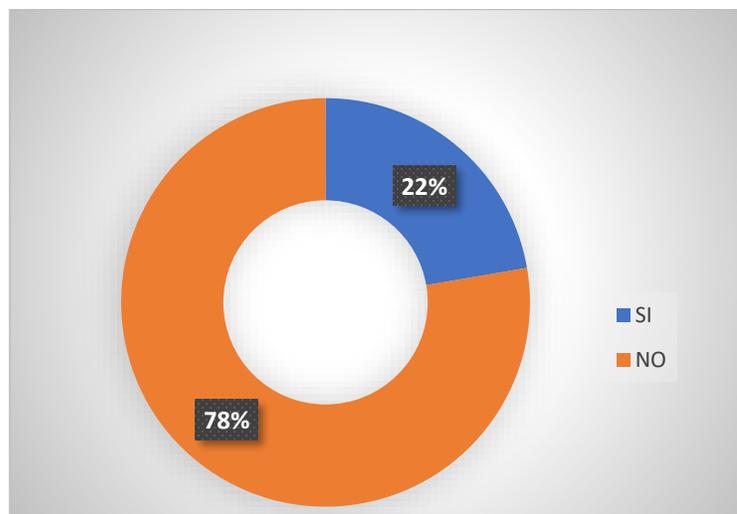


Figura 3.17 Asistencia a cursos o capacitaciones

El 69% de la población encuestada tiene interés y disposición de participar en un estudio de caracterización de RSU (Figura 3.17), sin embargo, la mayoría en un inicio se vio inclinada a decir que no.

En este caso se dio a la tarea de informarles acerca de lo que se hace en un estudio de este tipo, con lo cual cambiaron su postura y accedieron al mismo. Con base a las CE aplicadas se observó una tendencia entre aquellas personas que tienen licenciatura y la postura al momento de responder las preguntas, ya que estas se mostraron más abiertas y atentas a la recepción de la información que se les estaba proporcionando, debido a que la formación académica influye directamente en el manejo de conocimientos y comprensión de estos.

En cambio, aquellas personas que tienen estudios de preparatoria adoptaron una postura más cerrada y presentaron indicios de desinterés y desconfianza ante la CE, aunque se les explicó a detalle no denotaban algún aspecto de curiosidad por el móvil de la investigación que se llevó a cabo dentro del fraccionamiento (Figura 3.18).

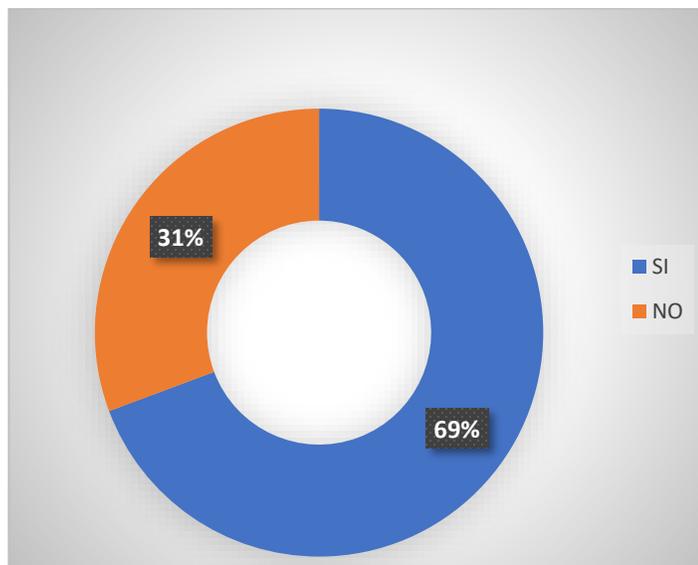


Figura 3.18 Disposición a participar en un estudio de caracterización

En las preguntas de la CE que corresponden al estrato socioeconómico se observó una tendencia homogénea en cuanto a los servicios con los que cuenta la casa – habitación, los aparatos electrodomésticos, de entretenimiento, informáticos y de telecomunicaciones. Esto es lógico debido a que el nivel al que corresponde el fraccionamiento es medio – residencial.

Por lo tanto, se infiere que la población que conforma la muestra representativa censada corresponde a un nivel medio – alto y alto en algunos casos.

Debido a cuestiones financieras por parte de la administración del fraccionamiento, no se pudo llevar más a fondo esta prueba piloto, sin embargo; por medio de la tabla de contingencia obtenida a partir de los datos de la CE, se observaron una serie de relaciones entre las variables rango de edades y ocupación, como se presenta en la figura 3.15 se observa que el mayor porcentaje lo ocupan los estudiantes con un 43% y el menor los comerciantes con un 4% (Fig 3.19).



Figura 3.19 Ocupación de los entrevistados

b) Sistema de recolección. En la etapa de recolección se le preguntó al Lic. Abel Guadarrama si su personal adscrito contaba con seguro social debido a que las actividades correspondientes a la manipulación de los RSU conllevan un riesgo latente ya que podría haber presencia de RP en ellos; a lo que el respondió afirmativamente. Así mismo comentó que el presupuesto destinado por mes es de \$250,000.00 (Doscientos cincuenta mil 00/100 MN), lo cual invierten mayormente en la cobertura del ruteo, diésel y mantenimiento o compostura del parque vehicular con el que se cuenta. Para la etapa de barrido se comentó que al día la cobertura es de 25 m lineales, dando especial atención a la cabecera municipal recolectando cerca de 300 kg/d. Por cuestiones de confidencialidad, el Lic. Guadarrama no pudo proporcionar datos puntuales de la etapa transferencia y transporte. Así mismo, disposición final está concesionado y no llevan a cabo tratamiento en municipio.

Dentro del CUHF se lleva a cabo un acopio temporal en un sitio designado para este fin, el cual se encuentra ubicado al final de este, tal y como puede observarse en la figura 3.20 y 3.21, donde se perciben semanalmente 7.3t.



Fuente: Casas GEO, 2010

Figura 3.20 Croquis interno CUHF



Figura 3.21 Centro de acopio temporal en CUHF, Calimaya

- c) Sistema de aprovechamiento. El director de servicios públicos mencionó al momento de la aplicación de la CE-2 que dentro del territorio municipal se elabora composta en el caso de la FORSU. Así mismo mediante lo reportado por el Ayuntamiento durante la administración actual cuentan con el programa “Reciclatrón” para residuos electrónicos y detectaron presencia de compraventa no regulada. Dentro del CUHF, el mismo personal de recolección que se encarga de llevarse los RSU depositados en esta zona se encarga de apartar los valorizables y posteriormente comercialarlos, obteniendo una ganancia (H. Ayuntamiento de Calimaya, 2022).
- d) Disposición final. El PDMU establece que su SDF está en saneamiento permanente y concesionado por lo que en algunas fuentes se reporta que Calimaya deposita las 70 t/d en el RESA de San Antonio la Isla (Figura 3.22). Así mismo para el CUHF, posterior a su retiro del CA temporal, las 7.3 t/sem generadas se canalizan a este sitio (H. Ayuntamiento de Calimaya, 2022). Sin embargo; entre residentes y condóminos se sabe que el municipio cuenta con un TCA que originalmente fue una mina con coordenadas $19^{\circ}10'01.6''N$ y $99^{\circ}35'27''W$ y cuenta con un área de $103,466 \text{ m}^2$. Por medio de fotos satelitales se observó la conversión de mina en diciembre del 2013 (Figura 3.23a) a basurero clandestino en junio del 2023 (Figura 3.23b) (Miranda, 2022).

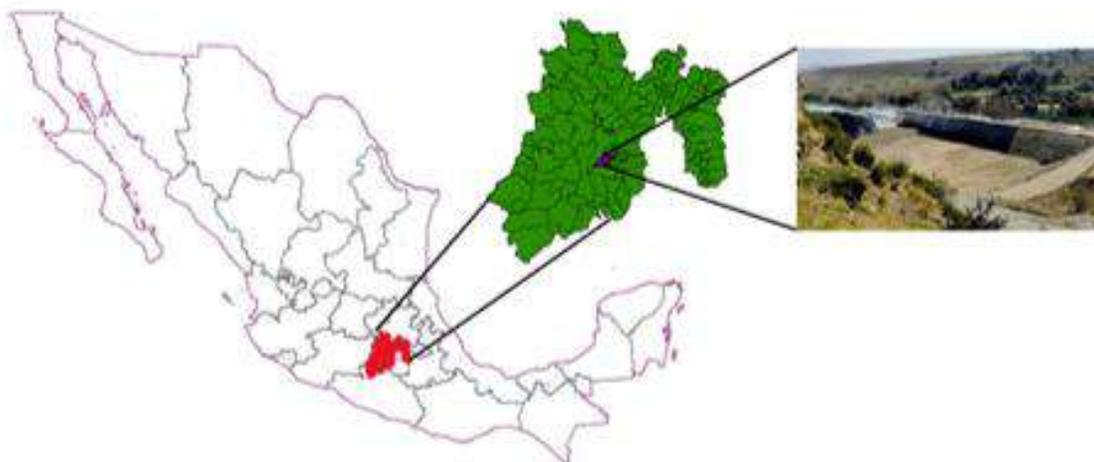


Figura 3.22 Ubicación del basurero en Calimaya



Figura 3.23 Histórico de tiradero clandestino en Calimaya a) Diciembre-2013 b) Junio-2023

3.3.3 Tenango del Valle

Se ubica al sur del Valle de Toluca y ocupa el 12.37 % de la superficie total de la región con 21,107.71 Ha. Sus coordenadas geográficas son 99°31'37" y 99°45' mínima y máxima de longitud oeste; 18°39'7" y 19°8'29" de mínima y máxima de latitud norte. Su altura es de 2600 msnm. Colinda con Calimaya, Santa María Rayón y Texcalyacac al norte, al sur con Tenancingo y Villa Guerrero, al este con Joquicingo y al oeste con Toluca. Está integrado por una cabecera municipal, llamada Tenango de Arista, así como por 10 delegaciones, 11 subdelegaciones, 31 colonias, 27 fraccionamientos urbanos y 7 barrios (H. Ayuntamiento de Tenango del Valle, 2022).

- a) Generación y composición de Residuos Sólidos Urbanos. Debido a la falta de respuesta por parte de los tomadores de decisión en el Ayuntamiento del municipio, se optó por buscar una apertura directa en el RESA ubicado en su territorio. Donde se llevaron a cabo las determinaciones "in situ" tanto a superficie como camiones recolectores, las cuales van desde la toma de muestra, cuarteo, clasificación en subproductos y cálculo del peso volumétrico. Las cuales se llevaron a cabo conforme a la metodología establecida en las NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985 y NMX-AA-022-1985 (Figura 2.3, 2.4 y 2.5 respectivamente).

A continuación, se abordarán los resultados obtenidos para el camión recolector.

En primera instancia el camión recolector arribó al RESA el 01/09/23 a las 9.23 am, y se tardó aproximadamente 12 minutos en registrar la carga en gerencia y depositar la misma en el frente de tiro.

Se le solicitó al operador de la garra tomara una porción de lo depositado por el camión recolector previamente, a partir de ahí se procedió a formar una pila conforme a lo establecido en el método de cuarteo hasta obtener la muestra requerida (Figura 3.5).

Posteriormente se estimó el peso volumétrico, se descartaron esos residuos y con los cuadrantes resultantes se procedió a la clasificación conforme a los subproductos requeridos por la norma, los cuales se muestran a continuación en la tabla 3.5 donde destaca la FORSU con casi 49 kg, cabe mencionar que la muestra tuvo un peso de 99.145 kg.

Tabla 3.5 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos en el RESA Tenango del Valle

| No. | SUBPRODUCTOS | PESO (kg) | % EN PESO |
|-----|--|-----------|-----------|
| 1 | Algodón | 0.000 | 0.000 |
| 2 | Cartón | 6.295 | 6.349 |
| 3 | Cuero | 0.000 | 0.000 |
| 4 | Residuo fino que pase por la criba M 2.0 | 0.080 | 0.081 |
| 5 | Envase de cartón encerado | 0.275 | 0.277 |
| 6 | Fibra dura vegetal (Esclerénquima) | 2.740 | 2.764 |
| 7 | Fibras sintéticas | 0.270 | 0.272 |
| 8 | Hueso | 0.635 | 0.640 |
| 9 | Hule | 0.000 | 0.000 |
| 10 | Lata | 0.635 | 0.640 |
| 11 | Loza y cerámica | 0.000 | 0.000 |
| 12 | Madera | 0.145 | 0.146 |
| 13 | Material de construcción | 7.450 | 7.514 |
| 14 | Material ferroso | 0.000 | 0.000 |
| 15 | Material no ferroso | 0.060 | 0.061 |
| 16 | Papel | 2.195 | 2.214 |
| 17 | Pañal desechable | 5.150 | 5.194 |
| 18 | Plástico de película | 4.555 | 4.594 |
| 19 | Plástico rígido | 1.675 | 1.689 |
| 20 | Poliuretano | 0.000 | 0.000 |
| 21 | Poliestireno extendido | 1.210 | 1.220 |
| 22 | Residuos alimenticios | 48.695 | 49.115 |
| 23 | Residuos de jardinería | 0.000 | 0.000 |
| 24 | Trapo | 1.570 | 1.584 |
| 25 | Vidrio de color | 2.105 | 2.123 |
| 26 | Vidrio transparente | 0.000 | 0.000 |
| 27 | Otros | 12.650 | 12.759 |

Tabla 3.5 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos en el RESA Tenango del Valle (continuación)

| No. | SUBPRODUCTOS | PESO (kg) | % EN PESO |
|-----|---------------------|-----------|-----------|
| 28 | <i>Pet</i> | 0.510 | 0.514 |
| 29 | <i>Electrónicos</i> | 0.245 | 0.247 |
| 30 | <i>Medicamentos</i> | 0.000 | 0.000 |
| | Total | 99.145 | 100 |

- b) Sistema de recolección. En el municipio se recolectan los RSU generados mediante recolección mixta: mecánica y manual, con un total de 80 t/d, con 4 rutas en la cabecera municipal y 8 en el resto del municipio. El servicio de está a cargo del Ayuntamiento a través de 33 personas. Se cuenta con 8 unidades recolectoras de las cuales, en total, pueden recolectar 54.3 t, la recolección de RSU se genera mayormente en la cabecera municipal con 23 t/d, lo que representa un con 25.27%, las demás localidades en promedio generan por localidad 6.8 t, que corresponde al 74.73% (H. Ayuntamiento de Tenango del Valle, 2016).
- c) Sistema de aprovechamiento. En la etapa final del MIRSU (disposición final) se lleva a cabo el aprovechamiento de los RSU depositados en la celda. Ya que se recolectan los valorizables por medio de segregadores informales, dentro del RESA hay aproximadamente 11 personas realizando este trabajo, los cuales perciben su pago a través del comercio de estos residuos recolectados a lo largo de su jornada. Para lograr esto de manera efectiva diariamente llega un comprador al RESA para adquirir lo recolectado. También, dentro del RESA existe un área donde se encuentra un horno para fundir vidrio el cual se alimenta por medio del biogás generado en este sitio. Así mismo, es importante resaltar que en Tenango del Valle se generaron 90t/d en el 2016; año en el cual se le otorgó a la municipalidad el premio “Escoba de Oro” por su labor en la mejora del MIRSU y para el 2022 reporta 100 t/d, incrementándose un 10% en un periodo de 8 años, sin embargo, no representó mejoras de estas etapas (H. Ayuntamiento de Tenango del Valle, 2016; H. Ayuntamiento de Tenango del Valle 2022).
- d) Disposición final. El RESA de Tenango del Valle se encuentra bajo las coordenadas 19°05'14.97" N 99°37'36" O (Figura 3.24), Parajes Acazingo y el Guajolotal, Ejido San Bartolomé Atlatlahuaca, Tenango del Valle, Edo. de México; a cargo de la empresa

OPERADORA DE RELLENOS SANITARIOS S.A. de C.V y cuenta con un área de 32,430 m² (H. Ayuntamiento de Tenango del Valle, 2022). Por medio de fotografías satelitales tomadas en 2013 (Figura 3.25a) y 2024 (Figura 3.25b) se observó la evolución del RESA y la progresión de las celdas.

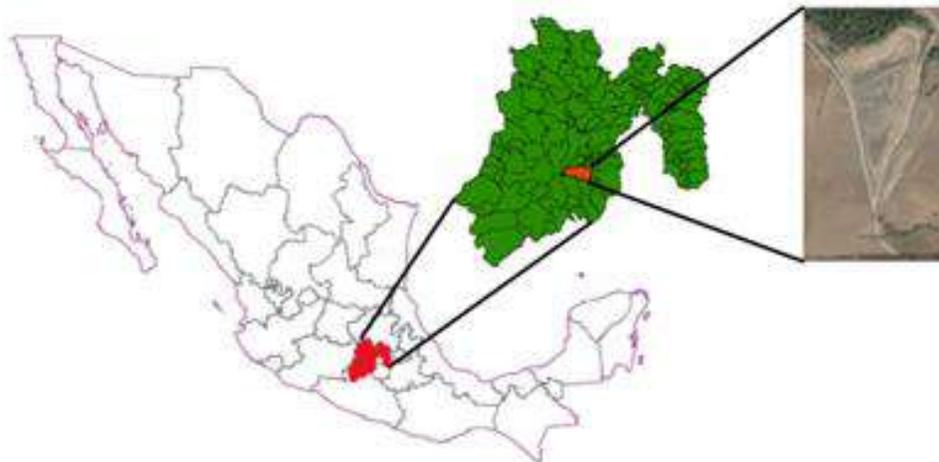


Figura 3.24 Ubicación del RESA en Tenango del Valle



Figura 3.25 Histórico RESA en Tenango del Valle

El RESA ubicado en Tenango del Valle, Edo. Mex. es considerado intermunicipal, ya que 10 municipios depositan sus RSU y RME beneficiando una población de 520,758 hab en total (INEGI, 2020), donde la generación de RSU según lo manifestado en sus PMDU son: Almoloya del Río (2,092 t/año) (H. Ayuntamiento de Almoloya del Río, 2022), Ixtapan de la Sal (9,125 t/año) (H. Ayuntamiento de Ixtapan de la Sal, 2022), Joquicingo (4,380 t/año) (H. Ayuntamiento de Joquicingo, 2022), Malinalco (9,860 t/año) (H. Ayuntamiento de Malinalco, 2022), Ocuilan (8,023 t/año) (H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2022), Tianguistenco (43,800 t/año) (H. Ayuntamiento de Tianguistenco, 2022), Tenancingo (27,218 t/año) (H.

Ayuntamiento de Tenancingo, 2022), Tonatico (3,525.9 t/año) (Ayuntamiento de Tonatico, 2022), Villa Guerrero (24,460 t/año) (H. Ayuntamiento de Villa Guerrero, 2022) y Zumpaguacán (4,380 t/año) (H. Ayuntamiento de Zumpaguacán, 2022).

3.3 APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS VALORIZABLES

Con la revisión documental de PDMU, BM, y páginas web oficiales de los 125 municipios que conforman el Edo.Mex., se detectó la inexistencia de información puntual de CA por municipio y se menciona en global la composición de la recolección segregada de los RSU valorizables y en fuentes de información nacionales como INEGI, SEMARNAT e INECC se proporciona el número total de CA a nivel estatal (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Centros de Acopio en el Estado de México

| Número de Centros de Acopio | Documento | Fuentes | Año de publicación |
|-----------------------------|---|------------------|--------------------|
| 17 | Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales | INEGI | 2019 |
| 16 | Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos | SEMARNAT E INECC | 2020 |
| 12 | Compendio de Estadísticas Ambientales | SEMARNAT | 2022 |
| 17 | Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos | SEMARNAT E INECC | 2022 |

Por medio del portal de consulta del Sistema Integral de Residuos del Estado de México (SIREM) se muestra que el Estado de México tiene 55 CA registrados y los municipios que cuentan con más Centros de Acopio son Toluca (16), en contraste Tultepec, Almoloya de Juárez, Temascalcingo, Rayón, Texcoco, Ixtapaluca, Apaxco Tequixquiac, La Paz, Capulhuac, Atlacomulco, Ocoyoacac, Temoaya, Tlalnepantla de Baz y Soyaniquilpan cuenta solamente con uno (Figura 3.26).

El 52.17 % de los CA existentes en el Estado de México aceptan plásticos de un solo uso, en donde destaca el polietileno de tereftalato (PET) y únicamente el 3 % acepta vidrio (SEMAEM, 2023).

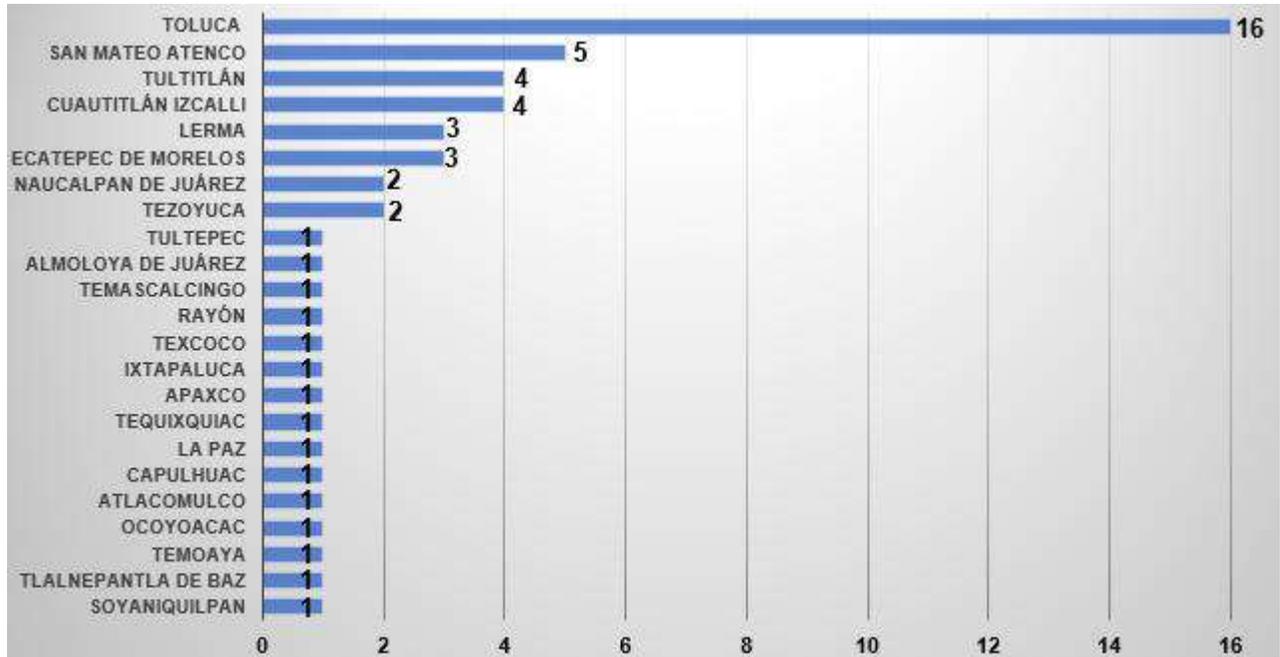
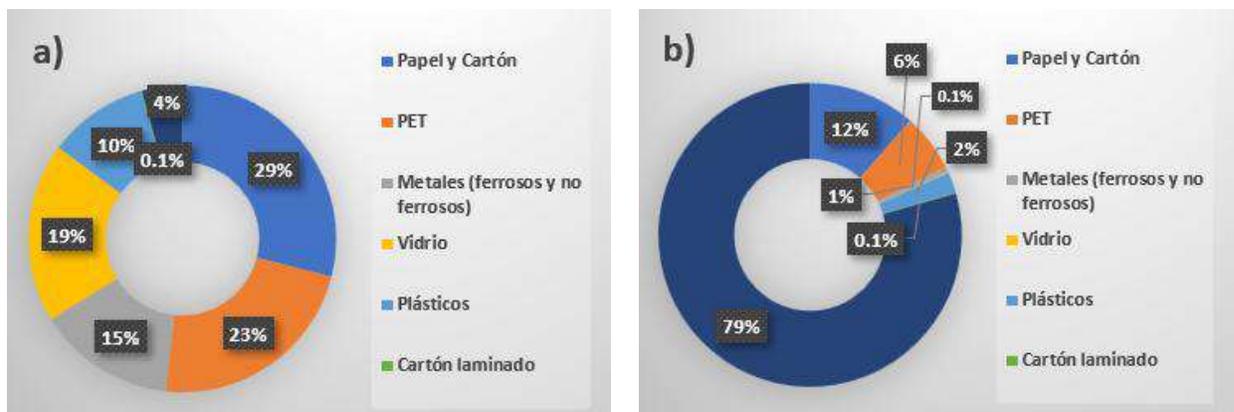


Figura 3.26 Municipios del Estado de México

Fuente: Adaptado de SIREM, 2023

Comparando los residuos valorizables que ingresaron en 2020 y en 2021, se encontró un crecimiento significativo en el aprovechamiento de papel y cartón; sin embargo, la recuperación de plásticos se redujo a la quinta parte (Figura 3.27).



Fuente: SEMARNAT, 2022; SEMARNAT e INECC, 2020.

Figura 3.27 Valorizables recibidos en Centros de Acopio a) DBGIR, 2020 b) ANRSU, 2022

Con base en la caracterización de fuentes secundarias, la caracterización realizada en el RESA de Tenango del Valle, los precios de CA cercanos y la consideración del 50 % de recuperación, se estimaron los posibles ingresos para cada municipio investigado.

3.3.1 Residuos valorizables en Metepec

Para estimar la ganancia a partir de la venta de valorizables con un alto valor agregado se tomó a consideración los datos reportados por Hochstrasser, 2020 en donde se tomaron aquellos residuos mayormente reconocidos tanto por los principales actores involucrados como ciudadanía, tomando en cuenta que estos son más fáciles de comerciar por la facilidad que otorgan al tener menor proceso de conversión a materia prima.

En el PMDU publicado en 2022 se establece que Metepec genera al día 240t, partiendo con este dato se identificó que a la semana se están generando 1,680,000kg y con lo cual, se calculó a partir de la composición base los kg/semana correspondientes a cada subproducto. Considerando el 50 % de su aprovechamiento por cuestiones de carga, descarga y transporte hasta el CA.

Posteriormente, se investigaron los precios de compraventa de cada uno de ellos y realizando los cálculos correspondientes se obtuvo una ganancia hipotética de \$1,074,077.50 (Un millón setenta y cuatro mil setecientos setenta y siete pesos con cincuenta centavos 00/100 MN) para el ayuntamiento de Metepec.

El subproducto que representa más de la mitad de las ganancias es el PET con \$680,400.00 MN (Seiscientos ochenta mil cuatrocientos 00/100 MN) (Tabla 3.7).

Tabla 3.7 Estimaciones por venta de valorizables para Metepec

| Subproducto | Comp. Base | kg/sem | Aprovechamiento (50%) | Precio (\$/kg) | Ganancia |
|---|------------|------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Papel, cartón y productos de papel | 10.06% | 169,000.00 | 84,500.00 | 3.40 | \$287,300.00 |
| Textiles | 1.46% | 24,528.00 | 12,264.00 | 0.00 | \$0.00 |
| Plásticos | 16.20% | 272,10.00 | 136,080.00 | 5.00 | \$680.,400.00 |
| Metales | 2.54% | 42,672.00 | 21,336.00 | 4.00 | \$85,344.00 |
| Residuos de comida, jardines y materia orgánica | 50.62% | 850,416.00 | 425,208.00 | 0.00 | \$0.00 |
| Pañal y papel higiénico | 11.89% | 199,752.00 | 99,876.00 | 0.00 | \$0.00 |
| Loza y cerámica | 0.67% | 11,256.00 | 5,628.00 | 0.80 | \$4,502.40 |
| Vidrios | 6.56% | 110,208.00 | 55,104.00 | 0.30 | \$1,531.20 |
| Total | | | | | \$1,074,077.60 |

3.3.2 Residuos valorizables en Calimaya

Para simular la determinación de la composición y grado de aprovechamiento de los residuos se tomaron en cuenta datos reportados por Martínez-Morales, 2021; en la tabla 3.4 se consideró para la composición base dos estratos socioeconómicos y la generación por semana reportada en el fraccionamiento (7.3t) con esto se calculo el pesaje por cada subproducto considerando los valorizables, simulándose un aprovechamiento del 50% por gastos de carga, descarga y transporte.

Se llevó a cabo la búsqueda de establecimientos acopiadores tomando en cuenta su cercanía con el fraccionamiento, encontrando una ubicación la cual se encuentra a 3 km del fraccionamiento, tomando en cuenta sus precios por kg se obtendría una ganancia de \$4781.77 (cuatro mil setecientos ochenta y uno con setenta y siete centavos 00/100 MN) (Tabla 3.8).

Tabla 3.8 Estimaciones por venta de valorizables para Calimaya

| Subproducto | Alto | Bajo | Comp. Base | Kg/sem | Aprovechamiento (50%) | Precio (\$/kg) | Ganancia |
|----------------------|-------|-------|------------|--------|-----------------------|----------------|------------------|
| Cartón | 5.63% | 2.39% | 5.63% | 410.99 | 205.49 | 3.75 | \$770.60 |
| Papel | 0.99% | 7.13% | 0.99% | 72.27 | 36.13 | 1.60 | \$57.81 |
| PET | 0.00% | 0.00% | 2.82% | 205.61 | 102.80 | 3.90 | \$400.93 |
| Plástico rígido | 8.45% | 5.33% | 5.63% | 411.21 | 205.60 | 5.60 | \$1151.38 |
| Plástico de película | 6.40% | 7.30% | 6.40% | 467.20 | 233.60 | 9.00 | \$2102.40 |
| Material no ferroso | 0.29% | 0.56% | 0.29% | 21.17 | 10.58 | 6.10 | \$64.56 |
| Latas de aluminio | 1.35% | 0.86% | 1.35% | 98.55 | 49.27 | 4.75 | \$234.05 |
| Total | | | | | | | \$4781.77 |

Fuente: Adaptado de Martínez-Morales, 2016.

En el fraccionamiento se generan semanalmente 7.3t, en donde los subproductos de la tabla 3.3 comprenden el 23.11% de su composición. El nivel de aprovechamiento y valor agregado están relacionados con el estado de los RSU al acopiarlos, destacando la segregación.

Por lo tanto es necesario establecer un programa de sensibilización a los residentes y condóminos del fraccionamiento a fin de crear una cultura ambiental responsable y capacitar al personal encargado en relación al manejo de los RSU.

3.3.3 Residuos valorizables en Tenango del Valle

Para obtener la estimación de los RSU valorizables se muestreó un camión tipo volteo, con una capacidad de carga de 4.5t dentro del RESA del municipio donde se obtuvo una muestra de 99.145kg a partir del método de cuarteo establecido en la NMX-AA-015-1985, posteriormente se determinó el peso volumétrico con ayuda de la NMX-AA-019-1985 y por último se clasificaron de acuerdo con la lista de subproductos reportados en la NMX-AA-022-1985 (Tabla 3.5).

Asimismo, los recolectores primarios que laboran dentro de la celda del relleno mencionaron que los RSU mejor pagados son principalmente el PET, plástico rígido y aluminio. Con la finalidad de homologar las estimaciones calculadas tanto para Metepec, Calimaya como Tenango del Valle se consideraron los mismos valorizables para los tres municipios. Para el caso de este municipio, dentro del RESA al final de cada jornada laboral arriban dos camionetas Ford F-350 Super Duty para realizar el pesaje, carga y compra de los valorizables recolectados a lo largo del día por medio de un comprador independiente al relleno.

Se realizó una segunda estimación considerando el volumen total de RSU que deposita por semana Tenango del Valle en el RESA. Para ello se tomó como base de cálculo las 416 t/día que equivalen a 2,912,000 kg/sem que reporta el Gerente general del sitio. En esta segunda estimación se obtuvo una potencial ganancia de \$114,459,872.00 (Ciento catorce millones cuatrocientos cincuenta y nueve mil ochocientos setenta y dos 00/100 MN) en donde destaca principalmente el plástico de película que corresponde a \$33,444,320.00 (Treinta y tres millones cuatrocientos cuarenta y cuatro mil trescientos veinte 00/100 MN) (Tabla 3.9).

Tabla 3.9 Estimaciones por venta de valorizables en celda para Tenango del Valle

| Subproducto | Comp. Base | kg/sem | Aprovechamiento (50%) | Precio (\$/kg) | Ganancia |
|---|------------|-------------|-----------------------|----------------|----------------------|
| Cartón | 6.35% | 18,488,288 | 9,244,144 | 3.00 | \$27,732,432 |
| Papel | 2.21% | 6,447,188 | 3,223,584 | 3.50 | \$11,282,544 |
| PET | 0.51% | 1,496,768 | 748,384 | 7.00 | \$5,238,688 |
| Plástico rígido | 1.69% | 4,918,368 | 2,459,184 | 8.00 | \$19,673,472 |
| Plástico de película | 4.59% | 13,377,728 | 6,688,864 | 5.00 | \$33,444,320 |
| Material no ferroso | 0.06% | 177,632 | 88,816 | 3.55 | \$315,296 |
| Aluminio | 0.64% | 1,863,680 | 931,840 | 18.00 | \$16,773,120 |
| Residuos de comida, jardines y materia orgánica | 52.67% | 151,071,648 | 75,535,824 | 0.00 | \$0.00 |
| Vidrio | 2.11% | 6,182,176 | 3,091,088 | 0.85 | \$2,627,424 |
| Total | | | | | \$114,459,872 |

3.4 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS

Por medio de los datos recopilados y obtenidos a través de los apartados anteriores se tiene la información suficiente para identificar áreas de oportunidad en cuanto a la manera que llevan a cabo su MIRSU y crear propuestas de mejora de Metepec, Calimaya y Tenango del Valle con el fin de incentivar la economía local donde la principal línea de acción fue la valorización de los subproductos de los RSU bajo una perspectiva de EC.

3.4.1 Metepec

Con la finalidad de mejorar cada etapa operativa que corresponde al MIRSU en Metepec, en pro del cuidado al ambiente y un cambio de perspectiva hacia la circularidad se realizaron una serie de propuestas acorde a cada área de oportunidad detectada en la prestación del servicio público tanto por parte de los actores involucrados como de la ciudadanía. Estas sugerencias se elaboraron con base a la recopilación de información de fuentes primarias y secundarias.

- a) Generación y composición de Residuos Sólidos Urbanos. Realizar campañas estratégicas de concientización con respecto a los hábitos de consumo de bienes y satisfactores, almacenamiento temporal de sus RSU en casas-habitación, así como en pequeños negocios. De esta manera se maximizará el volumen de valorizables segregados desde la fuente, y posteriormente a través del personal de recolección se canalizarán estos residuos a CA donde se podrán percibir como materia prima para diversos procesos productivos, con la finalidad de proteger los recursos naturales limitados y por consiguiente la flora y fauna.

- b) Sistema de recolección. El PMDU reportado por el municipio en el 2022 establece 68 rutas, 22 unidades y un sistema calendarizado de recolección segregada de los RSU, sin embargo; el municipio no se da abasto con la cobertura, ya que en varias zonas cercanas al ITTol se practica la quema de residuos debido a que los camiones destinados a este

fin pasan muy poco. Por consiguiente, se sugiere actualizar tanto las rutas como el calendario de recolección y renovar el parque vehicular.

- c) Sistema de aprovechamiento. Implementar en avenidas principales o secundarias depósitos inteligentes para residuos valorizables y orgánicos, estos contenedores deberán tener un lector de identificación oficial, un circuito de cámaras de seguridad con la finalidad de identificar el o los ciudadanos que están depositando ahí, en caso de que se haga un mal uso con ayuda de la información recopilada se podrá sancionar al ciudadano en cuestión.

Dentro del marco de la aplicación de los depósitos inteligentes se deberá añadir la imprenta de vales con valor económico de canjeo en tiendas de autoservicio proporcional a la cantidad de residuos depositados.

- d) Disposición final. Actualmente el municipio deposita los RSU en el RESA de San Antonio la Isla, lo que conlleva un gasto de transporte en relación gasolina, kilometraje recorrido y toneladas. Retomando lo dicho anteriormente se considera un gasto innecesario tomando en cuenta que el municipio contaba con un sitio controlado para disposición final, el cual se clausuró hace 17 años debido a que ya estaba repercutiendo en afectaciones ambientales y de salud debido a una inadecuada operación. Por consiguiente, se sugiere llevar a cabo estudios de compactación y porosidad del suelo, así como también caracterizaciones fisicoquímicas del terreno y de esta manera elaborar un programa de recuperación del sitio y a la par mejorar las condiciones de infraestructura e impermeabilización con la finalidad de cumplir con la NOM-083-SEMARNAT-2005; Que establece especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de RSU y de manejo especial para convertirlo en un RESA.

3.4.2 Calimaya

Un MIRSU corresponde a cada etapa operativa que va desde “La cuna a la tumba”, quienes llevan a cabo la prestación de esta asistencia a la población es la dirección de servicios públicos precisamente son ellos los que deben llevar la iniciativa de recuperar todo RSU con

potencial de valorización a lo largo de este proceso. Con la finalidad de recuperar el mayor volumen de valorizables se elaboraron una serie de propuestas para mejorar el manejo de los residuos en Calimaya, tomando en cuenta información obtenida por medio de trabajo de campo, así como fuentes primarias y secundarias.

a) Generación y composición de Residuos Sólidos Urbanos. Se propone diseñar e implementar talleres permanentes de educación ambiental para niños, jóvenes y adultos. Considerando que las sedes de estos sean las escuelas que se encuentran dentro del CUHF, donde los puntos medulares a abarcar sean tanto hábitos de consumo como valorización, disposición y acopio temporal.

b) Sistema de recolección. Dentro del CUHF el método de recolección se basa en contenedores de acopio temporal ubicados a las afueras de este, se observó gran proliferación de fauna nociva debido a la irresponsabilidad por parte de los condóminos al depositar sus RSU dado que algunos residentes evitan bajarse de sus vehículos y avientan las bolsas a los contenedores sin considerar la clasificación establecida por la administración. Estas prácticas las llevan a cabo mayormente al anochecer para evitar represalias.

Se propone la instalación de un sistema de cámaras de vigilancia de circuito cerrado en puntos estratégicos donde se observen los contenedores de acopio temporal. Así mismo llevar a cabo un sistema de sanciones y llamadas de atención públicas para los condóminos que reincidan en estas actividades.

c) Sistema de aprovechamiento. Creación de un mercado de trueque de residuos valorizables, donde el CUHF podría buscar y firmar convenios con organizaciones, secretarías o empresas que se dediquen a la recuperación de valorizables a modo que se perciba un beneficio económico en forma de vales canjeables con estas entidades.

d) Disposición temporal. Justo al lado de los contenedores de acopio temporal se encuentra un área de depósito para los residuos valorizables, misma que se encuentra llena de residuos de manejo especial (llantas), las cuales solo albergan roedores e insectos. Por

consiguiente, esta área no se aprovecha y por el contrario solo promueve la generación de fauna nociva y malos olores que afecta directamente a la salud de los condóminos y sus hijos, debido a que tanto los contenedores como el área de valorizables se encuentran muy cerca de escuelas.

Se propone el diseño optimizado de un CA así como su reubicación de tal manera que no represente un problema de salud para las escuelas próximas para el CUHF, la erradicación de la fauna nociva mediante el control total en el manejo de la FORSU. Así mismo se sugiere utilizar la colorimetría e iconografía adecuada correspondiente para cada tipo de residuo considerado en el CA temporal con base a lo reportado por SEMARNAT.

3.2.3 Tenango del Valle

Un manejo eficaz e integral para los RSU implica estar mejorando constantemente cada etapa que conforma, ya que la tendencia en hábitos de consumo y generación de residuos cambia constantemente y tanto su composición como valorizaje se ven influenciados. Por ello, se elaboraron una serie de propuestas para el MIRSU que llevan a cabo en Tenango del Valle las cuales se elaboraron con base a las características específicas que presentó el municipio y por medio de la aplicación de NMX, estancias de investigación en el RESA y búsqueda documental de fuentes tanto primarias como secundarias.

a) Generación y composición de Residuos Sólidos Urbanos. Incentivar el diseño e implementación de talleres de manejo de RSU y educación ambiental acorde a sus áreas de oportunidad, para que los valorizables sean segregados desde la fuente facilitando su recuperación y disminuyendo el volumen destinado a disposición final y a la par alargar la vida útil del RESA.

Tomar en cuenta la composición de los RSU generados en el municipio, ya que de esta manera se podrá plantear un calendario de recolección segregada en orgánicos e inorgánicos, así como la ruta recorrida por el personal. Esta información deberá estar plasmada en su PDMU, actualizando estos datos anualmente para facilitar la toma de decisiones a los principales actores involucrados.

b) Sistema de recolección. Crear un sistema de horarios para depositar los RSU en contenedores ubicados en puntos específicos, tales como avenidas principales o secundarias, así como la hora en que pasa el camión recolector a la o las localidades. También instalar cámaras de circuito cerrado en puntos estratégicos, tanto en contenedores como en camiones recolectores.

Los recolectores primarios fungen como piedra angular en la recolección de los RSU, sin embargo; el único beneficio económico que perciben corresponde a la venta de valorizables al día. Desafortunadamente, hoy en día no cuentan con prestaciones ni están asegurados ante el IMSS o ISSSTE. Entonces se propone el diseño y afiliación de un programa específico para los recolectores, ya que sin su ardua labor se incrementaría la dificultad de esta etapa del MIRSU.

La ciudadanía carece de seriedad al manejar adecuadamente sus RSU, debido a que mayormente entregan sus residuos mezclados en bolsas de polietileno de colores opacos lo cual impide que el personal de recolección inspeccione brevemente su contenido y ralentiza esta actividad. Por ello, se sugiere la creación de un reglamento para el manejo de los RSU destinado a la ciudadanía, en donde se establecerá un sistema de sanciones y recompensas.

c) Sistema de aprovechamiento. Para optimizar esta etapa del MIRSU se debe de reforzar a conciencia las 3 R's, educir los residuos desde la fuente, reutilizar aquellos empaques o embalajes y darles un segundo uso y reciclar los valorizables transformándolos con materia prima para otros procesos, con la finalidad recuperar el mayor volumen de valorizables tanto en la fuente de generación como en cualquier otra etapa del MIRSU, incrementando la calidad de estos. El RESA del municipio cuenta con un horno fundidor de vidrio, el cual se alimenta por medio del biogás generado en las celdas. Se sugiere la creación de un proyecto para realizar una planta termovalorizadora que también se vea alimentada por estos gases, lo cual se traduce en energía eléctrica, alargamiento de la vida útil del RESA y combustión de los GEI para reducir su efecto contaminante antes de que estos se emitan a la atmósfera.

e) Disposición final. Actualmente el RESA del municipio cumple con las disposiciones establecidas dentro de la NOM-083-SEMARNAT-2005; sin embargo, el siguiente paso dentro de la sostenibilidad es la transformación de este a un Centro Integral de Revalorización de RSU (CIRRSU) donde se podrán contemplar procesos para el aprovechamiento y tratamiento de residuos dentro de sus instalaciones. Así mismo se podrán vincular las instalaciones del RESA, dentro del cual también se propone el diseño de una planta de separación, considerando bandas transportadoras vibratorias, mismas que funcionarán como criba para separar los residuos finos.

CONCLUSIONES

- El MIRSU se conforma por distintas etapas operativas que van de “La cuna a la tumba” y para incidir los hábitos de consumo, generación y acopio temporal de RSU en la fuente (ciudadanía), se requiere de la educación ambiental en pro de la circularidad, para maximizar el volumen de valorizables recuperados y proteger a la par los recursos naturales.
- El uso de herramientas digitales para la aplicación de las encuestas a la ciudadanía optimizó el proceso de acopio y análisis de la información, minimizando los errores de captura.
- Se detectaron áreas de oportunidad en la manera que la ciudadanía realiza el acopio temporal y la entrega de sus RSU mezclados, las cuales se atenderían a cabalidad mediante el apoyo de políticas públicas en donde la pieza medular sea un sistema de recompensas y sanciones, para incentivar a la ciudadanía a entregar sus RSU segregados.
- Las administraciones de los tres municipios estudiados mostraron poco interés en la implementación de los estudios de generación y composición de RSU, al conocer que para cada estrato socioeconómico se requerían sobre \$20,000.00 (Veinte mil pesos 00/100 MN), además de tiempo, mano de obra y apoyo de un vehículo recolector.
- Metepec, Calimaya y Tenango del Valle requieren de la apertura de un fondo de inversión específico para investigación aplicada, con la finalidad de poder costear diversos estudios o proyectos, mismos que las administraciones municipales pueden ocupar como línea base para la elaboración de sus PDMU, BM y documentos de rendición de cuentas.
- El ejercicio de la comercialización de residuos valorizables en Metepec mostró ingresos superiores a \$1,000,000.00 (Un millón 00/100 MN), evidenciando el potencial que se tiene en este municipio si se prioriza la recuperación de valorizables de los RSU, para convertir esos volúmenes en recursos económicos.

- El CUHF de Calimaya debe integrar activamente a los residentes y condóminos del fraccionamiento, generándoles sentido de pertenencia para incentivar en la participación activa y responsabilidad tanto social como ambiental.
- El RESA localizado en Tenango del Valle cumple con todos los requisitos operativos y de infraestructura establecidos en la NOM-083-SEMARNAT-2005 y el siguiente paso es su conversión a un Centro Integral de Residuos, en donde se sustituya la disposición final por tratamiento y recuperación de los residuos valorizables.
- La forma en la que se han manejado los RSU en las últimas décadas refleja una estrategia superficial ante la crisis ambiental al anteponer beneficios económicos de políticos y, aunque la ciudadanía es consciente que prácticas actuales pueden conducir al punto de no retorno, existe ignorancia y se carece de la disposición para actuar de manera sostenible.
- Se requiere adoptar un enfoque más consciente y a largo plazo para el MIRSU, que trascienda de administración en administración en donde el interés principal sea el cumplimiento real de los compromisos establecidos en la Agenda 2030, una visión cero residuos y la circularidad en todos nuestros procesos.
- Las administraciones municipales de Metepec, Calimaya y Tenango del Valle deben promover la formalización de los CA's ubicados en su delimitación municipal y elaborar un inventario con su razón social y dirección; aunado a ello, la información contenida en sus planes y bandos municipales debe fungir como línea base para la elaboración del programa para el MIRSU.

REFERENCIAS

- Aica, J. (2022). Mejora en la gestión de los residuos sólidos en el distrito de Andahuaylillas, Provincia de Quispicanchi, Cusco, 2022 basado en la economía circular [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UARM. <http://hdl.handle.net/20.500.12833/2473>
- Aguilar V., Cram H., Silke, Sánchez S., Murillo L., & Araiza A., J. (2019). La valorización de los residuos sólidos urbanos en el Estado de México, una visión geográfica. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(3), 693-704. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.14>
- Araiza A., Chávez M., y Moreno P., (2017). Cuantificación de residuos sólidos urbanos generados en la cabecera municipal de Berriozábal, Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 691-699. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.04.12>
- Arias, V., (2019). Los servicios públicos municipales y su concesión administrativa. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <https://repositorio.unam.mx/contenidos/367028>
- Ayuntamiento de Orizaba. (2021). "ECORI": Planta de separación de residuos sólidos en Orizaba. *Revista Iberoamericana de gobierno*. 1(19). 1-7. ISSN; 2173-8524. <file:///C:/Users/yuuls/Downloads/ecori-planta-de-separacion-de-residuos-solidos-orizaba-GKCG.pdf>
- Casas GEO. (2010). Manual del Propietario Conjunto Urbano Hacienda de las Fuentes (CUHF): El hogar perfecto. Casas GEO: Te cambia la vida. Recuperado de: https://tolucatecnmy.sharepoint.com/personal/mhernandezb_toluca_tecnm_mx/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fmhernandezb%5Ftoluca%5Ftecnm%5Fmx%2FDocuments%2FDatos%20adjuntos%2FGEO%5FMANUAL%5FPROPIETARIO%5FHACIENDA%5FFUENTES%2Epdf&parent=%2Fpersonal

<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4758> el 15 de enero del 2023.

Cavallín, A., (2019). Análisis de eficiencia y elaboración de propuestas de mejora de la GIRSU en municipios del SO de la Pcia. de Buenos Aires y de Cataluña a través de modelos integrados por DEA y RNA. [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UNS. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4758>

CEPAL. (2019). *La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas , Santiago de Chile.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/S1801141_es.pdf

Córdova, L., Salgado, L., & Bravo, B. (2020). “Economía circular y su situación en México”. *Indiciales*, 1(1), 25–37. <https://doi.org/10.52906/ind.v1i1.7>

Clerc, J., Pereira. M., Alfaro, C., Yunis, C., (2019). Economía circular y valorización de metales. CEPAL.

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/57160162-10a1-47c1-b025-b7978f3fda17/content>

DOF. (2004). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). *Diario Oficial de la Federación (DOF)*. 08 de Octubre del 2003. Recuperado el 08 de Noviembre del 2021 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir/LGPGIR_orig_08oct03.pdf

DOF. (2023). Modificación a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). *Diario Oficial de la Federación (DOF)*. 08 de Mayo de 2023. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir.htm> el 10 de mayo del 2023

DOF. (2021). Publican la Ley General de Economía Circular (LGEC). Diario Oficial de la Federación (DOF). 18 de Noviembre del 2021. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/senclave/65/CS-LXV-I-1P-038/01_minuta_038_17nov21.pdf

DOF. (2023) Aprueban la Ley General de Economía Circular (LGEC). Diario Oficial de la Federación (DOF). 12 de Febrero del 2023. Recuperado de <https://www.congresocdmx.gob.mx/comsoc-congreso-local-aprueba-ley-economia-circular-cdmx-4128-1.html>

Espinosa, A, (2007). Termina vida útil de “El Socavon”. Vlex: Información jurídica inteligente. Recuperado el 20 de septiembre del 2023. <https://vlex.com.mx/vid/termina-x00b3-n-vida-x00ba-til-201848191>

Esposito, M., Tse, T., Soufani, K. (2018). La economía circular: Una oportunidad para la renovación, el crecimiento y la estabilidad. *Negocios Internacionales Thunderbird*. 60(5), 725–728. <https://doi.org/10.1002/tie.21912>

Fundación Ellen MacArthur. (2015). *Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada*. Recuperado de: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf el 15 de Noviembre del 2021.

García. (2021). Innovación tecnológica en Japón: lecciones por aprender. Instituto Español de Estudios Estratégicos. https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2021/DIEEEEO39_2021_GLO GAR Japon.pdf

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, P., y Hultink, J. (2017). La economía circular: ¿Un nuevo Paradigma de sostenibilidad?. *Journal of cleaner production*. 143 (1), 757-768. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Google Maps. (2023). Google (11.113). Aplicación Web. Google Play Store.
<https://www.google.com.mx/maps/preview>

Google Earth. (2023). Google (7.3). Aplicación Web. Google Play Store.
<https://earth.google.com/web/@19.17569668,-99.67641023,2981.25420514a,1000d,30y,0h,0t,0r/data=MikKJwolCiExZWp6U0c5clhZY1UwX3BzbThFVkwzSm9OOHI3Vm80S3lgAToDCgEw>

H. Ayuntamiento de Calimaya. (2021). Tercer Informe de Gobierno. Recuperado de:
https://calimaya.gob.mx/contenidos/calimaya/docs/2DO_INFORME_OSCAR_pdf_2021_1_12_224654.pdf

H. Ayuntamiento de Calimaya. (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PDMU). Recuperado de:
https://www.calimaya.gob.mx/contenidos/calimaya/docs/214_plan-de-desarrollo-municipal-de-calimaya-2022-2024-final_2241165602.pdf

H. Ayuntamiento de Metepec. (2022) Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PDMU). Recuperado de:
https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2022_2024/Metepec_PDM_%202022_2024.pdf

H. Ayuntamiento de Metepec. (2003). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PDMU). Recuperado de:
<https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2003/sep293.pdf>

H. Ayuntamiento de Metepec. (2007). Bando Municipal (BM). Recuperado de: [BM METEPEC 2007.pdf](#)

- H. Ayuntamiento de Metepec. (2008). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PDMU).
Recuperado de: [PDMU METEPEC 2008.pdf](#)
- H. Ayuntamiento de Metepec. (2018). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PDMU).
Recuperado de:
http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/metepec/PMDUMet.pdf
- H. Ayuntamiento de Metepec. (2018). Bando Municipal (BM). Recuperado de:
<https://metepec.gob.mx/pagina/archivo-municipal.php#cuerpo>
- H. Ayuntamiento de Tenango del Valle, (2016). Plan Municipal de Desarrollo Urbano
(PMDU) 2016-2018. Recuperado de:
[https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/
Planes%20y%20programas/Mpales-2016-2018/PDM_TenangoDelValle2016-
2018.pdf](https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2016-2018/PDM_TenangoDelValle2016-2018.pdf)
- H. Ayuntamiento de Tenango del Valle, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano
(PMDU) 2022-2024. Recuperado de:
[https://tenangodelvalle.gob.mx/docs/PDM%20FINAL%2022-
24%20TENANGO.pdf](https://tenangodelvalle.gob.mx/docs/PDM%20FINAL%2022-24%20TENANGO.pdf)
- H. Ayuntamiento de Ocuilán, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU)
2022-2024. Recuperado de:
[https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/
Planes%20y%20programas/Mpales-2022-2024/Ocuilan_PDM_2022-2024.pdf](https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2022-2024/Ocuilan_PDM_2022-2024.pdf)
- H. Ayuntamiento de Villa Guerrero, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano
(PMDU) 2022-2024. Recuperado de:
[https://villaguerrero.edomex.gob.mx/sites/villaguerrero.edomex.gob.mx/files/files
/Cuenta%20P%3%BAblica/2022/Modulo4/33-PDM_2022-
2024_VILLA_GUERRERO.pdf](https://villaguerrero.edomex.gob.mx/sites/villaguerrero.edomex.gob.mx/files/files/Cuenta%20P%3%BAblica/2022/Modulo4/33-PDM_2022-2024_VILLA_GUERRERO.pdf)

- H. Ayuntamiento de Malinalco, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) 2022-2024. Recuperado de: <https://malinalco.gob.mx/plan-de-desarrollo/>
- H. Ayuntamiento de Tenancingo, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) 2022-2024. Recuperado de: https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2022-2024/Tenancingo_PDM%202022_2024.pdf
- H. Ayuntamiento de Tianguistenco, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) 2022-2024. Recuperado de: <https://tianguistenco.gob.mx/wp-content/uploads/2022/06/plan-de-desarrollo-municipal.pdf>
- H. Ayuntamiento de Zumpaguacán, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) 2022-2024. Recuperado de: https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2022-2024/Zumpahuacan_PDM_%202022_2024.pdf
- H. Ayuntamiento de Almoloya del Río, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) 2022-2024. Recuperado de: https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2022-2024/AlmoloyaDelRio_PDM_2022-2024.pdf
- H. Ayuntamiento de Tonalico, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) 2022-2024. Recuperado de: https://www.tonatico.gob.mx/publicaciones/2022/Plan_de_Desarrollo_Municipal_Tonatico_2022-2024.pdf
- H. Ayuntamiento de Joquicingo, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) 2022-2024. Recuperado de:

[https://www.joquicingo.gob.mx/contenidos/joquicingo/docs/PLAN DE DESAROLLO MUNICIPAL 2022 2024 pdf 2022 3 31 111739.pdf](https://www.joquicingo.gob.mx/contenidos/joquicingo/docs/PLAN_DE_DESAROLLO_MUNICIPAL_2022_2024_pdf_2022_3_31_111739.pdf)

H. Ayuntamiento de Ixtapan de la Sal, (2022). Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) 2022-2024. Recuperado de: https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2022_2024/Ixtapan%20de%20la%20Sal_PDM_2022_2024.pdf

Hochstrasser., N, De la Rosa, I., Borbón, C., Hernández, M., (2020). Retorno social de la inversión para gestionar los residuos sólidos urbanos de Metepec, Estado de México. DOI: <https://doi.org/10.22201/enesl.20079064e.2020.22.75478e22.75478>

INAFED. (2006). *Características del buen funcionamiento municipal: 10 lecciones prácticas para las autoridades municipales electas*. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), Dirección de la Capacitación y Profesionalización del Servicio Público Local. Ciudad de México, México.

INAFED. (2009). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), Dirección de la Capacitación y Profesionalización del Servicio Público Local. Estado de México, México. Recuperado de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15018a.html>

INEGI. (2023). Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática Mapa digital en línea. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bv_inegi/productos/nueva_estruc/702825198060.pdf

ITTOL. (2022) Culmina macroproyecto de rellenos sanitarios municipales del ITTOLUCA, en beneficio de 8 entidades federativas y la CDMX. Noticia informativa. Recuperado de: <https://www.tolucatecnm.mx/articulo/27804/culmina-macro-proyecto-de-rellenos-sanitarios-municipales-del-ittoluca-en-beneficio-de-8-entidades-federativas-y-la-cdmx>

Johnson R., (2012). Probabilidad y estadística para ingenieros. Octava Ed. Pearson. 300

Jimenez, M., (2019). Hacia Basura Cero: Auditoría al Programa de Manejo Integral de Residuos universitarios en el centro regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos (SOMERS). 20-27.

Kaza, S., & Yao, L. (2018). *Que desperdicio 2.0: Una perspectiva global de la gestión de Residuos Sólidos Urbanos hasta 2050*. Banco Mundial. Recuperado el 07 de Noviembre del 2021 de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

Lam, L. M., Páez B. M. A., & Torres A. G. (2018). *La Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos desde una perspectiva territorial en el estado de Hidalgo y sus municipios*. (Tesis de maestría). Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, Consejo Nacional de Ciencia Humanidades y Tecnología (CONACHyT). Hidalgo, México.

Martínez-Morales, N., I., (2016). Reingeniería del relleno sanitario de Zinacantepec con la revalorización de residuos sólidos urbanos. *Tesis de maestría*. Posgrado en Ciencias de Ingeniería Ambiental. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Toluca. Edo. Mex. México. 144.

Ministerio de Salud de Costa Rica. (2020). Residuos Sólidos Urbanos. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/separayvenceras/#:~:text=En%20Costa%20Rica%20generamos%20aproximadamente,urbana%2C%20y%20el%2010%25%20restante>

Mogena, M, Prado, S, C, Domínguez, D, (2021). Economía circular en la formación para el empleo. Revista digital universitaria. 24(5). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.5.3>

Monreal, R. & Bolaños, R. (2019). *Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la ley general de economía circular*. Senado Morena. Recuperado de: <https://morena.senado.gob.mx/2019/10/28/iniciativacon-proyecto-de-decreto-que-expide-la-ley-general-de-economia-circular/> el 12 de Noviembre del 2021.

ONU, (2015). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas (ONU). Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>

ONU, (2023). Día Internacional de Cero Desechos. Naciones Unidas (ONU). Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2023/03/1519822>

Piñar, A., & Wostarovsky, A. (2018). “¿Por qué Teocelo si pudo? Un análisis de los factores de éxito del Programa de gestión integral de residuos sólidos municipales desde la teoría del comportamiento planificado”. Medio ambiente. 13(25), 22-38, DOI: <https://doi.org/10.28965/2018-25-09>

Redman., A., & Redman., E, (2022). Possibilities for sustainable household waste management: A case of study from Guanajuato, Mexico. *Cleaner Waste Systems*. (2). 100107. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100016>

Rementería, M., Gutiérrez, G., Sánchez, V., Álvarez, Z., Espinosa, V., y Vázquez, M., (2018). “Diagnóstico y propuesta de manejo de residuos sólidos urbanos en el municipio de Santa Lucía del Camino, Oaxaca.” Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología aplicada a los Residuos Sólidos (SOMERS). Octavo encuentro. 1-12.

Sánchez, B. M. J. (2017). *Diseño de un plan de valorización de residuos orgánicos para las empresas restauranteras de la zona turística de Acapulco*. (Tesis de maestría). Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales Administrativas (UPIICSA), IPN. Ciudad de México, México.

Santander. (2021). Economía circular vs. Economía lineal. Visto el 12 de enero del 2022. <https://www.santander.com/es/stories/economia-lineal-y-circular-a-que-se-refieren-cada-uno-de-estos-terminos-y-cuales-son-sus-diferencias>

SEDEMA. & SOBSE. (2016). *Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2020*. Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA). & Secretaría de Obras y Servicios (SOBSE). Recuperado el 08 de Noviembre del 2020 de <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/programas/residuos-solidos/pgirs.pdf>

SEDEMA. (2013). NADF-024-AMBT-2013. Establece criterios y especificaciones para la clasificación de los residuos sólidos urbanos. Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA). Recuperado de: <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/nadf24/images/infografias/NADF-024-AMBT-2013.pdf> el 14 de mayo del 2022.

Serón, D. (2020). “Economía Circular: De Alternativa a Necesidad. La Economía Circular: Una Opción Inteligente”. *Economistas Sin Fronteras*: 37, 50-62.

SEMAGEM. (2011). Que establece las especificaciones para la prestación del servicio de recolección y traslado de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para

el estado de México. Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México (SEMAGEM). Recuperado de: <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2022/enero/ene261/ene261i.pdf>

SEMAEM. (2023), Portal de consulta del Sistema Integral de Residuos del Estado de México. Agosto 2023. [WEB]. Disponible en: <http://187.188.85.202:8095/consulta-sirem/acopio/consulta?municipio=-1&offset=50&showResult=1>

SEMARNAT. (1985a). NMX-AA-061-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – determinación de la generación. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa061.pdf> el 14 de mayo del 2022.

SEMARNAT. (1985b). NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – determinación de la generación. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-022-1985.pdf> el 14 de mayo del 2022.

SEMARNAT. (1985c). NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – Peso volumétrico “*in situ*”. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-019-1985.pdf> el 15 de mayo del 2022.

SEMARNAT. (1985d). NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente – contaminación del suelo – residuos sólidos municipales – muestreo – método de cuarteo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de:

<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NM-X-AA-015-1985.pdf> el 15 de mayo del 2022.

SEMARNAT. (2003). NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=658648&fecha=20/10/2004#qsc.tab=0

SEMARNAT. (2008). *Visión Nacional Hacia una Gestión Sustentable: Cero residuos*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435917/Vision_Nacional_Cero_Residuos_6_FEB_2019.pdf el 13 de Noviembre del 2021.

SEMARNAT. (2015). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México: Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores clave del desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado <https://www.gob.mx/inecc/documentos/informe-de-la-situacion-del-medio-ambiente-en-mexico-compendio-de-estadisticas-ambientales-indicadores-clave-de-desempeno-ambiental-y-de-crecimiento-verde-edicion-2015> el 10 de Noviembre del 2021.

SEMARNAT. (2018). Informe del medio ambiente: Capítulo 7 Residuos. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado el 04 de Abril del 2022. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap7.html>

SEMARNAT. (2019). *Visión Nacional Hacia una Gestión Sustentable: Cero residuos*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435917/Vision_Nacional_Cero_Residuos_6_FEB_2019.pdf el 13 de Noviembre del 2021.

SEMARNAT. (2022). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2022-2024. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 05 de diciembre del 2022. Recuperado de https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2022/PNPGIR_2022.pdf

SEMARNAT. (2023). Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos>. El 13/11/23. Página Web.

SERMARNAT & GTZ. (2006). Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de: https://ciudadesytransporte.mx/wpcontent/uploads/2021/07/Guia_PMPGIRSU_2006.pdf

SEMARNAT e INECC. (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGIR). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), & Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado el 11 de Noviembre del 2021 de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>

SEMARNAT. (2022). Atlas Nacional de los residuos sólidos urbanos. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), & Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/693803/125_2022_Atlas_Nacional_Residuos_Solidos.pdf

Tapia-Medrano. (2023). Alternativa para mejorar la gestión de residuos sólidos domiciliarios de ámbito municipal en la etapa de la recolección en el distrito de Arequipa.

UE. (2023). Programa Internacional de Cooperación Urbana: Sector 7: GIRSU. (Unión Europea). [https://iuc.eu/fileadmin/user_upload/Regions/iuc_lac/user_upload/ES_GRS_1_Sector_7 - Gesti%C3%B3n de residuos s%C3%B3lidos.pdf](https://iuc.eu/fileadmin/user_upload/Regions/iuc_lac/user_upload/ES_GRS_1_Sector_7_-_Gesti%C3%B3n_de_residuos_s%C3%B3lidos.pdf)

Vilca, C, A, V, (2022). Una estrategia didáctica en educación ambiental con base en el manejo de residuos sólidos. Investigación y postgrado. 1(37). 159-187. ISSN: 1316-0087. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8485755>