



FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESCUELA DE ARQUITECTURA

Planta de Selección y Clasificación de los Desechos Sólidos Domiciliarios en el Municipio de Río Hondo, Zacapa

Reino Ecológico de Oriente

PROYECTO DESARROLLADO POR:
JANICE SUSANA FLORES OROZCO



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESCUELA DE ARQUITECTURA

Planta de Selección y Clasificación de los Desechos Sólidos Domiciliarios en el Municipio de Río Hondo, Zacapa

Reino Ecológico de Oriente

PROYECTO DESARROLLADO POR:

JANICE SUSANA FLORES OROZCO

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

ARQUITECTA

GUATEMALA, JUNIO DE 2025

“Me reservo los derechos de autor haciéndome responsable de las doctrinas sustentadas adjuntas, en la originalidad y contenido del Tema, en el Análisis y Conclusión final, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala”.

JUNTA DIRECTIVA

- Decano Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
- Vocal II MSc. Lcda. Ilma Judith Prado Duque
- Vocal III Arq. Mayra Jeanett Díaz Barillas
- Vocal IV Br. Oscar Alejandro La Guardia Arriola
- Vocal V Arq. Laura del Carmen Berganza Pérez
- Secretario Académico M.A. Arq. Juan Fernando Arriola Alegría

TRIBUNAL EXAMINADOR

- Decano Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
- Secretario Académico M.A. Arq. Juan Fernando Arriola Alegría
- Examinador Arq. Mabel Daniza Hernández Gutiérrez
- Examinador Arq. Alejandro Muñoz Calderón

DEDICATORIA

A Dios:

Quien ha sido mi guía y mi mayor inspiración en cada proyecto que he desarrollado. En los momentos de incertidumbre y cansancio me dio fortaleza y la creatividad necesaria para seguir adelante. Sin su luz, este camino no habría sido el mismo.

A mis padres:

Iohana Orozco Aguilar y Arnoldo Filiberto Flores Coronado (Q.E.P.D.), por su amor incondicional y su esfuerzo incansable. A mi mamá por ser mi pilar, por sus palabras de aliento y enseñarme con su ejemplo el valor de la perseverancia. A mi papá quien, aunque ya no esté físicamente, sigue presente en mi corazón y en cada uno de mis logros. Todo lo que he alcanzado es reflejo de su dedicación.

A mi familia:

Mis hermanos, Pamela Roxana, Marvin Josué, Diana Fabiola y Melissa Iohana Flores, con quienes he compartido no solo la vida, sino también sueños, retos y esperanzas. Gracias por su cariño incondicional, por celebrar conmigo cada logro. Su apoyo ha sido un regalo que siempre llevaré en el corazón.

A Karla de Flores y Jorge Arriaza, por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de mi carrera, han sido amigos, apoyo y motivación constante.

A mis abuelos, tíos y sobrinos, quienes con amor y respaldo han sido esenciales en este camino, cada uno tiene un espacio especial en esta dedicatoria.

A Kenneth Reyes, por creer en mí, por tu paciencia y por ser un apoyo incondicional en cada reto que se me ha presentado. Gracias por tu constante presencia, por motivarme y recordarme que siempre puedo más de lo que creo.

A mis asesores:

Quiero expresar mi agradecimiento a la Arq. Mabel Hernández, Arq. Alejandro Muñoz y MSc. Arq. Luis Fernando Salazar, por ser guías en este proceso y enseñarme con el ejemplo lo que significa ser un profesional íntegro y comprometido. Cada observación, sugerencia y palabra de ánimo dejó una huella valiosa en mi formación y en esta etapa tan significativa de mi vida.

A mi alma mater:

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por abrirme las puertas al conocimiento y a una formación profesional sólida. A mis catedráticos por compartir su experiencia, tiempo y vocación.

A la Municipalidad de Río Hondo:

Especialmente al alcalde Óscar Mata, Lic. José Oliva, Mónica Esquivel, Ninfa Rivera, Dennis Garrido, Ing. Daniel Orellana, Walter Castañeda, Adalberto Cordón, Léster Nájera, William Calderón, Rosa Díaz, Silvia López y Helio Urzúa, por brindarme el espacio para aprender y regalarme experiencias valiosas, buenos momentos y profundo crecimiento personal y profesional. Agradezco el apoyo brindado para la realización de este proyecto, así como el compañerismo y la confianza.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 18 |
| 1 . Capítulo – Marco introductorio | 20 |
| 1.1 Antecedentes | 21 |
| 1.2 Identificación del problema | 27 |
| 1.3 Justificación..... | 29 |
| 1.4 Delimitación del proyecto..... | 30 |
| 1.4.1 Delimitación geográfica..... | 30 |
| 1.4.2 Delimitación poblacional..... | 30 |
| 1.4.3 Demanda poblacional..... | 30 |
| 1.4.4 Producción anual de residuos | 32 |
| 1.4.5 Delimitación temporal..... | 32 |
| 1.5 Objetivos..... | 34 |
| 1.5.1 Objetivo general | 34 |
| 1.5.2 Objetivos específicos | 34 |
| 1.6 Metodología de la investigación..... | 35 |
| 1.7 Conclusiones del capítulo I..... | 38 |
| 2 . Capítulo - Marco teórico | 40 |
| 2.1 Ambiente | 42 |
| 2.1.1 Concepto de ambiente | 42 |
| 2.1.2 Factores bióticos..... | 42 |
| 2.1.3 Factores abióticos..... | 42 |
| 2.1.4 Recursos renovables..... | 42 |
| 2.1.5 Recursos no renovables..... | 43 |
| 2.1.6 Contaminación ambiental | 43 |
| 2.1.7 Consecuencias ambientales de los vertederos fuera de normativa: focos de contaminación..... | 45 |
| 2.2 Desechos y residuos sólidos | 50 |
| 2.2.1 Concepto de desecho | 50 |
| 2.2.2 Tipos de residuos y desechos sólidos en Guatemala | 50 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.3 | Gestión integral de los residuos | 51 |
| 2.3.1 | Generación | 51 |
| 2.3.2 | Recolección y transporte de residuos | 51 |
| 2.3.3 | Clasificación y separación..... | 51 |
| 2.3.4 | Tratamiento de residuos | 51 |
| 2.3.5 | Reciclaje..... | 52 |
| 2.3.6 | Disposición final..... | 52 |
| 2.4 | Procedimientos para el tratamiento de los desechos sólidos..... | 52 |
| 2.4.1 | Reciclaje..... | 53 |
| 2.4.2 | Compostaje..... | 54 |
| 2.4.3 | Incinerador | 55 |
| 2.4.4 | Relleno sanitario..... | 56 |
| 2.5 | Arquitectura sostenible | 58 |
| 2.5.1 | Concepto de arquitectura sostenible | 58 |
| 2.5.2 | Principios de arquitectura sostenible..... | 58 |
| 2.6 | Arquitectura high tech | 60 |
| 2.7 | Casos de estudio..... | 61 |
| 2.7.1 | Centro de segregación y transferencia de residuos sólidos en el municipio de antigua guatemala, departamento de sacatepéquez. | 61 |
| 2.7.2 | Planta de tratamiento de residuos “los hornillos”, valencia, españa | 69 |
| 2.8 | Conclusiones del capítulo II..... | 74 |
| 3 | . Capítulo – Marco Legal | 76 |
| 3.1 | Convenios internacionales | 78 |
| 3.1.1 | Agenda 2030 para el desarrollo sostenible | 78 |
| 3.1.2 | Convenio de basilea, sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación | 79 |
| 3.1.3 | Convenio de estocolmo..... | 80 |
| 3.2 | Marco normativo nacional: integración de normas y políticas de gestión de residuos | 81 |
| 3.2.1 | Constitución política de la república de guatemala | 81 |
| 3.2.2 | Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente (decreto 68-86)..... | 81 |
| 3.2.3 | Código de salud (decreto 90-97) | 82 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.2.4 | Código municipal de guatemala (decreto 12–2002) | 82 |
| 3.2.5 | Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes (acuerdo gubernativo 164-2021) | 83 |
| 3.2.6 | Política nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos | 83 |
| 3.2.7 | Reglamento de salud y seguridad ocupacional (acuerdo gubernativo 229-2014)..... | 85 |
| 3.2.8 | Reglamento orgánico interno del ministerio de ambiente y recursos naturales (acuerdo gubernativo 73-2021) | 85 |
| 3.2.9 | Término de referencia digarn-demards 05 | 85 |
| 3.2.10 | Estudio de caracterización de residuos y desechos sólidos comunes, municipio de río hondo, departamento de zacapa (junio 2022) | 85 |
| 3.3 | Conclusiones del capítulo III..... | 86 |
| 4 | . Capítulo - Marco Referencial..... | 88 |
| 4.1 | Delimitación territorial | 90 |
| 4.1.1 | Delimitación nacional | 90 |
| 4.1.2 | Delimitación departamental..... | 90 |
| 4.1.3 | Delimitación municipal..... | 90 |
| 4.2 | Aspectos sociales..... | 91 |
| 4.2.1 | División política | 91 |
| 4.2.2 | Organización ciudadana | 92 |
| 4.2.3 | Población | 93 |
| 4.3 | Cultura | 95 |
| 4.3.1 | Historia del municipio de río hondo | 95 |
| 4.3.2 | Costumbres y tradiciones..... | 96 |
| 4.4 | Aspectos económicos | 96 |
| 4.4.1 | Actividad económica en el municipio de río hondo | 96 |
| 4.5 | Aspectos físico naturales | 97 |
| 4.5.1 | Fisiografía y geología | 97 |
| 4.5.2 | Clima | 98 |
| 4.5.3 | Cobertura forestal | 100 |
| 4.5.4 | Hidrografía..... | 100 |
| 4.5.5 | Riesgos naturales..... | 102 |
| 4.5.6 | Amenazas | 103 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.5.7 | Estructura urbana..... | 108 |
| 4.5.8 | Servicios básicos | 112 |
| 4.5.9 | Traza urbana..... | 114 |
| 4.5.10 | Usos de suelo | 115 |
| 4.5.11 | Red vial..... | 115 |
| 4.6 | Análisis de sitio..... | 118 |
| 4.6.1 | Ubicación y acceso | 118 |
| 4.6.2 | Dimensión del terreno..... | 121 |
| 4.6.3 | Topografía..... | 123 |
| 4.6.4 | Características físico – ambientales | 125 |
| 4.7 | Conclusiones del capítulo IV..... | 127 |
| 5 | . Proceso de Diseño y Conceptualización del Proyecto | 129 |
| 5.1 | Caracterización de los residuos | 131 |
| 5.1.1 | Datos preliminares | 131 |
| 5.1.2 | Determinación de espacios operativos para la planta de selección y clasificación de desechos sólidos domiciliars | 131 |
| 5.1.3 | Capacidad del proyecto | 132 |
| 5.2 | Programa de necesidades | 139 |
| 5.2.1 | Proyección de usuarios y agentes | 140 |
| 5.2.2 | Cuadro de ordenamiento de datos | 141 |
| 5.3 | Programa arquitectónico | 147 |
| 5.4 | Premisas de diseño..... | 150 |
| 5.5 | Diagramación de conjunto | 155 |
| 5.5.1 | Matriz de relaciones ponderadas..... | 155 |
| 5.5.2 | Diagrama de preponderancia..... | 156 |
| 5.5.3 | Diagrama de relaciones | 157 |
| 5.5.4 | Diagrama de circulaciones..... | 158 |
| 5.5.5 | Diagrama de bloques..... | 159 |
| 5.6 | Diagramación del área administrativa de la planta de selección..... | 160 |
| 5.7 | Diagramación del área administrativa de la planta de compostaje | 161 |
| 5.8 | Diagramación del área educativa | 162 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.9 | Diagramación del área de tratamiento de residuos..... | 165 |
| 5.10 | Diagramación del área de servicio para planta de selección y clasificación | 168 |
| 5.11 | Diagramación del área de servicio para planta de compostaje | 170 |
| 5.12 | Conceptualización formal | 172 |
| 5.13 | Conclusiones del capítulo V..... | 174 |
| 6 | Propuesta Arquitectónica | 175 |
| 6.1 | Propuesta arquitectónica para planta de selección y clasificación de desechos sólidos domiciliarios en el municipio de río hondo, zacapa | 177 |
| 6.2 | Paleta vegetal..... | 185 |
| 6.3 | Mobiliario urbano..... | 196 |
| 6.4 | Planta de compostaje | 199 |
| 6.5 | Planta de selección y clasificación | 210 |
| 6.6 | Estructura | 235 |
| 6.6.1 | Sistema estructural..... | 235 |
| 6.6.2 | Cimentación..... | 239 |
| 6.6.3 | Muros | 239 |
| 6.6.4 | Bambú..... | 240 |
| 6.7 | Rutas de evacuación | 245 |
| 6.8 | Esquema de instalación de agua potable en el conjunto | 247 |
| 6.9 | Esquema de instalación de drenajes en el conjunto | 248 |
| 6.10 | Estrategias de sostenibilidad y materiales | 249 |
| 6.10.1 | Estudio solar..... | 253 |
| 6.11 | Presupuesto | 255 |
| 6.12 | Cronograma | 258 |
| 6.13 | Conclusiones del capítulo VI..... | 262 |
| | CONCLUSIONES | 263 |
| | RECOMENDACIONES | 265 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 267 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|-----|
| Ilustración 1 Localización del terreno. | 25 |
| Ilustración 2 Esquema metodológico..... | 37 |
| Ilustración 3 Calidad de aire en Ciudad de Guatemala, incendio vertedero AMSA Villa Nueva, abril 2024..... | 46 |
| Ilustración 4 Gases tóxicos afectan áreas del vertedero de Villa Nueva, abril, 2024. | 47 |
| Ilustración 5 Clasificación de los desechos. | 50 |
| Ilustración 6 Principios de Arquitectura Sustentable..... | 52 |
| Ilustración 7 Clasificación secundaria de los residuos y desechos sólidos comunes..... | 53 |
| Ilustración 8 Proceso de reciclaje..... | 53 |
| Ilustración 9 Proceso de compostaje. | 54 |
| Ilustración 10 Proceso de incineración. | 55 |
| Ilustración 11 Método de celdas para relleno sanitario. | 56 |
| Ilustración 12 Método de zonas para relleno sanitario. | 56 |
| Ilustración 13 Método vaguada para relleno sanitario..... | 57 |
| Ilustración 14 Funcionamiento de un relleno sanitario. | 57 |
| Ilustración 15 Principios de Arquitectura Sustentable..... | 59 |
| Ilustración 16 Principios de Arquitectura Sustentable..... | 59 |
| Ilustración 17 Arquitectura High Tech. | 60 |
| Ilustración 18 Planta de Conjunto Centro de Transferencia, Antigua Guatemala..... | 63 |
| Ilustración 19 Planta de Conjunto de Centro de Transferencia, Antigua Guatemala..... | 64 |
| Ilustración 20 Esquema de funcionamiento de administración y guardería, | 66 |
| Ilustración 21 Diagrama de zonificación del proyecto..... | 69 |
| Ilustración 22 Planta de conjunto. | 70 |
| Ilustración 23 Distribución de proceso. | 70 |
| Ilustración 24 Esquema de circulación..... | 71 |
| Ilustración 25 volumetría del proyecto..... | 72 |
| Ilustración 26 composición estructural del proyecto..... | 72 |
| Ilustración 27 Diseño industrial y adaptación al contexto. Fuente: ArchDaily. Planta de Tratamiento de Residuos "Los Hornillos", arquitecto Israel Alba, Valencia, 2012. | 73 |
| Ilustración 28 Planta para tratamiento de residuos "Los Hornillos"..... | 73 |
| Ilustración 29 Localización República de Guatemala..... | 90 |
| Ilustración 30 Localización municipio de Río Hondo, Zacapa. | 90 |
| Ilustración 31 Mapa temático de lugares poblados y microrregiones del municipio de Río Hondo, Zacapa. | 92 |
| Ilustración 32 Estructura orgánica de la Municipalidad de Río Hondo..... | 93 |
| Ilustración 33 Ubicación del terreno y accesos..... | 118 |
| Ilustración 34 Ingreso actual al vertedero municipal..... | 119 |
| Ilustración 35 Gabarito actual de ingreso a vertedero por carretera CA-9N..... | 119 |
| Ilustración 36 Dimensiones del terreno..... | 121 |
| Ilustración 37 Dimensiones del terreno 2..... | 122 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 38 topografía del terreno..... | 123 |
| Ilustración 39 Isométrico de terreno. | 123 |
| Ilustración 40 Perfil de terreno. | 123 |
| Ilustración 41 Isométrico de terreno 2..... | 124 |
| Ilustración 42 Topografía terreno 2. | 124 |
| Ilustración 43 Perfil de terreno. | 124 |
| Ilustración 44 Carta solar del proyecto, ubicado en Río Hondo, Zacapa. | 125 |
| Ilustración 45 Esquema de cribado. | 136 |
| Ilustración 46 Superposición de Estructuras en la Planta Conjunto. | 173 |
| Ilustración 47 Guayacán..... | 185 |
| Ilustración 48 Palo Blanco..... | 185 |
| Ilustración 49 Matilisguate..... | 186 |
| Ilustración 50 Caoba..... | 186 |
| Ilustración 51 Árbol de Mango..... | 186 |
| Ilustración 52 Árbol de Encino. | 187 |
| Ilustración 53 Ceiba pentandra. | 187 |
| Ilustración 54 Flor de Izote..... | 187 |
| Ilustración 55 Coralillo..... | 188 |
| Ilustración 56 Lantana Camara..... | 188 |
| Ilustración 57 Bougainvillea. | 188 |
| Ilustración 58 Pascuita. | 188 |
| Ilustración 59 Cabuya..... | 189 |
| Ilustración 60 Duranta..... | 189 |
| Ilustración 61 Salvia..... | 189 |
| Ilustración 62 Albahaca. | 190 |
| Ilustración 63 Lavanda. | 190 |
| Ilustración 64 Romero..... | 190 |
| Ilustración 65 Secuencia de actividades Planta de Selección y Clasificación de Desechos Sólidos Domiciliares..... | 235 |
| Ilustración 66 Isométrico, Estructura Planta de Selección..... | 236 |
| Ilustración 67 Definición de perfiles de acero para construcción de bodega..... | 236 |
| Ilustración 68 Determinación de momentos y cargas que afectarán la estructura..... | 236 |
| Ilustración 69 Isométrico de estructura, Planta de Selección..... | 237 |
| Ilustración 70 Isométrico de estructura Planta de Compostaje..... | 238 |
| Ilustración 71 Colocación de bambú en cerramiento vertical de planta de selección. | 240 |
| Ilustración 72 Pérgola en plaza, área educativa..... | 241 |
| Ilustración 73 Pérgola y Vivero, área de compostaje..... | 241 |
| Ilustración 74 Esquema de funcionamiento de humedal artificial. | 250 |
| Ilustración 75 Esquema del proceso de construcción de Humedal Artificial..... | 251 |
| Ilustración 76 Techo verde..... | 251 |
| Ilustración 77 Estudio solar, 21 de junio, 9:00 a.m. | 253 |
| Ilustración 78 Estudio solar, 21 de junio, 4:00 p.m..... | 254 |
| Ilustración 79 Estudio solar, 21 de junio, 12:00 p.m..... | 254 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|--|-----|
| Fotografía 1 Contaminación en calles del municipio de Río Hondo, Zacapa. | 21 |
| Fotografía 2 Vertedero municipal Río Hondo, mayo 2024. | 22 |
| Fotografía 3 Recipientes de basura metálicos, ubicados en parque municipal. | 24 |
| Fotografía 4 Vertedero zona 3. | 48 |
| Fotografía 5 Vertedero zona 3. | 49 |
| Fotografía 6 Vertedero zona 3. Compactación de desechos | 49 |
| Fotografía 7 Vertedero zona 3, quema de desechos sin seguir un protocolo adecuado. | 49 |
| Fotografía 8 Vertedero El Choconal, Antigua Guatemala. | 62 |
| Fotografía 9 Centro de Transferencia, Antigua Guatemala. | 62 |
| Fotografía 10 Área de segregación, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala. | 65 |
| Fotografía 11 Área de segregación, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala. | 65 |
| Fotografía 12 Área de segregación, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala. | 65 |
| Fotografía 13 Área de almacenamiento temporal. Centro de Transferencia, Antigua Guatemala. . | 66 |
| Fotografía 14 Área de segregación, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala. | 67 |
| Fotografía 15 Área de Almacenamiento temporal, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala. . | 67 |
| Fotografía 16 Vehículo utilizado para la transferencia de residuos. | 68 |
| Fotografía 17 Río Hondo, aldea El Tecolote. | 96 |
| Fotografía 18 Antigua hidroeléctrica, Panaluya, Río Hondo. | 100 |
| Fotografía 19 Río Panaluya, Río Hondo, Zacapa. | 100 |
| Fotografía 20 Río Pasabien, Río Hondo, Zacapa. | 102 |
| Fotografía 21 Río el Tecolote, Río Hondo, Zacapa. | 102 |
| Fotografía 22 Quebrada de río aldea Tabacal, Río Hondo, Zacapa. | 102 |
| Fotografía 23 Parque municipal, barrio el centro, municipio de Río Hondo, Zacapa. | 108 |
| Fotografía 24 Aldea Jones | 109 |
| Fotografía 25 Carretera CA-9 | 109 |
| Fotografía 26 Aldea Panaluya | 109 |
| Fotografía 27 Iglesia de Jones, aldea Jones. | 110 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Composición física en toneladas de Residuos Sólidos de Río Hondo. | 22 |
| Tabla 2 Valorización de los residuos del municipio de Río Hondo, Zacapa. | 23 |
| Tabla 3 Demanda poblacional. Proyección de la población en el municipio de Río Hondo, Zacapa para los próximos 20 años. | 30 |
| Tabla 4 Producción per cápita del municipio de Río Hondo. | 32 |
| Tabla 5 Categoría de Edificación. | 32 |
| Tabla 6 Vida útil de edificación. | 33 |
| Tabla 7 Ingreso de desechos sólidos al vertedero de zona 3. | 47 |
| Tabla 8 Conclusiones de Caso de estudio. Centro de Acopio y Transferencia de Residuos sólidos en Antigua Guatemala. | 68 |
| Tabla 9 Conclusiones de caso de estudio, Planta de tratamiento de residuos “Los Hornillos”, Valencia, España. | 73 |
| Tabla 10 Datos iniciales para el dimensionamiento del proyecto. | 131 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 11 Resumen de Dimensiones. | 139 |
| Tabla 12 Programa de Necesidades. | 139 |
| Tabla 13 Cargas máximas de ocupación. | 140 |
| Tabla 14 Cuadro de ordenamiento de datos. | 146 |
| Tabla 15 Porcentaje de áreas del proyecto..... | 149 |
| Tabla 16 Permeabilidad del terreno..... | 149 |
| Tabla 17 Resumen de dimensiones de cimientos de viviendas. | 239 |
| Tabla 18 Distancias máximas entre soportes para muros de carga..... | 240 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|---|-----|
| Gráfica 1 Frecuencia de extracción de residuos. | 21 |
| Gráfica 2 Caracterización de Residuos Sólidos Río Hondo, Zacapa, estrato mixto. | 23 |
| Gráfica 3 Recipiente utilizado para almacenar residuos, municipio de Río Hondo, Zacapa..... | 24 |
| Gráfica 4 Clasificación de desechos producidos. | 48 |
| Gráfica 5 Sistema de Recolección. | 48 |
| Gráfica 6 Tratamiento de residuos..... | 61 |
| Gráfica 7 Caracterización de Desechos en Antigua Guatemala. | 63 |
| Gráfica 8 Población por grupos de edad, municipio de Río Hondo, Zacapa..... | 94 |
| Gráfica 9 Pueblo de pertenencia..... | 94 |
| Gráfica 10 Fuente principal de agua para consumo. | 112 |
| Gráfica 11 Tipo de servicio sanitario. | 112 |
| Gráfica 12 Tipo de alumbrado..... | 113 |
| Gráfica 13 Forma principal de eliminación de la basura..... | 113 |
| Gráfica 14 Uso de internet en el municipio de Río Hondo..... | 114 |
| Gráfica 15 Uso de TIC, municipio de Río Hondo. | 114 |
| Gráfica 16 Porcentaje de áreas del proyecto..... | 149 |
| Gráfica 17 Permeabilidad del terreno..... | 149 |

INTRODUCCIÓN

El municipio de Río Hondo, Zacapa enfrenta una creciente problemática ambiental derivada del crecimiento urbano y del manejo inadecuado de los desechos sólidos. Según el Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes en el municipio de Río Hondo, realizado por World Wildlife Fund (WWF) en el año 2022¹, el municipio genera aproximadamente 4 779.68 toneladas de residuos al año, de los cuales el 51.97% son orgánicos, lo que representa una oportunidad para implementar procesos como el compostaje y la generación de biogás. Además, el 10% de los residuos es reciclable y el 23.3% puede utilizarse como Combustible Derivado de Residuos (CDR), lo que permitiría un aprovechamiento energético.

Actualmente, la falta de infraestructura para la clasificación y tratamiento de estos residuos provoca que la mayoría termine en el vertedero a cielo abierto o en depósitos clandestinos, generando contaminación y afectando la calidad de vida. En respuesta a esta situación, se plantea el diseño de una Planta de Selección y Clasificación de los Desechos Sólidos Domiciliarios para dicho municipio, con enfoque sostenible y educativo, en cumplimiento con el reglamento del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) sobre la gestión integral de residuos.

Inicialmente se destinó un terreno de 21 169 m² para el proyecto. No obstante, tras realizar el proceso de investigación y diagnóstico de los residuos generados en el municipio, donde se identificó que la mayor proporción corresponde a residuos orgánicos, se contempló la necesidad de ampliar el terreno con 26 143.24 m² correspondientes al área del vertedero municipal. Esta decisión se basó en el dimensionamiento de la capacidad de la planta en función de la cantidad de desechos producidos. La ampliación tiene como objetivo principal, destinar un área adecuada para la implementación de una zona de compostaje, que permita el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de compost como recurso útil para el suelo y la agricultura local.

El terreno se localiza en la aldea Panaluya a 1.50 km de la cabecera municipal de Río Hondo, y abarca una superficie total de **69 482.24 m²** equivalente a 9.85 manzanas. Esta área resulta de la unificación de tres sectores: el terreno inicial de 21 169 m², el terreno adicional de 26 143.24 m² y el área del vertedero municipal existente, que ocupa 22 170 m². La integración de estos espacios tiene como finalidad optimizar la gestión de los residuos sólidos y prevenir el uso inadecuado del vertedero actual, incorporándolo de manera funcional a la propuesta general del proyecto.

El proyecto abastecerá a todo el municipio, que cuenta con 35 localidades y una población estimada de 21 434 habitantes. Dado que actualmente no existe un sistema adecuado de gestión de residuos, se proponen cuatro fases de tratamiento: clasificación primaria, segregación, compactación y compostaje. Estas se desarrollarán en tres edificios: la planta de selección y clasificación, la planta de compostaje y un edificio educativo con áreas exteriores, cada uno con sus respectivas áreas complementarias.

La propuesta se elaboró mediante una metodología que combinó trabajo de gabinete, asesorías técnicas y coordinación con la Dirección Municipal de Planificación y el Ejercicio Profesional

¹ World Wildlife Fund (WWF), *Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes, Municipio de Río Hondo, Departamento de Zacapa* (Zacapa: WWF, 2022)

Supervisado de Arquitectura. El proceso incluyó visitas de campo, análisis normativo, diagnóstico de la situación actual y desarrollo de una propuesta técnica dividida en cinco fases, desde la recopilación de información hasta la formulación del diseño.

El proyecto integra criterios de arquitectura sostenible y High Tech, priorizando la eficiencia energética, la automatización y la organización espacial mediante superposición de estructuras que optimicen el flujo de trabajo. También incorpora estrategias como el diseño escalonado para adaptarse a la topografía, un humedal artificial para el tratamiento de aguas grises, el uso de paneles solares, y sistemas de iluminación y ventilación natural.

El costo estimado del proyecto asciende a Q 38,293,943.99 y su ejecución se propone en cuatro fases: trabajos preliminares y cerramiento; obras de urbanización; infraestructura y equipamiento para el tratamiento de residuos y construcción del edificio educativo. Además, se promoverá la educación ambiental mediante senderos interpretativos, jardines sensoriales, áreas demostrativas de compostaje, huerto urbano, juegos temáticos y un anfiteatro.

Este proyecto, busca transformar la gestión de los desechos sólidos domiciliarios en Río Hondo, combinando sostenibilidad, eficiencia y educación ambiental para fomentar una cultura de reciclaje y responsabilidad ecológica en la comunidad.



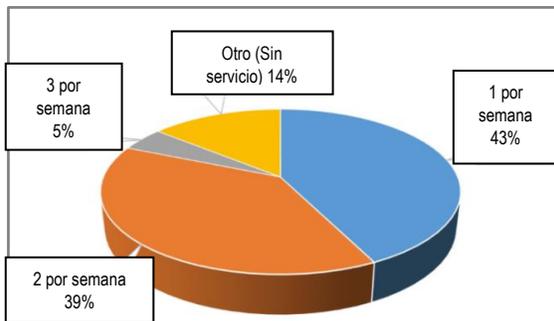
I . CAPÍTULO - MARCO INTRODUCTORIO



II ANTECEDENTES

El municipio de Río Hondo se localiza al este de la cabecera departamental de Zacapa. La cabecera municipal se localiza en las coordenadas 15° 02' 36" N, 89° 35' 06" W a una altitud de 184 msnm. Colinda al norte con el municipio de El Estor en el departamento de Izabal; al este con los municipios de Gualán y Zacapa; al sur con Zacapa y Estanzuela; al oeste con el municipio de Teculután. Se ubica a 14 kilómetros de la cabecera departamental y a 136 kilómetros de la ciudad capital.²

En la actualidad, el municipio de Río Hondo, Zacapa cuenta con un servicio municipal de recolección de desechos y algunos recolectores privados, que cubren aproximadamente el 70% de la población, según el censo nacional INE 2018. El estudio de caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes en el municipio de Río Hondo, realizado por World Wildlife Fund (WWF) en el año 2022³, da a conocer que, en los sectores más poblados como la aldea Santa Cruz y la cabecera municipal de Río Hondo, el servicio de recolección, se realiza de dos a tres veces por semana. En contraste, con las aldeas más alejadas, el servicio de recolección, a cargo del recolector municipal, se realiza una vez por semana. Anteriormente no se había realizado ningún estudio de caracterización de residuos y desechos sólidos.



Gráfica 1 Frecuencia de extracción de residuos.

Fuente: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa y WWF. Estudio de Caracterización Río Hondo, Zacapa 2022, página 59.



Fotografía 1 Contaminación en calles del municipio de Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Elaboración propia.

El Censo Nacional INE de 2018, indica que⁴, en el departamento de Zacapa, la forma de disposición final de residuos el 45.53% de la población quema sus residuos, el 43.88% utiliza el servicio municipal, el 7.81% recurre a servicio de recolección privado y el 2.78% restante entierra los residuos, los arroja al río o quebradas cercanas, los desecha en cualquier lugar, o los utiliza para compostaje o reciclaje.

A lo largo de la ruta CA9 y varios lugares del municipio es evidente la contaminación que afecta el paisaje y promueve la proliferación de enfermedades y plagas como moscas, zancudos y roedores, causado también por la presencia de basureros clandestinos. Esta situación también afecta la infraestructura de drenaje, provocando inundaciones en época de invierno. Se han evidenciado basureros clandestinos, con desechos sólidos que no están llegando al sitio de disposición final.

² Consejo Municipal de Desarrollo del municipio de Río Hondo, Zacapa, *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Municipio de Río Hondo 2019-2032* (Guatemala: Segeplán/DTP-DOT, 2018).

³ World Wildlife Fund (WWF), *Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes, Municipio de Río Hondo, Departamento de Zacapa* (Zacapa: WWF, 2022)

⁴ Instituto Nacional de Estadística (INE), *Censo de Población y Vivienda 2018: Resultados nacionales* (Guatemala: INE, 2019), <https://www.censopoblacion.gt/>



FOTOGRAFÍAS ACTUALES DEL
VERTEDERO MUNICIPAL

Fotografía 2 Vertedero municipal Río Hondo, mayo 2024.

Fuente: Elaboración propia.

El municipio cuenta con un vertedero que, con sus malos olores, falta de seguridad e inadecuada gestión de residuos afectan la salud de la población, pero la problemática no se ha abordado de manera adecuada. Durante la visita al vertedero municipal, el mal olor y la falta de seguridad impidieron recorrer el área con libertad. Además, desde años atrás, se ha tenido inconvenientes con los trabajadores del vertedero, dificultando la comunicación efectiva con la municipalidad.

Debido a que las mismas familias han laborado en el vertedero municipal durante años, se han adueñado del lugar, impidiendo que otras personas se acerquen al mismo y no siguen los protocolos adecuados para el manejo de los desechos, generando focos de contaminación.

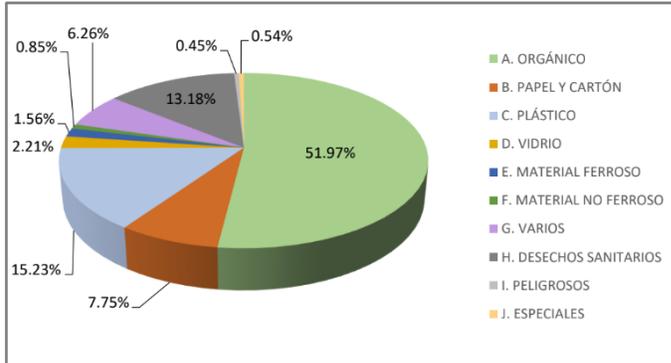
En atención a la problemática planteada la municipalidad pretende que, mediante de este proyecto, no solo se gestione adecuadamente los residuos, sino que también se convierta en una fuente de empleo y mejora económica.

| Composición física de residuos y desechos sólidos del municipio de Río Hondo | | | | |
|--|--------------|--------------|---------------|----------------|
| Descripción | Cantidad (%) | Ton /día | Ton/mes | Ton/anual |
| A. ORGÁNICO | 51.97% | 5.99 | 179.85 | 2158.20 |
| B. PAPEL Y CARTÓN | 7.75% | 0.89 | 26.82 | 321.83 |
| C. PLÁSTICO | 15.23% | 1.76 | 52.70 | 632.36 |
| D. VIDRIO | 2.21% | 0.25 | 7.64 | 91.72 |
| E. MATERIAL FERROSO | 1.56% | 0.18 | 5.41 | 64.96 |
| F. MATERIAL NO FERROSO | 0.85% | 0.10 | 2.95 | 35.36 |
| G. VARIOS | 6.26% | 0.72 | 21.65 | 259.81 |
| H. DESECHOS SANITARIOS | 13.18% | 1.52 | 45.61 | 547.30 |
| I. PELIGROSOS | 0.45% | 0.05 | 1.57 | 18.79 |
| J. ESPECIALES | 0.54% | 0.06 | 1.86 | 22.34 |
| TOTAL | 100% | 11.54 | 346.06 | 4152.67 |

Tabla 1 Composición física en toneladas de Residuos Sólidos de Río Hondo.

Fuente: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa y WWF. Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes 2022, página 50.

En el estudio de caracterización, durante ocho días, los vecinos del municipio de Río Hondo apoyaron con la recolección de muestras para el análisis de las mismas, se hizo con los lineamientos del Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021).



Gráfica 2 Caracterización de Residuos Sólidos Río Hondo, Zacapa, estrato mixto.

Fuente: Estudio de Caracterización Río Hondo, Zacapa 2022. WWF 2022, página 33.

Como se muestra en la gráfica, la composición de residuos y desechos está dominada por los residuos orgánicos, que constituye el 52.0% los residuos plásticos representan el 15.2% mientras que los desechos sanitarios comprenden el 13.2% del total de muestras.

La generación de residuos orgánicos y desechos sanitarios se estima de 7.5 toneladas diarias, las cuales se podrían aprovechar para la generación de biogás o compostaje, considerando que el 64% de los residuos son orgánicos y residuos sanitarios. Del porcentaje de residuos valorizables, el 10% puede someterse a un proceso de reciclaje y el 25.3% puede utilizarse como CDR (Combustibles Derivados de Residuos) los cuales se obtienen al procesar los residuos no reciclables, y pueden generar un material que puede ser utilizado como combustible en instalaciones industriales, como cementeras o plantas de energía. Todo esto tiene como objetivo reducir el volumen de residuos que se envían al vertedero y aprovechar su contenido energético, contribuyendo a la sostenibilidad y la reducción de emisión de gases de efecto invernadero. (Ver Tabla No. 2: Valorización de los residuos del municipio de Río Hondo, Zacapa).

El 0.6% de los residuos deberá ser depositado de una forma adecuada en un sitio de disposición final, siguiendo el reglamento específico para cada material.

| USO | Estrato Mixto | Estrato Comercial | Río Hondo |
|------------------------|---------------|-------------------|-------------|
| BIOGÁS (%) | 65.2% | 62.9% | 64.0% |
| RECICLAJE (%) | 11.1% | 8.9% | 10.0% |
| CDR (%) | 23.1% | 27.5% | 25.3% |
| DISP. FINAL (%) | 0.6% | 0.7% | 0.6% |
| TOTAL | 100% | 100% | 100% |

Tabla 2 Valorización de los residuos del municipio de Río Hondo, Zacapa.

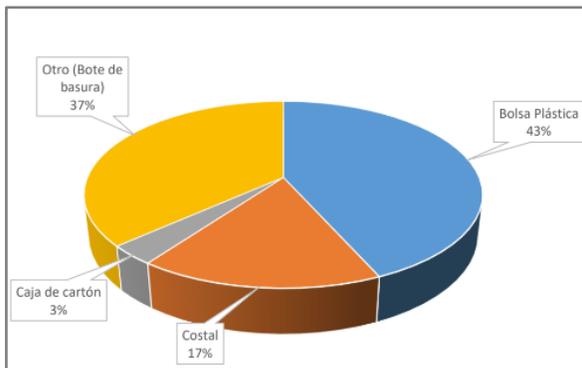
Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes 2022, WWF. Página 51.



Fotografía 3 Recipientes de basura metálicos, ubicados en parque municipal.

Fuente: Elaboración propia.

Para abordar el problema, en el año 2023, se realizó una capacitación en diversas comunidades del municipio de Río Hondo, para mostrarles cómo deben separar sus desechos, sin embargo, no se tuvo el éxito esperado. A su vez, durante la última mejora al parque municipal, se instalaron basureros metálicos, colocando el nombre del desecho al que corresponden, sin embargo, los vecinos no los utilizan correctamente, además que no se utiliza la nomenclatura de color, para cada residuo.



Gráfica 3 Recipiente utilizado para almacenar residuos, municipio de Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa y WWF. Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes 2022, página 63.

Como se muestra en la gráfica No. 3, otro aspecto importante es el recipiente más utilizado para almacenar residuos es la bolsa plástica con un 43% sin embargo, en algunos centros poblados, que no cuentan con un servicio de recolección de desechos, estos son quemados a excepción de aquellos que no pueden realizar este procedimiento por ser peligrosos, se desechan en lotes baldíos.

Por tal motivo, el proyecto surge como una medida de mitigación y contaminación ambiental, que permita mejorar la calidad de vida de los habitantes, mediante la adecuada gestión y recolección de los desechos sólidos. Además, de ser una fuente de empleo que permita mejorar la economía del municipio. Asimismo, se proponen alternativas para valorizar los residuos, como el compostaje, dado que la mayor parte de los residuos del municipio son orgánicos.

Se plantea la realización del anteproyecto, en la cabecera municipal de Río Hondo, en un terreno de forma irregular que, tras su unificación con el actual vertedero municipal, abarca una superficie total de **69 482.24 m²** equivalente a 9.85 mz. Esta integración permite continuar utilizando el área sur para el tratamiento de los desechos no reciclables, conforme al procedimiento establecido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

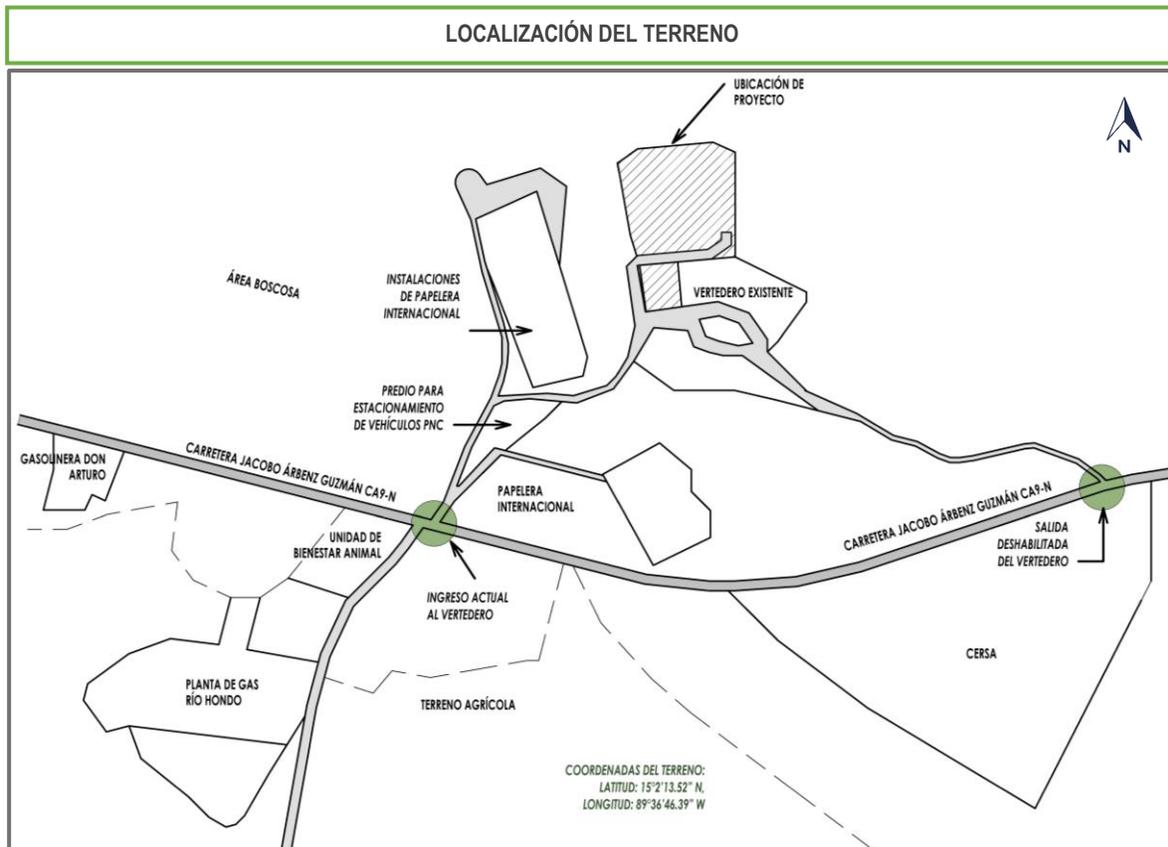


Ilustración 1 Localización del terreno.
Fuente: Elaboración propia.

El terreno propuesto para el emplazamiento del proyecto forma parte de los bienes municipales y se encuentra adyacente al actual vertedero municipal. Colinda con un área boscosa, que se puede aprovechar como zona de amortiguamiento, para evitar la proliferación de mal olor y polvo, tal como se requiere en el en el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021). El vertedero contaba con una salida alterna, la cual fue deshabilitada, debido a usos inadecuados en el sitio.

Como resultado del proceso de investigación y diagnóstico sobre la gestión de residuos en el municipio se identificó que una gran parte de los desechos generados corresponde a residuos orgánicos. Esta información evidenció la necesidad de incorporar una zona de compostaje dentro del proyecto, lo cual implicó ampliar el área inicialmente destinada. Por tal motivo, se decidió unificar el terreno asignado con una porción contigua perteneciente al actual vertedero municipal, alcanzando así una superficie total de **69 482.24 m²** considerando también el actual vertedero municipal. Esta decisión no solo respondió a criterios técnicos y ambientales, sino que también permitió aprovechar un terreno con mejores condiciones topográficas, pendientes que oscilan entre 7.00% y 18.00% y con acceso adecuado para el tránsito de camiones. La integración del terreno garantiza el espacio suficiente para implementar una gestión integral de residuos, en cumplimiento con los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Como parte de la iniciativa del proyecto, se han sumado empresas como Coca Cola y la Fundación WWF para dotar de equipo a las bodegas del proyecto en su fase inicial. Sin embargo, este apoyo no ha podido ser aprovechado, debido a que no se cuenta con una planificación del proyecto. Por tal motivo, el proyecto ha sido solicitado por la Municipalidad de Río Hondo, Zacapa a través de la Dirección Municipal de Planificación, al Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que se cuenta con la carta de solicitud del mismo. (Ver anexo A).

La necesidad de implementar este proyecto también surge del Acuerdo Gubernativo 164-2021 y su reforma Acuerdo Gubernativo 183-2023, que indica que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales coordinará con las Municipalidades la elaboración de los planes para la gestión integral de residuos y desechos sólidos para evitar el deterioro ambiental. La separación de residuos y desechos sólidos comunes se realizará de forma obligatoria a partir del 11 de febrero de 2025.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El municipio de Río Hondo, Zacapa enfrenta serios desafíos en la gestión de residuos sólidos. Según el Censo Nacional INE de 2018⁵, indica que, en el departamento de Zacapa, para la forma de disposición final de residuos el 45.53% de la población quema sus residuos, el 43.88% utiliza el servicio municipal, el 7.81% recurre a servicio de recolección privado y el 2.78% restante entierra los residuos, los arroja al río o quebradas cercanas, los desecha en cualquier lugar, o los utiliza para compostaje o reciclaje.

En el año 2022, se realizó el Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes en el municipio de Río Hondo, llevado a cabo por World Wildlife Fund (WWF)⁶, la cual implementó una campaña en las comunidades de Río Hondo, para enseñar a separar los desechos. Esta campaña consistió en seleccionar diez viviendas al azar de distintas comunidades y proporcionarles bolsas de colores específicos para cada tipo de desecho, dándoles las indicaciones de cómo deben separar sus residuos. No obstante, la iniciativa no tuvo el éxito esperado, ya que los residuos no se clasifican adecuadamente en el vertedero municipal, generando focos de contaminación y proliferación de enfermedades.

Actualmente, el procedimiento para la disposición final de los residuos en el vertedero municipal consiste en la llegada de los camiones de recolección con los desechos de las diferentes comunidades. Estos desechos se descartan en cualquier punto del vertedero, donde las personas que laboran en el mismo, revisan las bolsas en busca de objetos de valor que puedan vender, para luego enterrar los residuos en el mismo lugar o quemarlos, dependiendo del tipo de desecho. Durante la visita de campo se observó la emanación de gases del suelo en los lugares donde la basura está enterrada, así como la presencia de lixiviados. Este procedimiento no cumple con la normativa de Recolección y Transporte del Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021), el cual en su Artículo 18 establece que *“Se debe garantizar que no existen derrames de lixiviados hacia el exterior durante el transporte de los residuos y desechos sólidos comunes y que además puedan recolectarse para su posterior tratamiento”*⁷.

Como se indicó en el plano de localización, el actual vertedero colinda con las instalaciones de la Papelera Internacional. Esta empresa ha solicitado apoyo a la municipalidad de Río Hondo, para encontrar una solución en el manejo de los residuos, ya que la contaminación del vertedero ha provocado enfermedades a sus trabajadores. Esto se debe a la falta de un área de amortiguamiento vegetal, el mal manejo de los desechos y la presencia de residuos llevados por el viento hacia sus instalaciones. Asimismo, ha mencionado que la ausencia de una garita o muro perimetral en el vertedero ha generado actos delictivos durante la noche, ocasionando la pérdida de mobiliario en varias ocasiones.

Además de la problemática mencionada, el municipio actualmente cuenta con un servicio de recolección de desechos. Sin embargo, este servicio, tanto municipal como privado, no llega de

⁵ Instituto Nacional de Estadística (INE), *Censo de Población y Vivienda 2018: Resultados nacionales* (Guatemala: INE, 2019), <https://www.censopoblacion.gt/>

⁶ World Wildlife Fund (WWF), *Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes, Municipio de Río Hondo, Departamento de Zacapa* (Zacapa: WWF, 2022)

⁷ *Ibid.*

manera eficiente a las comunidades más alejadas, en las cuales la recolección se realiza una vez por semana y en los lugares más poblados de dos a tres veces por semana. Estas prácticas no cumplen con el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, que estipula que *“La recolección de los residuos y desechos sólidos comunes generados en las áreas públicas y privadas, debe efectuarse como máximo cada setenta y dos horas”*⁸ y que se debe *“Garantizar el transporte físicamente separado de las diferentes categorías de segregación establecidas; ya sea por medio de espacios divididos en cámaras en los vehículos, recolección separativa por día y otra provisión logística según su manejo integral”*⁹.

Se ha evidenciado que la mayor parte de los residuos producidos en el municipio son orgánicos, teniendo gran potencial para compostaje. Sin embargo, esta oportunidad no se ha podido aprovechar debido a la falta de un espacio adecuado para llevar a cabo este proceso.

Como parte de las iniciativas de la implementación de este proyecto, es fundamental informar a las personas de las distintas comunidades de Río Hondo, sobre los beneficios que obtendrían al separar sus desechos desde casa o a nivel comunitario. De esta manera, que al llegar los desechos al vertedero municipal su clasificación sería más eficiente. Por ejemplo, al separar los desechos orgánicos desde casa, como resultado obtendrían una bolsa de abono para sus cultivos. Todas estas actividades contribuirán a complementar el proyecto de la Planta de Selección y Clasificación de los Desechos Sólidos, con el objetivo de crear conciencia y fomentar el cuidado ambiental entre los habitantes del municipio.

^{8 y 3} Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021) (Ciudad de Guatemala: Gobierno de Guatemala, 2021).

1.3 JUSTIFICACIÓN

Al analizar la gestión de residuos en el municipio de Río Hondo, Zacapa se ha determinado que a pesar de contar con un vertedero municipal, los residuos no se recolectan, clasifican y desechan de acuerdo con la normativa establecida en el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021). El procedimiento actual para la disposición final de los residuos en el vertedero municipal, ha dado lugar a la proliferación de enfermedades y plagas, debido a la falta de instalaciones adecuadas para la clasificación y gestión de los desechos, así como la falta de capacitación del personal encargado.

El proyecto pretende mejorar la gestión de residuos del municipio de Río Hondo, incentivando el aprovechamiento de desechos orgánicos para la producción de compostaje y la venta de los materiales reciclables. Además, se busca capacitar tanto a los empleados como a la comunidad a través de un área educativa dentro de las instalaciones de la planta. Este espacio permitirá a las personas conocer el proceso de recolección, selección, segregación y compactación de los residuos, fomentando la conciencia y cuidado ambiental. A largo plazo, se espera que los residentes comiencen a clasificar los desechos desde sus hogares o comunidades, haciendo más eficiente el proceso de recolección y mejorando el arbitrio municipal a través del servicio de recolección.

Entre los aspectos negativos que podrían surgir si no se lleva a cabo este proyecto, además de la contaminación ambiental y la afectación en la calidad de vida de los habitantes, se encuentra la pérdida de oportunidades económicas y fuentes de empleo para habitantes del municipio por el desaprovechamiento de residuos orgánicos y reciclables. Sin la gestión adecuada de residuos, el proceso de recolección de residuos seguirá siendo ineficiente, aumentando costos operativos y logísticos del municipio, afectando el desarrollo sostenible, y evidenciando mayor presencia de basureros clandestinos, considerando el crecimiento poblacional, así como los patrones de consumo de productos de diversa índole.

La necesidad de implementar este proyecto también surge del Acuerdo Gubernativo 164-2021 y su reforma Acuerdo Gubernativo 183-2023. La separación de residuos y desechos sólidos comunes se realizará de forma obligatoria a partir del 11 de febrero de 2025.

El proyecto tendrá un radio de influencia que abarca todo el municipio de Río Hondo, con una cobertura territorial aproximada de 458.09 km² (superficie municipal), incluyendo los 35 lugares poblados (26 aldeas, 8 caseríos y 1 finca). El radio máximo estimado desde la cabecera municipal hasta el punto más distante del municipio es de aproximadamente 22.41 kilómetros, lo cual permite delimitar el alcance operativo del sistema de recolección y tratamiento de residuos. (*Ver Mapa 1: Radio de influencia del proyecto*).

La población beneficiada es de aproximadamente 21 434 habitantes, con una tasa de crecimiento del 1.3% según las estadísticas del INE. La densidad poblacional es de 47 habitantes por km². Se estima que el servicio de recolección de desechos cubra el casco urbano, así como las aldeas y caseríos, excluyendo los residuos producidos por industrias o agroindustrias, ya que cada una debe gestionar sus propios desechos debido a sus características particulares.

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

TEMA: MANEJO AMBIENTAL Y GESTIÓN DE RIESGOS

SUBTEMA: GESTIÓN DE RESIDUOS

OBJETO DE ESTUDIO: PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.

1.4.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio para la elaboración del proyecto arquitectónico está ubicada en la aldea Panaluya, ubicada a 1.50 km del casco urbano de Río Hondo, Zacapa, sobre la carretera CA-9 a 136 km de la Ciudad de Guatemala y a 14 km de la cabecera departamental. Sus coordenadas geográficas son Lat: 15° 02' 36" N, Long. 89° 35' 06" W. Colinda al norte con el municipio de El Estor en el departamento de Izabal; al este con los municipios de Gualán y Zacapa; al sur con Zacapa y Estandzuela; al oeste con el municipio de Teculután. Se ubica a 14 kilómetros de la cabecera departamental y a 136 kilómetros de la ciudad capital.

El presente proyecto tiene un radio de influencia municipal de 22.41 km, lo cual implica que su impacto y cobertura están orientados a beneficiar a la totalidad del municipio de Río Hondo, Zacapa.

(Ver Mapa 1: Radio de influencia del proyecto).

1.4.2 DELIMITACIÓN POBLACIONAL

Actualmente, el municipio de Río Hondo cuenta con 21 434 habitantes, de los cuales el 70.76% reside en el área rural y el 29.24% en el área urbana. Según el Censo Nacional INE 2018, se estima una tasa de crecimiento de 1.3%. El proyecto tendrá un radio de influencia que abarcará todo el municipio, incluyendo los 35 lugares poblados: 26 aldeas, 8 caseríos y 1 finca que lo conforman. En el municipio predomina el grupo de edad entre 15 y 64 años con un 64.70%, seguido por el grupo de 0 a 14 años con un 27.44% y el grupo de 65 años en adelante con un 7.68%.

1.4.3 DEMANDA POBLACIONAL

Al analizar el rango de edad predominante, en el municipio de Río Hondo, se observa que la mayoría de la población es económicamente activa. Para estimar la población futura del municipio, se utiliza un cálculo geométrico basado en la tasa de crecimiento del 1.3%, con base al Método de Crecimiento Geométrico.

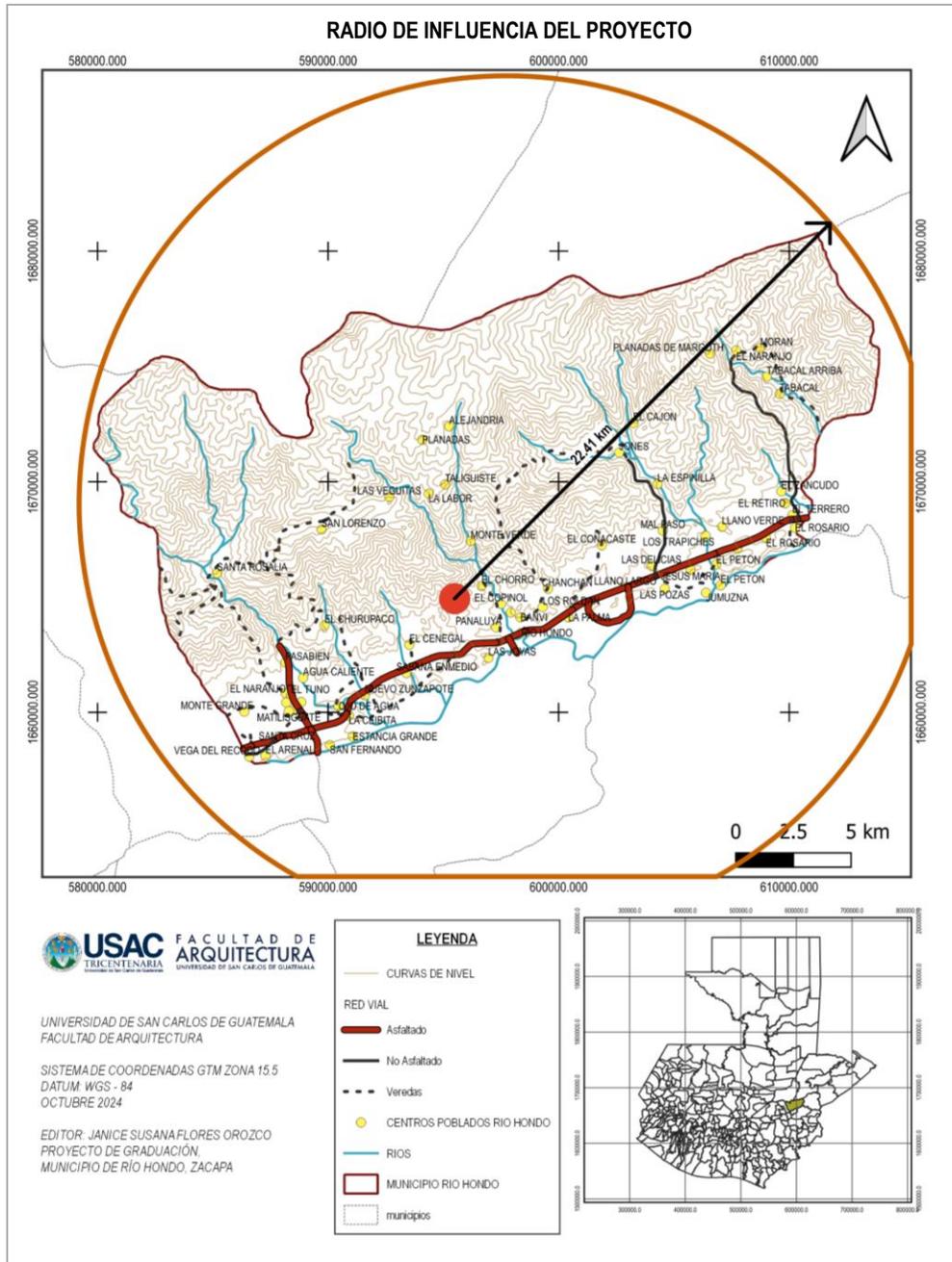
| DEMANDA POBLACIONAL | | |
|---------------------|---------------------------------------|---------|
| Pf | Población Futura | 27,000 |
| Pi | Población inicial | 21,434 |
| 1 | Constante | 1 |
| Tcp | Tasa de crecimiento poblacional anual | 1.3% |
| ñ | Diferencia de año (proyección) | 20 años |

Tabla 3 Demanda poblacional. Proyección de la población en el municipio de Río Hondo, Zacapa para los próximos 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

$$Pf = Pi (1+Tcp*ñ)$$

$$Pf = 21,434 (1+(0.013*20)) = 27\ 006.84 = 27\ 000 \text{ personas.}$$



Mapa 1 Radio de influencia del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

En el mapa se ha representado este radio de influencia mediante un círculo con centro en la ubicación propuesta para el proyecto con coordenadas geográficas (15° 2' 13.52" N, 89° 36' 46.39" W), el cual abarca una distancia aproximada de 22.41 km desde el centro del proyecto hasta el límite más lejano del municipio. El área de influencia excluye los residuos generados por industrias o agroindustrias, dado que su exposición y volumen requieren sistemas de gestión propios y especializados. El enfoque del proyecto se basa en atender los desechos sólidos domiciliarios generados por la población urbana y rural del municipio.

1.4.4 PRODUCCIÓN ANUAL DE RESIDUOS

| PRODUCCIÓN PER CÁPITA DEL MUNICIPIO DE RÍO HONDO | | | |
|--|---------------------------|------------|------------|
| Muestras de 7 días | Peso muestras 7 días (kg) | PPC | |
| | | kg/hab/día | lb/hab/día |
| 55 | 759.540 | 0.485 | 1.07 |

Tabla 4 Producción per cápita del municipio de Río Hondo.

Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes 2022, WWF. Página 47

Con base en los resultados de la tabla no. 4 se realizó el cálculo para obtener la producción anual de residuos, debido a que el proyecto estará diseñado para la producción de residuos domiciliarios del municipio.

TOTAL, PRODUCCIÓN ANUAL DE RESIDUOS

0.485 kg/hab/día * 27,000 hab. * 365 días = **4,779,675.00 kg = 4 779.68 Ton.**

La densidad de los residuos y desechos sólidos comunes recolectados del municipio de Río Hondo es de **112 kg/m³**.

1.4.5 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Para definir la delimitación temporal del proyecto se utiliza como referencia el método por factores de la Norma ISO 15686 en la que se indica la vida útil de los edificios por categoría como se muestra a continuación.

| CATEGORÍA DE EDIFICACIÓN | | |
|--------------------------|--|--|
| CATEGORÍA DE EDIFICIOS | VIDA ÚTIL DE DISEÑO POR CATEGORÍA (AÑOS) | DESCRIPCIÓN |
| TEMPORALES | Hasta 10 | Construcciones no permanentes, oficinas de ventas, edificios de exhibición temporal, construcciones provisionales. |
| VIDA MEDIA | 25-49 | La mayoría de los edificios industriales y la mayoría de las estructuras para estacionamientos. |
| VIDA LARGA | 50-99 | La mayoría de edificios residenciales, comerciales, de oficinas, de salud, de educación. |
| PERMANENTES | Más de 100 | Edificios monumentales de tipo patrimoniales (museos, galerías de arte, archivos generales, etc.) |

Tabla 5 Categoría de Edificación.

Fuente: Elaboración propia con base en información de Silverio Hernández Moreno, "¿Cómo se mide la vida útil de los edificios?" (Revista Ciencia, 2016).

En este caso se define el proyecto para vida media, que corresponde de 25-49 años, los factores relevantes para la durabilidad del proyecto, se asigna un valor de:

- 0.8 = bajo
- 1 = medio
- 1.2 = alto.

Para estimar la vida útil se utiliza la fórmula:

$$VUE = VUD (A)(B)(C)(D)(E)(F)(G)$$

$$VUE = (50 \text{ años}) (1) (0.8) (1) (0.8) (0.8) (1) (0.8) = 20.48 = 20 \text{ años}$$

Por consiguiente, se estima la delimitación temporal del proyecto a 20 años.

| VIDA ÚTIL DE EDIFICACIÓN | | |
|--|--------|---|
| VALOR | FACTOR | DESCRIPCIÓN |
| A. Nivel o grado del diseño arquitectónico y de sus instalaciones. | 1 | Con base en el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021) y al Plan de Gestión Ambiental, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. |
| B. Calidad de los materiales y componentes de construcción. | 0.8 | Debido a la ubicación del proyecto y la falta de control de calidad de los materiales. |
| C. El medio ambiente del interior del edificio | 1 | No se utilizarán químicos u otra sustancia que afecte al inmueble. |
| D. Medio ambiente externo al edificio, como el clima y contaminación urbana. | 0.8 | Está expuesto a contaminación visual y aspectos climáticos. |
| E. Calidad y nivel de la mano de obra. | 0.8 | Debido a la falta de certificación del personal de obra. |
| F. Uso del edificio con base en manuales y especificaciones realizadas por los diseñadores y constructores para una mejor operabilidad del inmueble. | 1 | Para que se utilice conforme a los fines y normativa del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. |
| G. Grado o nivel de mantenimiento. | 0.8 | No contará con alto grado de mantenimiento. |

Tabla 6 Vida útil de edificación.

Fuente: Elaboración propia, indica factores utilizados para determinar la vida útil del proyecto.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar el anteproyecto arquitectónico de la Planta de Selección y Clasificación de Desechos Sólidos Domiciliarios en el municipio de Río Hondo, Zacapa para que contribuya a la gestión sostenible y adecuada de los residuos generados en la comunidad.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el programa arquitectónico del proyecto, conforme al Plan de Gestión Ambiental y el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021), para diseñar las instalaciones de la planta, de acuerdo a las necesidades espaciales y funcionales del proyecto.
- Definir la cantidad de desechos producidos en el municipio de Río Hondo, Zacapa basado en el estudio de caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes en el municipio de Río Hondo, realizado por World Wildlife Fund (WWF), para determinar la dimensión adecuada de los ambientes necesarios para su gestión.
- Diseñar un área educativa para capacitar y promover la conciencia ambiental a empleados de la planta y los habitantes del municipio, junto con un área de compostaje que permita gestionar los residuos orgánicos y fomente la economía circular en Río Hondo, Zacapa.
- Incorporar criterios de arquitectura sostenible en el diseño del proyecto, para optimizar el uso de recursos energéticos y utilizar materiales de bajo impacto ambiental, que contribuyan a la eficiencia operativa y a la reducción del impacto ambiental del proyecto.
- Diseñar un sistema eficiente de gestión de residuos, integrando un estilo arquitectónico High Tech, mediante la implementación de una modulación que optimice las operaciones del proyecto en las etapas de selección, separación, segregación y compactación de residuos, reduciendo el impacto ambiental de los desechos.

1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo del proyecto se dividirá en cinco fases y seis capítulos. Se utilizará *Metodología Descriptiva*, esta metodología incluye técnicas de investigación documental y de campo, entrevistas y observación directa del lugar debido a que va de aspectos generales a particulares. Estas técnicas permitirán realizar un análisis exhaustivo del estado actual de la disposición de residuos, proporcionando una base sólida para el diseño del anteproyecto arquitectónico que contribuya al mejoramiento efectivo de esta problemática.

Para el desarrollo del proyecto las primeras tres fases se enfocan en la investigación y la fase cuatro y cinco al segmento propositivo, la cual pretende contribuir al manejo adecuado de los desechos sólidos en el municipio.

Según el esquema metodológico, el proyecto surge como parte del programa del Ejercicio Profesional de Arquitectura (EPS), y el apoyo de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Río Hondo. En conjunto, se identificó la problemática de la gestión inadecuada de los desechos sólidos, lo que dio paso a la definición de las fases de investigación.

Aspectos a considerar en las fases de investigación:

- Inicialmente, se recurrió a la observación directa de campo acompañada de recopilación de información de fuentes primarias como documentos oficiales, normativas, leyes, políticas locales y nacionales, así como la toma de referencia del Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes en el municipio de Río Hondo, llevado a cabo por World Wildlife Fund (WWF), en el año 2022. También se consultó el Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial (PDM-OT) 2019-2032, y se recurrió a fuentes secundarias como libros, monografías, revistas, entre otros, para enriquecer la investigación.
- Posteriormente, se realizaron visitas de campo para llevar a cabo el levantamiento fotográfico y el topográfico proporcionado por la Municipalidad de Río Hondo. Se elaboraron mapas conceptuales, resúmenes y esquemas.
- Se utilizaron softwares especializados como Excel, Word, programas CAD y Revit para el procesamiento y representación de la información. Asimismo, se integraron Sistemas de Información Geográfica (SIG) a través de la plataforma QGIS, lo que facilitó la elaboración de mapas. Esta fase también incluyó el análisis de casos análogos, con el objetivo de comprender soluciones similares implementadas en otros contextos.
- Se establecieron las premisas de diseño, las cuales derivaron de un programa de necesidades arquitectónicas. Se elaboraron matrices de relaciones ponderadas, cuadros de ordenamiento de datos, diagramas de preponderancia, y esquemas de funcionamiento que incluyeron relaciones, circulaciones, burbujas y bloques, con el fin de estructurar el diseño funcional de la planta.

- Al tener sintetizada y ordenada la información, se procedió a la prefiguración del proyecto. En esta etapa, se definieron premisas de diseño y se definirá el programa arquitectónico, junto con el cuadro de ordenamiento de datos, matriz de relaciones ponderadas, diagrama de preponderancia, circulaciones y zonificación de espacios, permitiendo un diseño eficiente y funcional en el terreno.
- Finalmente, se presentó la propuesta arquitectónica a nivel de anteproyecto que integra plantas, secciones, elevaciones, perspectivas, presupuesto y cronograma, concluyendo con recomendaciones y conclusiones orientadas al desarrollo municipal y la optimización de la gestión de residuos.

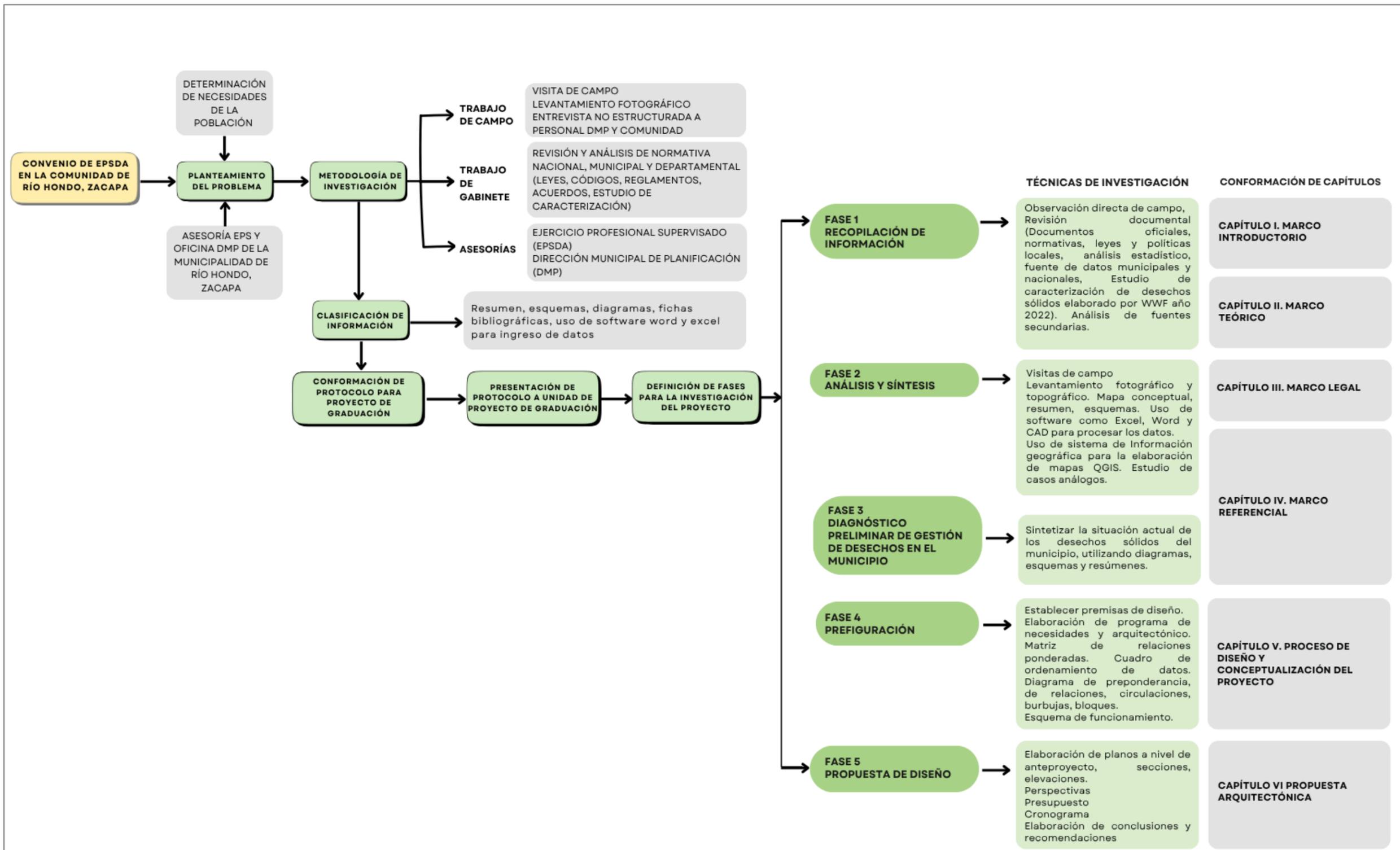


Ilustración 2 Esquema metodológico.
Fuente: Elaboración propia.

1.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO I

- El servicio de recolección de desechos en el municipio, actualmente abastece al 70% de la población, lo cual evidencia la necesidad de ampliar la cobertura e implementar sistemas de recolección más eficientes. Es esencial fomentar la separación de residuos desde el origen, lo que no solo facilitará la operación del proyecto, sino que también contribuirá a reducir la contaminación ambiental.
- Se estima que la generación de residuos orgánicos y desechos sanitarios es de 7.5 toneladas diarias, equivalente al 64% de los desechos, los cuales se podrían aprovechar para la generación de biogás o compostaje.
- Actualmente, el municipio de Río Hondo dispone de un vertedero donde los desechos no se gestionan de manera adecuada, lo que se convierte en un foco de contaminación ambiental. Para minimizar el impacto ecológico y cumplir con las normativas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, es recomendable que la planta de selección y tratamiento de desechos sólidos se ubique cerca del vertedero existente para evitar mayor impacto en la huella ecológica, aplicando protocolos adecuados de gestión y mitigación ambiental.

*Río El Tecolote
Aldea El Tecolote, Río Hondo, Zacapa.
Fuente: Elaboración propia.*





2 . CAPÍTULO - MARCO TEÓRICO



2.1 AMBIENTE

2.1.1 CONCEPTO DE AMBIENTE

El término ambiente está compuesto por un conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales, los cuales son capaces de causar efectos directos o indirectos, a los seres vivos en su comportamiento y supervivencia. Cabe destacar que el ambiente no solo incluye aspectos físico naturales, sino también está conformado por factores sociales, económicos, culturales, entre otros, los cuales están en constante cambio.

Al agregarle el término “medio” se refiere al elemento en el que habita o se desenvuelve un ser vivo, tomando en cuenta que “Los organismos están en contacto unos con otros. Además, están inmersos en un espacio que tiene condiciones físicas y químicas particulares.”¹⁰

2.1.2 FACTORES BIÓTICOS

Se refiere a todos los seres vivos de un ecosistema, estos organismos están compuestos por plantas, hongos, bacterias, animales herbívoros, carnívoros, omnívoros, todos ellos influyen en el equilibrio y funcionamiento de los ecosistemas. Entre las características de estos factores se puede mencionar la interdependencia, es decir, dependen unos de otros para obtener alimento, refugio y reproducción; diversidad; adaptación; ciclo de vida; las cadenas alimenticias; regulación del ecosistema; y la capacidad de respuesta, es decir la habilidad de reaccionar a cambios en el entorno.¹¹

2.1.3 FACTORES ABIÓTICOS

Se refiere a los componentes no vivos de un ecosistema que influyen en los organismos y en el ambiente. Entre estos factores podemos mencionar la temperatura, luz solar, agua, suelo, aire y minerales. La diferencia entre factores bióticos y abióticos radica en que los factores bióticos están compuestos por los seres vivos y los abióticos determinan las condiciones del hábitat y la supervivencia de las especies acorde al ecosistema al que pertenecen.

Entre los tipos de factores abióticos se encuentran:

- Factores físicos: temperatura, luz, agua y suelo.
- Factores químicos: presencia de sustancias tóxicas, conservación de nutrientes y pH.
- Factores geológicos: se relaciona con la composición del sustrato.

2.1.4 RECURSOS RENOVABLES

Se les conoce como recursos renovables porque tienen la capacidad de regenerarse de manera natural y en menor tiempo que no los exime de desaparecer a causa de la sobreexplotación del recurso y falta de protección. Entre los recursos renovables se encuentra el agua, el viento, la energía solar, los bosques, hidroeléctrica, eólica. Desde hace aproximadamente 800 000 años, el ser humano a obtenido su alimentación de la flora y fauna, lo que aporta vitaminas y minerales al cuerpo, de igual manera la obtención de plantas medicinales y caza de animales.

¹⁰ Teresa Valverde Valdés, *Ecología y medio ambiente* (México: Pearson Educación, 2005), 20.

¹¹ Geoenciclopedia, “Factores bióticos: qué son, características y ejemplos,” Geoenciclopedia, accedido el 17 de septiembre de 2024, Factores bióticos: qué son, características y ejemplos - Resumen (geoenciclopedia.com)

Tal como menciona Cañadas Parejo “Los recursos naturales renovables se caracterizan porque con ellos podemos llegar a implementar un equilibrio entre la forma de explotarlos, transformarlos, consumirlos y reproducirlos”¹²

2.1.5 RECURSOS NO RENOVABLES

A diferencia de los recursos renovables, los recursos no renovables requieren un tiempo mucho mayor para regenerarse en relación a la tasa de consumo; es decir, que al momento de ser utilizados tienden a agotarse como el caso del petróleo, gas natural, carbón, minerales como oro y hierro. Por ejemplo, los minerales son considerados recursos no renovables porque se van agotando en la medida que se extraen y su distribución en la corteza terrestre es desigual, lo que genera la necesidad de su exportación.

En tal sentido, es importante recalcar que los recursos naturales, representan una parte fundamental para la supervivencia de los seres vivos y la economía, lo que ha conllevado a problemáticas de sobreexplotación generando deterioro ambiental.

2.1.6 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La contaminación ambiental se refiere a la introducción de agentes químicos, biológicos, sustancias que alteren el equilibrio natural, causando efectos negativos en los seres humanos, los ecosistemas y la obtención de recursos naturales. Estos elementos se consideran contaminantes porque, al superar los niveles tolerados de contaminación por los seres vivos y el entorno natural, genera un desequilibrio ecológico.

Estos contaminantes provienen de diversas fuentes emisoras de gases, vapor, polvos y partículas. La contaminación del aire en particular es una de las más dañinas, debido a que contribuye al desarrollo de enfermedades. El nitrógeno, oxígeno y el hidrógeno son indispensables para la vida, sin embargo, el aire que respiramos puede verse afectado por contaminantes. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido límites de tolerancia de estos contaminantes para evitar graves efectos en la salud, aunque los límites permitidos pueden variar de un país a otro.

2.1.6.1 CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Las causas de la contaminación ambiental provienen de actividades humanas, así como procesos naturales, causados por erupciones volcánicas, erosión, y otro tipo de desastres naturales, sin embargo, este tipo de contaminación no suele ser tan dañina como las causas antrópicas. A continuación, se dan a conocer algunas de las causas principales de la contaminación:

- **Actividades productivas para generación de energía:** esto incluye la explotación de los recursos naturales no renovables, como el petróleo y minerales.
- **Transporte:** los vehículos emiten contaminantes como el monóxido de carbono (CO) óxidos de nitrógeno (NO), smog, entre otras partículas que contribuyen en la contaminación del aire.
- **Crecimiento demográfico:** el crecimiento de la población, así como los flujos migratorios, genera mayor cantidad de desechos.

¹² Manuel Cañadas Parejo, *Ecología y medio ambiente* (Paraninfo, 2016), accedido el 19 de septiembre, 2024, <https://sergiomassaro.com/wp-content/uploads/2020/09/Ecologia-y-medio-ambiente-6.pdf>

- **Agricultura y ganadería:** causado por el uso de pesticidas y fertilizantes químicos contamina el suelo y fuentes hídricas.
- **Deforestación:** esto se debe a la tala de árboles en grandes cantidades, lo que reduce la masa vegetal y contribuye al cambio climático.
- **Residuos sólidos:** entre las mayores causas es la mala gestión de los desechos sólidos, que además de generar contaminación en los recursos naturales, afecta la salud humana.

En cuanto al tema de los residuos sólidos, según el *Plan Nacional de Desarrollo: K'atun: nuestra Guatemala 2032*, la generación de desechos sólidos alcanza un promedio anual de aproximadamente 116.5 millones de toneladas, las cuales son desechadas en agua y suelo. Los desechos domésticos son más detectables, debido a la presencia de basureros clandestinos cercanos a los centros poblados y el mal manejo de los mismos. Los desechos emiten malos olores, proliferación de plagas y contaminación visual.

Según la *Plan Nacional de Desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032*, "Con relación a la disposición de los desechos sólidos, puede constatarse que casi el 85% del peso de estos residuos es destinado al ambiente natural, sin ningún tratamiento o disposición tecnificada. Así mismo, es importante mencionar que, con excepción de los que se ubican en el departamento de Guatemala, el 84% de los botaderos de basura del país no está autorizado, lo cual significa que solamente el 16% restante cuenta con autorización municipal, pero no necesariamente con un estudio de impacto ambiental."¹³

2.1.6.2 TIPOS DE CONTAMINACIÓN

De acuerdo con la publicación de Lilian Albert. "*Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos*"¹⁴ indica que la contaminación ambiental se puede clasificar de diversas maneras, siendo estas las principales:

- **Por el proceso que la causa:** se considera de origen natural, si el ser humano no tiene incidencia y control en la contaminación, por ejemplo, los gases que se emiten durante una erupción volcánica. Caso contrario, se considera de origen antropogénico, si como resultado de las actividades humanas, la contaminación se encuentra arriba de los límites de tolerancia, como sucede con la emisión del bióxido de carbono en la atmósfera.
- **Por el tipo de contaminante:** los contaminantes pueden ser químicos, físicos y biológicos, y se pueden encontrar en cuerpos de agua, alimentos, ruido, radiaciones y calor.
- **Por el origen de los contaminantes:** pueden ser de origen natural o artificial, generados por el hombre. De igual manera existen contaminantes químicos de origen natural presentes en el sustrato por arriba de su concentración natural y de igual manera pueden ser de origen artificial.
- **Por la naturaleza química del contaminante:** se refiere a los contaminantes de origen natural, que se clasifican como orgánicos, tal es el caso de las toxinas naturales.

¹³ *Plan Nacional de Desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032*. Ciudad de Guatemala: Segeplán, 2014.

¹⁴ Facultad de Medicina UNAM. 2022. Contaminación ambiental: origen, clases, fuentes y efectos. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. <https://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2022/02/Contaminacion-ambiental-origen-clases-fuentes-y-efectos.pdf>

- **Por sus efectos:** aunque esto no depende del origen de los contaminantes, causan efectos no deseados en los seres vivos, causando daño funcional, enfermedades infecciosas, entre otros.
- **Por el sustrato afectado:** esta clasificación es la que se utiliza frecuentemente para vigilar y controlar los efectos de los contaminantes, y asignar de manera correcta los impactos ambientales.¹⁵

2.1.6.3 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN

La contaminación ambiental, genera diversos efectos dañinos para los seres vivos y el medio ambiente, siendo estas las más significativas:

- **Calentamiento global:** este fenómeno consiste en el aumento progresivo de la temperatura del planeta, causado principalmente por la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, provocada por agentes antrópicos. Los gases como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), atrapan el calor en la atmósfera, impidiendo su liberación hacia el espacio, lo que provoca un incremento en la temperatura global.
- **Desarrollo de enfermedades:** como lo indica la Organización Panamericana de la Salud, “La exposición a altos niveles de contaminación del aire puede causar una variedad de resultados adversos a la salud. La contaminación del aire puede aumentar el riesgo de infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón.”¹⁶
- **Pérdida de la biodiversidad:** este efecto es producido por la explotación de los recursos naturales, como la tala de árboles y emisión de gases contaminantes, van reduciendo la extinción de especies y reducción del hábitat alterando el equilibrio natural.¹⁷

2.1.7 CONSECUENCIAS AMBIENTALES DE LOS VERTEDEROS FUERA DE NORMATIVA: FOCOS DE CONTAMINACIÓN

2.1.7.1 INCENDIO DE VERTEDERO AMSA

Como ejemplo del mal manejo de los desechos sólidos y los efectos contaminantes que genera, se tiene el caso del incendio en el vertedero AMSA, ubicado en el km 22.5 carretera al Pacífico jurisdicción de Villa Nueva. Este incendio inició el domingo 07 de abril 2024, afectando la calidad de aire con altos niveles de material particulado. Los sensores del Laboratorio Ecológico y Químico ECOQUIMSA comenzaron a reportar deterioro en la calidad del aire, especialmente en el municipio de Mixco a partir de las 18:00 horas.

¹⁵ Albert Lilian A. 2022. “La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente”. En *Contaminación ambiental*. Origen, clases, fuentes y efectos. 37-51. México, D.F: Centro de Ecología y Desarrollo.

¹⁶ Organización Panamericana de la Salud, “Contaminación del Aire Ambiental (Exterior) y de Vivienda: Preguntas Frecuentes,” *Organización Panamericana de la Salud*, accedido el 19 de septiembre de 2024, <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-externo-vivienda-preguntas-frecuentes#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20a%20altos%20niveles,cerebrovasculares%20y%20c%C3%A1ncer%20de%20pulm%C3%B3n.>

¹⁷ Fundación Aequae. “Causas de la Contaminación Ambiental.” *Fundación Aequae*. Accedido el 19 de febrero, 2024. <https://www.fundacionaqua.org/wiki/causas-contaminacion-ambiental/>

El reporte de la calidad de aire, indicaba que era dañino para grupos sensibles, con un rango de AQI de 100 a 150, este deterioro continuó en horas posteriores, generando un nuevo reporte de calidad del aire a condiciones INSALUBRES o PELIGROSAS llegando a un valor de AQI de 500 a la 1:00 h Del día lunes 08 de abril, según lo reportado por la estación instalada en la Municipalidad de Mixco.

El índice de calidad del aire (AQI) al momento de ser superior a 300, genera efectos dañinos para la salud, entre los cuales destacan problemas respiratorios agudos, exacerbación de enfermedades cardíacas, riesgo de infecciones respiratorias, entre otros.¹⁸

Este siniestro evidenció el mal manejo de los desechos sólidos y la inadecuada operación del vertedero, que ha estado en funcionamiento durante 25 años, en un predio aproximado de 30 hectáreas. Debido a que en el lugar circulan aproximadamente 100 000 vehículos diarios, el humo dificultó la visibilidad de los conductores. Como consecuencias muchas familias cercanas al lugar comenzaron a sufrir irritación en los ojos, dolor de garganta, entre otros síntomas, el humo traspasó hacia la zona sur de la ciudad de Guatemala, así como al departamento de Sacatepéquez. Para sofocar el fuego, se utilizó agua y tierra para compactar.

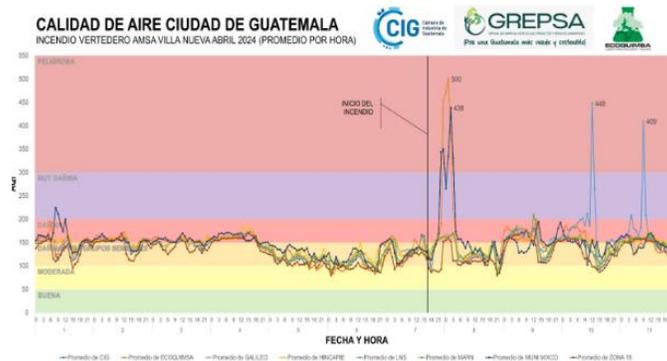


Ilustración 3 Calidad de aire en Ciudad de Guatemala, incendio vertedero AMSA Villa Nueva, abril 2024.
Fuente: ECOQUIMSA, 2024.

Previo al incendio del vertedero la directora de AMSA, Dra. Emma Díaz, había tenido conversaciones con el MSPAS debido al manejo inadecuado de los residuos hospitalarios, en dicha reunión asistieron vecinos de colonias aledañas que dieron a conocer su inconformidad por el mal olor que se genera.¹⁹

Se recomienda evitar las actividades al aire libre y uso de mascarilla, en este tipo de situaciones, así como mantener ventanas cerradas para evitar el ingreso de aire contaminado del exterior.

¹⁸ Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (AMSA), "Incendio en el Vertedero de AMSA y Calidad del Aire," Ecoquimsa, accedido el 20 de septiembre, 2024. <https://www.ecoquimsa.com.gt/calidad-de-aire-en-guatemala/incendio-vertedero-amsa-calidad-del-aire>

¹⁹ Prensa Comunitaria, "El vertedero de AMSA y los incendios forestales provocan daños a la salud y el ambiente," Prensa Comunitaria, accedido el 20 de septiembre de 2024, <https://prensacomunitaria.org/2024/04/el-vertedero-de-amsa-y-los-incendios-forestales-provocan-danos-a-la-salud-y-el-ambiente/>



El vertedero estaba diseñado para recibir los desechos de 14 municipios, sin embargo, recibe desechos de 35 municipios del país, incluidos algunos de Petén y Zacapa. Dichos desechos no reciben el tratamiento adecuado para su disposición final.

Acorde a datos de AMSA se estima que de las 1600 toneladas de basura que recolectan diariamente, más del 90% podría utilizarse para la generación de electricidad.

Ilustración 4 Gases tóxicos afectan áreas del vertedero de Villa Nueva, abril, 2024.

Fuente: Prensa Libre, Incendio en vertedero de AMSA estaría controlado 60% y un 40% liquidado. Publicado el 10 de abril de 2024. <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/incendio-en-vertedero-de-amsa-esta-controlado-50-y-suspension-de-clases-podria-mantenerse-breaking/>

2.1.7.2 VERTEDERO DE LA ZONA 3, CIUDAD DE GUATEMALA

La ciudad de Guatemala cuenta con uno de los vertederos para desechos sólidos, más grandes de Latinoamérica, el cual se ha mantenido en funcionamiento, desde el año 1966. Se estima que cuenta con 19.3 hectáreas, y en la actualidad, se encuentra entre los 50 vertederos más grandes del mundo. Anualmente recibe 300 000 toneladas de desechos domiciliarios, comercial, industrial y hospitalario.

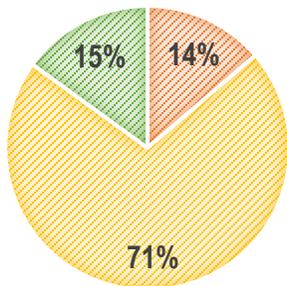
A su vez, este vertedero es una fuente de empleo para el sector con aproximadamente 2000 empleados, los cuales realizan actividades de reciclaje y se les conoce coloquialmente como “guajeros”, sin embargo, estos trabajadores, trabajan en condiciones que perjudican su salud y segregan la basura para comercialización. En cuanto al ingreso de desechos diariamente al vertedero de acuerdo a datos recopilados por el Centro de Estudios Urbanos y Regionales²⁰, corresponde a 3200 toneladas de desechos, distribuidos de la siguiente forma:

| INGRESO DE DESECHOS SÓLIDOS AL VERTEDERO | |
|--|--|
| TONELADAS | LUGAR DE RECOLECCIÓN |
| 1500 | 22 zonas de la ciudad |
| 1700 | Municipios aledaños como Mixco, Chinautla, Santa Catarina Pinula, San Miguel Petapa, Villa Canales y San Pedro Sacatepéquez. |

Tabla 7 Ingreso de desechos sólidos al vertedero de zona 3.

Fuente: Elaboración propia con base en información en artículo sobre Desechos sólidos de Investigación para todos USAC 2024.

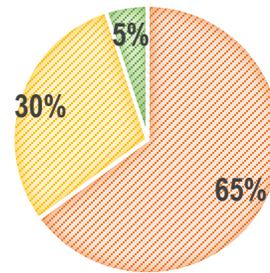
²⁰ “Desechos Sólidos.” Investigación para Todos. Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado el 20 de septiembre de 2024. <https://investigacionparatodos.usac.edu.gt/art%C3%ADculos-principales/item/25-desechos-s%C3%B3lidos>



- MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA
- EMPRESAS PRIVADAS
- BASUREROS CLANDESTINOS O QUEMADOS A CIELO ABIERTO

Gráfica 5 Sistema de Recolección.

Fuente: Elaboración propia con base en información en artículo sobre Desechos sólidos de Investigación para todos USAC 2024.



- ORGÁNICO
- RECICLABLES
- INERTES

Gráfica 4 Clasificación de desechos producidos.

Fuente: Elaboración propia con base en información en artículo sobre Desechos sólidos de Investigación para todos USAC 2024.

Los terrenos que se utilizan actualmente para vertederos en Guatemala no cuentan con las condiciones apropiadas y gestión adecuada de los desechos sólidos. El vertedero de la zona 3 es uno de los principales focos de contaminación, afectando a las zonas y colonias cercanas como la zona 7 capitalina, la colonia Landívar, 06 de octubre, parque Erick Barrondo, entre otras.

Se estima que diariamente ingresan 550 camiones recolectores de desechos sólidos, lo que representa 3 200 toneladas de basura al día. Al llegar al vertedero, los camiones pasan por una garita de seguridad donde verifican su licencia; sin embargo, este proceso a veces es omitido. Posteriormente, los camiones descargan los desechos en plataformas, comúnmente llamadas “patios” donde las personas conocidas como “guajeros” se encargan de separar y recolectar los residuos, sin contar con tecnología adecuada.



Los desechos plásticos, metales, aluminio o material reciclable, al momento de recolectarlos, los van apilando en el mismo lugar de recolección, en donde empresas interesadas en el reciclaje compran el producto que les interesa.

Fotografía 4 Vertedero zona 3.

Fuente: Investigación para todos USAC. “Los desechos sólidos en la Ciudad de Guatemala”, 2024.

Posteriormente con maquinaria agregan material selecto, para ir compactando los desechos. En muchas ocasiones los desechos no se compactan adecuadamente, y por las premuras del tiempo algunos camiones se colocan a la orilla del barranco y lanzan la basura, ocasionando varios accidentes, debido que, al no estar compactados los desechos, el suelo colapsa especialmente en época de invierno, afectando la integridad de las personas que laboran en el vertedero.



Fotografía 6 Vertedero zona 3.
Compactación de desechos
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 5 Vertedero zona 3.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en las fotografías, el vertedero zona 3 ha crecido desenfrenadamente afectando cimientos de viviendas aledañas, además del foco de contaminación que representa para el sector. A su vez, se observa que no cuenta con un sistema de manejo de lixiviados de tal manera que la escorrentía los lleva hacia quebradas de ríos donde también llegan las aguas residuales del municipio.

Debido a que los desechos solo se esparcen y se cubren con una capa de material selecto o ripio de aproximadamente 50 cm y no se cubren a totalidad, ocasiona que en época de invierno se vuelva una base inestable, y con riesgo constante de deslizamientos en el que muchas personas han perdido la vida. Así como también, es escenario de incendios constantes a causa de la acumulación de metano.



Fotografía 7 Vertedero zona 3,
quema de desechos sin seguir un
protocolo adecuado.
Fuente: Elaboración propia.

La mayor contaminación que produce el vertedero de la zona 3 es microbiológica, debido a que es producida por la acumulación de desechos orgánicos e industriales, domésticos y municipales, donde se encuentran bacterias, roedores, hongos, entre otros, que afectan la salud humana. Debido a la topografía del terreno, provoca grandes movimientos de vientos constantemente, el cual va acompañado de polvo y malos olores.

En el año 2019, se dio paso a la instalación de una planta generadora de energía eléctrica, cercano al vertedero de la zona 3, la cual produce energía a raíz del gas metano que queda de los residuos del relleno sanitario, abasteciendo a 400 familias en los alrededores, como parte de los esfuerzos de valorización de los residuos. A su vez, el patio 1 del vertedero ahora es utilizado para reciclaje de residuos orgánicos con los que se genera abono.

2.2 DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS

2.2.1 CONCEPTO DE DESECHO

Se refiere a los materiales y/o productos que se consideran inservibles después de haber sido utilizados, ya sea como resultado de la actividad humana o de cualquier organismo vivo. Estos materiales son difíciles de reincorporar a los ciclos naturales y provienen de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios. La diferencia con los residuos radica en que estos últimos pueden ser aprovechados nuevamente mediante su reutilización o reciclaje.

2.2.2 TIPOS DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS EN GUATEMALA

2.2.2.1 RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES

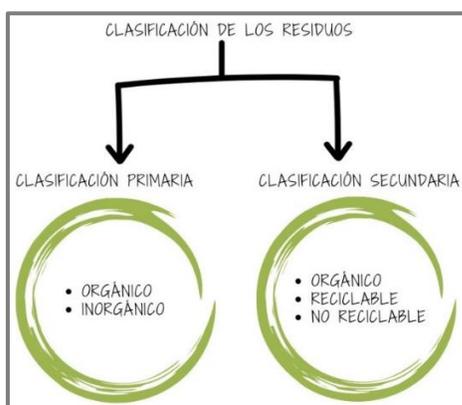


Ilustración 5 Clasificación de los desechos.

Fuente: Elaboración propia.

Estos residuos tienen la peculiaridad que no representan un riesgo especial para la salud humana y el medio ambiente, por lo que no poseen características tóxicas, corrosivas, explosivas, infecciosas.

De acuerdo con el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021) en el capítulo III Normas Sanitarias y Ambientales, Sección I, Clasificación, separación y almacenamiento indica que, existen dos tipos de clasificación por su composición.

- **Residuos orgánicos:** conformados por restos de comida, cáscaras de frutas, hojas, ramas, entre otros.
- **Residuos inorgánicos:** encontramos papel y cartón, vidrio, plástico, metal, multicapa como envases de Tetra Pak y otros como empaques de plástico rígido.

Como se indica en la normativa, las municipalidades podrán establecer una clasificación secundaria siempre y cuando esté sustentada por un estudio de caracterización de residuos y desechos sólidos comunes.

2.2.2.2 RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS PELIGROSOS

Estos residuos significan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente, como el caso de lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos, productos químicos, medicamentos, cadáveres, desechos punzocortantes, entre otros. A su vez, los desechos peligrosos bioinfecciosos son los generados en centros de atención hospitalaria.

2.2.2.3 RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS ESPECIALES

Aunque no son peligrosos por su naturaleza, si pueden generar un impacto negativo en el medio ambiente o la salud humana, debido al volumen de generación o la difícil degradación, evitando la inadecuada disposición final. Como ejemplo de estos desechos se encuentra el ripio o escombros, colchones, muebles y llantas.

2.3 GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

La gestión integral de los residuos sólidos es un proceso esencial para la sostenibilidad ambiental y la salud humana. Este proceso abarca desde la recolección, transporte, tratamiento y reciclaje de los residuos. En este apartado, se toma como referencia el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021).

La gestión integral de los desechos sólidos se ha vuelto fundamental para un futuro más sostenible. Su objetivo es maximizar la eficiencia en el uso de los recursos, fomentar el desarrollo social y promover la economía circular a través de la reutilización y reciclaje de los residuos. Como se ha mencionado anteriormente, la mala gestión de los residuos puede ocasionar efectos adversos en la salud humana y la contaminación ambiental, afectando el suelo, los recursos hídricos y el aire, y causando enfermedades en los seres vivos.

Este proceso conlleva varias etapas, con el fin de minimizar el impacto ambiental y aprovechar los recursos de mejor manera. Entre estas etapas podemos mencionar:

2.3.1 GENERACIÓN

Los residuos se generan en diversos ámbitos como el doméstico, comercial, industrial, de servicios, entre otros. Esta etapa es fundamental, ya que, si se logra iniciar la separación de residuos desde el hogar, el proceso hacia su disposición final se volvería mucho más eficiente.

2.3.2 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS

Luego de la recolección, los residuos deben ser transportados de manera segura y conforme a las regulaciones ambientales. El artículo 17 del Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, establece lineamientos específicos sobre las características que debe tener los vehículos de transporte. Por ejemplo, deben estar contruidos con materiales sólidos y resistentes a la corrosión, garantizando que no haya derrames de lixiviados hacia el exterior, los cuales recibirán un tratamiento posterior. Asimismo, el artículo 18 del mismo reglamento indica que la recolección de los residuos y desechos sólidos comunes generados en áreas públicas y privadas debe realizarse como máximo cada setenta y dos horas.

2.3.3 CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN

Este paso es indispensable para el tratamiento posterior de los desechos. En el futuro, al fomentar una cultura de reutilización y reciclaje, este proceso podría ser más eficiente si los residuos se separan desde el origen. Si la separación se realiza en la planta, se clasifica por tipo de material como cartón, papel, plástico, metales, vidrio, entre otros. Se identifican los materiales reciclables y los no reciclables se llevan al vertedero para recibir el tratamiento adecuado conforme a la normativa vigente.

2.3.4 TRATAMIENTO DE RESIDUOS

En esta etapa los residuos se someten a diversos procesos con el fin de reducir el volumen, los cuales deben realizarse conforme al tipo de material y peligrosidad. Entre las opciones para el tratamiento son el compostaje, la incineración, la esterilización, biodegradación, entre otros. De igual manera, en esta parte se debe considerar la valorización de los residuos para el mejor aprovechamiento de los recursos.

2.3.5 RECICLAJE

Este proceso consiste en separar y transformar materiales que de otra manera serán desechados, para convertirlos en nuevos productos, esto contribuye a reducir la cantidad de desechos en los vertederos y conservar los recursos naturales. Entre los beneficios de esta práctica es además de la conservación de los recursos naturales, la reducción de contaminación ambiental, ahorro de energía y fomento de economía circular.

2.3.6 DISPOSICIÓN FINAL

Como se indica en la Sección V, Tratamiento de los desechos sólidos comunes, del Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, el artículo 28 establece que el procedimiento a emplearse corresponderá al tipo de desecho. Además, el artículo 29 describe los sistemas de tratamiento de desechos sólidos, que incluyen la incineración, la reducción mecánica del volumen y la reducción mecánica del tamaño.



Los basureros o lugares de disposición final, tienen varias categorías dependiendo del tipo de normativa o planeación que incida en su funcionamiento, las cuales se dividen en estas fases:

Ilustración 6 Principios de Arquitectura Sustentable.
Fuente: Elaboración propia, basado en artículo de NO-FICCION, 2022.

2.4 PROCEDIMIENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

Los procedimientos para el tratamiento de los desechos sólidos son esenciales para minimizar su impacto ambiental y aprovechar eficientemente los recursos. Si los residuos no reciben el tratamiento adecuado se convierten en focos de contaminación que, además de dañar el medio ambiente representan un riesgo para la salud de los habitantes y favorecen la proliferación de vectores. Sin embargo, si se aplican los procedimientos adecuados, algunos residuos pueden ser reutilizados conforme a su naturaleza y valorización.

Existen diversos métodos para el tratamiento de los residuos sólidos, y como lo indica el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, todos los desechos sólidos comunes deben recibir tratamiento dentro de las primeras veinticuatro horas, a partir de su recepción en la planta, algunos de los métodos son:

2.4.1 RECICLAJE

Consiste en recolección, clasificación y procesamiento de materiales reciclables para convertirlos en nuevos productos. Este proceso está conformado por varias etapas:

- **Recolección:** este proceso se lleva a cabo por medio del tren de aseo municipal o privado, en hogares, empresas y puntos de recolección específicos.
- **Transporte:** luego de ser recolectados, los residuos son transportados a una planta de reciclaje, o Centro de acopio y transferencia, idealmente deben estar separados desde la recolección.
- **Clasificación:** posteriormente estos residuos, son clasificados acordes a su composición. Este proceso se puede llevar a cabo manualmente o automatizado, la separación es crucial para que la gestión de los residuos se realice adecuadamente.



Ilustración 7 Clasificación secundaria de los residuos y desechos sólidos comunes.

Fuente: LEXOLOGY, 2023.

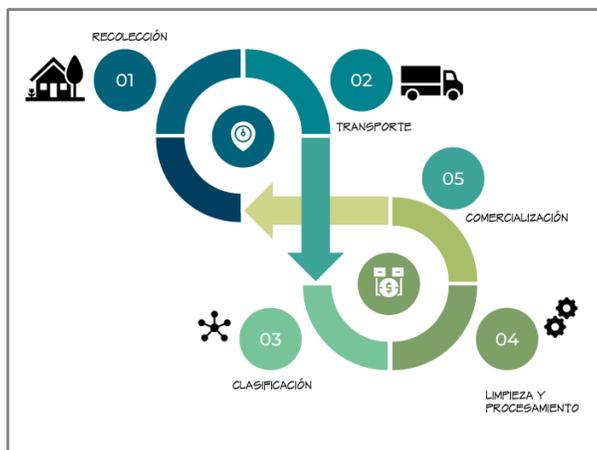


Ilustración 8 Proceso de reciclaje.

Fuente: Elaboración propia.

- **Limpieza y procesamiento:** luego de la clasificación los materiales reciclables se limpian, este paso es fundamental para obtener buena calidad de los materiales en el proceso de reciclaje, eliminando cualquier contaminante que pueda interferir en el proceso. Los materiales limpios se procesan para convertirlos en materia prima.

- **Comercialización:** luego de su procesamiento, los materiales reciclados se pueden comercializar y vender, a empresas o consumidores en general.

2.4.2 COMPOSTAJE

Este proceso convierte los residuos orgánicos en compost, beneficioso para los cultivos y plantas, convirtiéndolo en un recurso valioso para la agricultura, se considera otra forma sostenible para gestionar los residuos orgánicos y mejorar la calidad del suelo. Etapas principales del compostaje:

- **Recolección y preparación de materiales:** en ellos encontramos restos orgánicos como frutas, verduras, hojas secas, ramas. Estos materiales son triturados para acelerar el proceso de descomposición
- **Mezcla y formación de la pila:** se debe tener cuidado en mantener una proporción adecuada de materiales verdes y marrones, esto se realiza con el fin de mantener un equilibrio entre nitrógeno y carbono. Los materiales se van colocando en capas alternas hasta lograr un tamaño de al menos un metro cúbico, para mantener el calor necesario que será beneficioso en la descomposición.
- **Descomposición:** durante este proceso ocurren tres etapas:
 - **Etapas mesófila:** en donde los organismos mesófilos comienzan a descomponer los materiales orgánicos.
 - **Etapas termófila:** a medida que la pila va aumentando de temperatura, los materiales orgánicos se descomponen más rápidamente eliminando patógenos y semillas de malezas.
 - **Etapas de enfriamiento y maduración:** luego de varias semanas, la pila comienza a disminuir su temperatura hasta enfriarse, de tal manera que vuelven a predominar los microorganismos mesófilos, completando la descomposición y estabilización del compost.
- **Volteo y aireación:** para que se genere adecuadamente el compost, es necesario voltear la pila de una a dos semanas, esto contribuye a mantener la actividad microbiana.
- **Maduración y cosecha:** para que esta etapa ocurra, deben haber transcurrido varios meses para alcanzar una estabilidad óptima. El compost debe tamizarse para eliminar las partículas grandes y se utiliza como abono o fertilizante.²¹

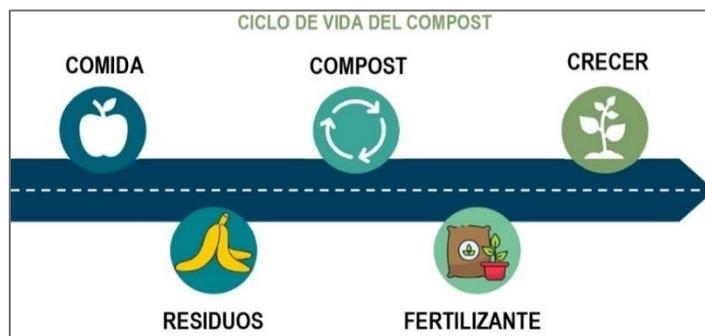


Ilustración 9 Proceso de compostaje.

Fuente: Elaboración propia, con base en información de JARDINATIS, 2023.

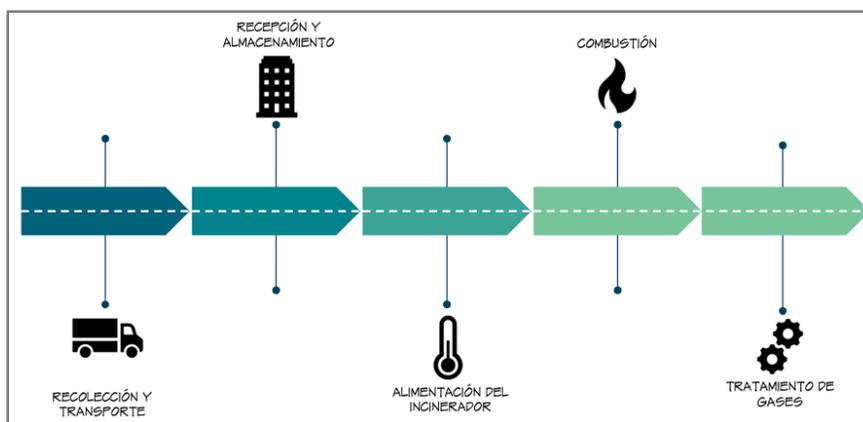
²¹ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Manual de Compostaje. Madrid: Gobierno de España, 2013. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual_compostaje_tcm30-185063.pdf

2.4.3 INCINERADOR

La incineración es un proceso controlado, que consiste en la quema de los residuos a altas temperaturas, para reducir el volumen de desechos. Este proceso se utiliza para residuos no reciclables, y al realizarlo de manera controlada se minimiza la emisión de gases contaminantes y partículas. Etapas principales del proceso de incineración:

- **Recolección y transporte:** los desechos son recolectados y transportados hacia la planta de incineración, evitando derrames de líquido o de algún otro desecho que pueda ser tóxico y perjudicial para la salud humana y el medio ambiente.
- **Recepción y almacenamiento:** al llegar a la planta, los desechos deben ser pesados y almacenados temporalmente.
- **Alimentación del incinerador:** esto se realiza con procedimientos automatizados, asegurando una carga continua y controlada de materiales.
- **Combustión:** se divide en tres fases:
 - **Etapas de secado:** eliminando toda la humedad.
 - **Etapas de ignición:** en este punto los desechos comienzan a arder, puede alcanzar temperaturas entre 850°C y 1,100 °C.
- **Tratamiento de gases:** este tratamiento puede darse por medio de filtros de mangas, sistema de lavado de gases, a fin de reducir las emisiones de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, entre otros gases perjudiciales.

Uno de los aspectos importantes de este proceso, es que se puede recuperar la energía a través de la combustión de los desechos. Sin embargo, a pesar de tener un proceso controlado, la incineración de desechos genera emisiones contaminantes y cenizas que pueden contener metales pesados. Aunado a ello, los costos de construcción y operación de estas plantas de incineración pueden ser más costosas, lo que limita su alcance en muchos lugares.²²



*Ilustración 10 Proceso de incineración.
Fuente: Elaboración propia.*

²² Derichebourg España. "Incineración de Residuos." Derichebourg España. Accedido el 30 de septiembre de 2024. [¿Cómo es el proceso de incineración de residuos? - Derichebourg España \(derichebourgespana.com\)](https://www.derichebourgespana.com)

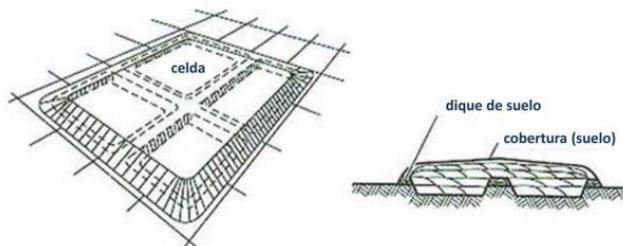
2.4.4 RELLENO SANITARIO

Son instalaciones diseñadas para la disposición segura de los residuos sólidos no reciclables, depositándolos en áreas controladas para posteriormente cubrirlos con una capa de tierra o selecto, lo que contribuye en la minimización de olores y prevenir la contaminación del suelo y el agua subterránea.

Este concepto surgió a inicios del siglo XX en Estados Unidos e Inglaterra, con el fin de mitigar los malos olores que se generan por la acumulación de desechos, así como distintos tipos de vectores. La denominación “sanitario” surge porque uno de sus objetivos era fomentar el cuidado de la salud humana. Existen diversas formas de construir los rellenos sanitarios como, por ejemplo:

2.4.4.1 MÉTODO DE CELDAS, ZANJAS O TRINCHERAS:

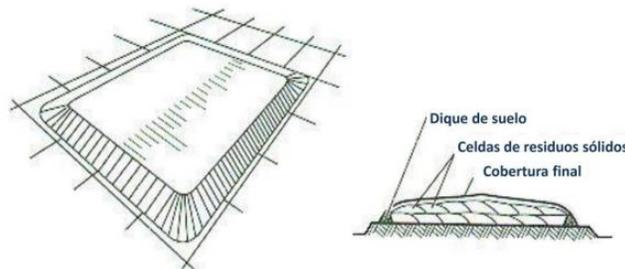
Se recomienda el uso en regiones planas, a una profundidad adecuada, pudiendo alcanzar 7 m de profundidad, considerando que el nivel freático no sea perjudicial para evitar contaminar el manto acuífero. Posteriormente al depositar los desechos, estas celdas se cubren con membranas sintéticas, para limitar la movilidad de los gases y lixiviados que puede generarse como resultado de la descomposición de los desechos. La tierra que se obtuvo de la excavación de las zanjas, es utilizada para la cubierta de las celdas o zanjas.



*Ilustración 11 Método de celdas para relleno sanitario.
Fuente: Silvana Torri, ¿Qué es un relleno sanitario?, 2017.*

2.4.4.2 MÉTODO DE ZONAS O DE ÁREAS

También se utiliza en zonas planas, en la que consiste en la construcción de celdas con poca pendiente en el talud para evitar deslizamientos y lograr mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. A diferencia del anterior, el material de cobertura, se obtiene de terrenos adyacentes, en algunos casos esto puede ser sustituido por compostaje o geomembranas. Los desechos se descargan en la base del talud, se extienden, compactan y se cubren diariamente con una capa del material antes descrito.



*Ilustración 12 Método de zonas para relleno sanitario.
Fuente: Silvana Torri, ¿Qué es un relleno sanitario? 2017.*

2.4.4.3 MÉTODO VAGUADA O DEPRESIÓN

Este método se utiliza en barrancos por la topografía del terreno, las técnicas para colocar y compactar residuos en este tipo de relleno sanitario, dependerá de la geometría del lugar, características del material de cobertura, hidrología, entre otros aspectos, así como determinar el funcionamiento para el control de gases y laguna de lixiviados.

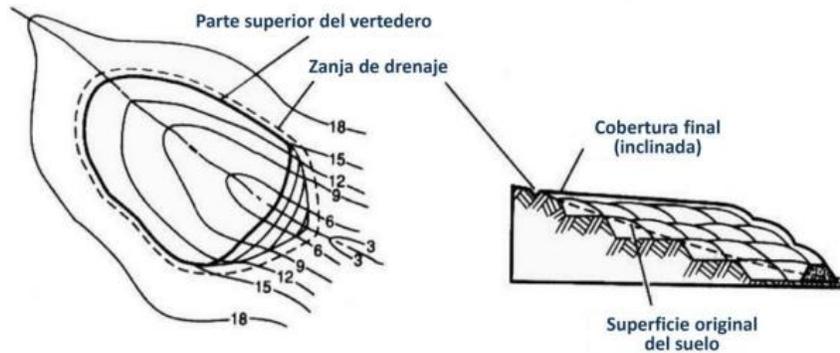


Ilustración 13 Método vaguada para relleno sanitario.
Fuente: Silvana Torri, ¿Qué es un relleno sanitario? 2017.

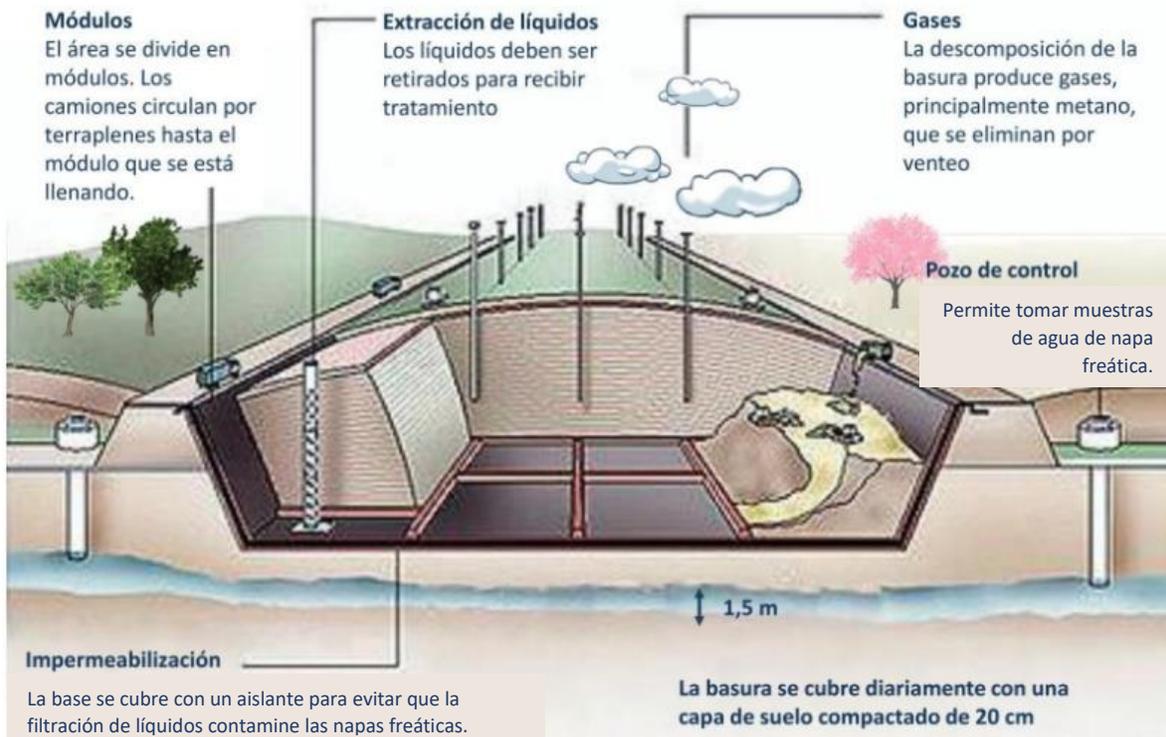


Ilustración 14 Funcionamiento de un relleno sanitario.
Fuente: Silvana Torri, ¿Qué es un relleno sanitario? 2017.

2.5 ARQUITECTURA SOSTENIBLE

2.5.1 CONCEPTO DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE

La arquitectura sostenible es una disciplina que busca minimizar el impacto ambiental de los edificios, mediante la optimización de los recursos naturales renovables. Este enfoque permite que los edificios se mantengan de forma indefinida, creando espacios respetuosos con el medio ambiente.

Tal como menciona Silverio Hernández, en su escrito sobre El Diseño Sustentable como herramienta para el Desarrollo de la Arquitectura y Edificación en México *“El diseño sustentable nos va a dar las soluciones desde antes de construir los edificios, es decir desde su concepción o prediseño, de tal manera que se convierta en una herramienta para controlar los recursos tanto naturales, materiales financieros y humanos necesarios para el “que hacer” de la industria de la arquitectura, construcción y urbanismo, y así lograr la reducción del impacto al medio ambiente y ahorro de todo tipo de recursos durante cada fase el ciclo de vida de los edificios y de las construcciones.”*²³

Esto significa que parte de los objetivos de la arquitectura sostenible integran prácticas y tecnologías que optimicen el uso de recursos y reduzcan el impacto ambiental desde las primeras etapas del proyecto hasta su finalización y operación. Tal como lo indicó la Comisión de las Naciones Unidas (ONU), en su definición sobre sustentabilidad, “Satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”.

2.5.2 PRINCIPIOS DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE

El diseño sustentable propicia la creación de espacios habitables para el ser humano bajo las premisas de optimización de recursos naturales, financieros y humanos, esto lo diferencia de la arquitectura verde, debido a que brinda una solución de manera parcial mientras que la arquitectura sustentable lo resuelve de manera completa. Para lo cual se consideran los siguientes puntos:

- Respetar las condiciones y características del paisaje y del contexto en el proceso de diseño de una edificación hasta su construcción y mantenimiento, así como el ciclo de vida de las edificaciones.
- Tomar en cuenta el ciclo de vida de las edificaciones.
- Tomar en cuenta las condicionantes climáticas y fisiográficas del proyecto.
- Respetar los requerimientos arquitectónicos básicos como programas, superficies, volúmenes, texturas, colores, entre otros aspectos, en relación con los requerimientos de tipo sustentable.
- En el diseño del proyecto sustentable se deben integrar seis elementos principales del manejo de recursos en edificación que son:
 - Manejo del sitio
 - Manejo de la energía del sitio
 - Manejo de la calidad del interior del edificio
 - Manejo del agua en los edificios

²³ Hernández Silverio, El Diseño Sustentable como herramienta para el Desarrollo de la Arquitectura y Edificación en México, (México: Universidad de Guanajuato, 2008).

- Manejo de los materiales
- Manejo de los desechos y desperdicios generados en el proceso y en todo el ciclo de vida de los edificios, incluyendo también el ciclo de vida de los materiales.
- Diseñar un proyecto sustentable no debe verse como una moda, sino como una verdadera necesidad actual y para el futuro desarrollo del país, respetando las normas existentes que regulan la calidad de los edificios.²⁴

Es importante que, aunque la normativa no sea tan rigurosa en el lugar donde se va a construir, el profesional debe plantear propuestas de diseño sustentable. De esta manera, las edificaciones serán respetuosas con el medio ambiente y aprovecharán adecuadamente los recursos naturales.

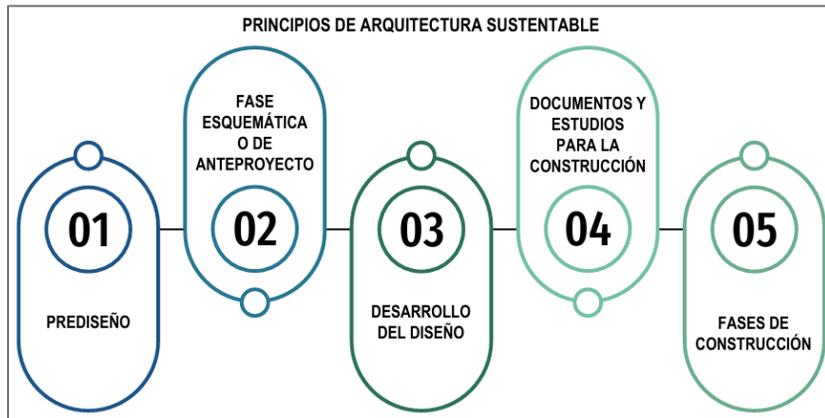


Ilustración 15 Principios de Arquitectura Sustentable.

Fuente: Elaboración propia, basado en artículo de Silverio Hernández, "El Diseño Sustentable como herramienta para el Desarrollo de la Arquitectura y Edificación en México" 2008.



Ilustración 16 Principios de Arquitectura Sustentable.

Fuente: Elaboración propia, basada en artículo de Silverio Hernández, "El Diseño Sustentable como herramienta para el Desarrollo de la Arquitectura y Edificación en México" 2008.

²⁴ Hernández Silverio, El Diseño Sustentable como herramienta para el Desarrollo de la Arquitectura y Edificación en México, (México: Universidad de Guanajuato, 2008).

2.6 ARQUITECTURA HIGH TECH

Además de la Arquitectura sostenible, se propone la incorporación de Arquitectura High Tech, esta corriente arquitectónica surge en el siglo XX en la década de 1970, y consiste en incorporar elementos industriales y tecnológicos en las construcciones, se considera como una evolución de la arquitectura moderna. Sin embargo, dadas las características del proyecto, esta corriente arquitectónica permite fusionar de manera adecuada la sostenibilidad, eficiencia energética y flexibilidad del diseño.

Entre las principales características de esta corriente arquitectónica encontramos:

- **Optimización de recursos y sostenibilidad:** un claro ejemplo de ello, es la incorporación de tecnologías de eficiencia energética, como paneles solares, reutilización del agua y el uso de materiales sostenibles, esto contribuye a minimizar el impacto ambiental.
- **Adaptabilidad y flexibilidad:** parte de las premisas de diseño, es la modulación, de tal manera que se aproveche el espacio de la mejor manera, pensando en el crecimiento que pueda llegar a tener el proyecto, especialmente por el crecimiento de la densidad poblacional.
- **Integración de tecnología:** esto se puede combinar con prácticas sostenibles para ventilar e iluminar los ambientes de manera adecuada, das las condiciones climatológicas del municipio.
- **Mantenimiento y vida útil:** al ser materiales resistentes y duraderos como el metal, concreto reforzado, entre otros, alarga la vida útil de los edificios, reduciendo los costos de mantenimiento.

Con la implementación de este tipo de arquitectura, se obtendrá una apariencia industrial, que por el tipo de actividad que se realizará en el proyecto, se acopla al mantenimiento y operación. Como se menciona en el artículo de insight *“Esta tendencia la cual era marcada por una estética industrial, ha sido base para la transformación de los espacios industriales en espacios habitables para los usuarios. Cada uno de ellos tenía que ser adaptado con elementos que tuvieran la finalidad de ser funcionales para las personas”*.²⁵



Ilustración 17 Arquitectura High Tech.

Fuente: ArchDaily, Casa en Fincas del Sur, Arquitecto Manuel Martínez.

<https://www.archdaily.cl/cl/881877/casa-en-fincas-del-sur-manuel-ignacio-martinez>

El Arquitecto Renzo Piano, es uno de los referentes para el diseño arquitectónico del proyecto, en los proyectos que ha realizado incorpora estrategias pasivas en sus obras, como el uso de fachadas dobles que optimizan la ventilación natural y el aislamiento térmico, disminuyendo así el consumo energético del edificio, priorizando ventilación e iluminación natural en los espacios. La ubicación propuesta para el proyecto, cuenta con vegetación circundante, lo cual puede emplearse para mitigar el polvo y ruido, logrando una integración respetuosa con el entorno.

²⁵ Insight Construction, “Arquitectura High Tech,” *Insight Construction*, 2023, <https://insight-construction.com/arquitectura-high-tech/>

2.7 CASOS DE ESTUDIO

2.7.1 CENTRO DE SEGREGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE ANTIGUA GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ.

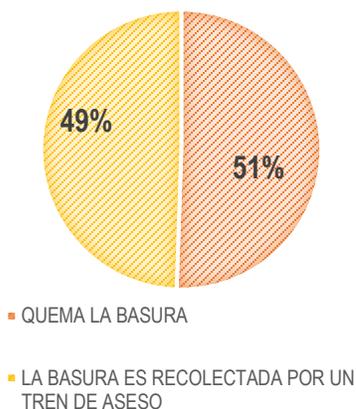
2.7.1.1 LOCALIZACIÓN

Con el apoyo de WWF Mesoamérica, iniciativa Recíclalos y apoyo al Ayuntamiento de Antigua Guatemala, se coordinó el primer Centro de Segregación y Transferencia de Residuos Sólidos en Antigua Guatemala, ubicado a un costado del Mercado Municipal el cual pretende brindar una respuesta a la gestión adecuada de los residuos sólidos y que fomente la economía circular, en cumplimiento del Reglamento 164-2021 para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos.

2.7.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Debido a la contaminación que se ha evidenciado en el vertedero El Choconal, Antigua Guatemala, que ha acumulado desechos durante 22 años, este se ha convertido en el primer vertedero de Guatemala en obtener una licencia para realizar un cierre técnico. El vertedero cuenta con cinco plataformas verticales, que abarcan casi cuatro manzanas. En las orillas de las plataformas hay canales que conducen hacia la laguna de lixiviados.

El vertedero El Choconal se encuentra a 12 kilómetros del centro de Antigua Guatemala, ciudad considerada Patrimonio Mundial de la UNESCO. Se estima que diariamente recibe 50 a 70 toneladas de desechos, los cuales provienen de la Antigua y sus aldeas con un ingreso promedio de 22 camiones por día.²⁶



Gráfica 6 Tratamiento de residuos.

Fuente: Elaboración propia, con base en la publicación "¿A dónde van los desechos en la Antigua Guatemala?" de La Cuerda, 2022.

Debido a la cantidad de desechos que diariamente se gestionan inadecuadamente el vertedero contribuye a la contaminación ambiental y a la no preservación de los recursos naturales. La mayoría de residuos que se producen en Guatemala son plástico, papel, cartón, aluminio, chatarra, vidrio y bronce. Según datos del censo nacional INE 2018, indica que no se les brinda un tratamiento adecuado a los desechos después de su recolección, lo cual no cumple con la sostenibilidad y preservación del ambiente.

A pesar de que casi la mitad de los residuos que se recolectan en Guatemala, la mayoría no recibe un tratamiento adecuado. Esto significa que, si se aprovechara la cobertura actual del tren de aseo y se combinara con una gestión adecuada de los residuos, se podría reutilizar y reciclar, incentivando la economía circular. Sin embargo, la realidad nacional es que los residuos

²⁶ Quino, Guisela. "Crónica 3: ¿A dónde van los desechos en La Antigua Guatemala?", *La Cuerda*. Última modificación el 05 de septiembre 2022, <https://lacuerda.gt/2022/09/05/cronica-3-a-donde-van-los-desechos-en-la-antigua-guatemala/>

terminan en alguno de los 69 vertederos a cielo abierto, 10 rellenos controlados, 15 rellenos sanitarios o en los 10 mil tiraderos clandestinos del país.

Como parte de los esfuerzos por mejorar esta situación el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021), establece un plazo de dos años para que personas e instituciones realicen una primera separación en separación primaria de los desechos, es decir orgánicos e inorgánicos. Además, otorga dos años a las municipalidades para implementar planes ambientales para el tratamiento adecuado de los desechos, de lo contrario, se enfrentarán a multas o sanciones.

Actualmente, El Choconal se ha convertido en un ejemplo de cómo se deben gestionar los residuos, ya que del año 2013 a 2020 pasó de ser un vertedero a cielo abierto a un relleno sanitario. Por ello, se invitó a personal de la municipalidad de Río Hondo, a conocer el funcionamiento del Centro de Transferencia con el objetivo de comprender su operación y poner en marcha un modelo similar como parte de un plan piloto para iniciar la separación de desechos. Con el tiempo, se espera que esto se convierta en un proyecto macro.



Fotografía 8 Vertedero El Choconal, Antigua Guatemala.

Fuente: No Ficción, 2022.

Algunos de los trabajos realizados para ampliar la vida útil del vertedero incluyeron la construcción de cunetas, cajas de sedimentación, chimeneas para disipar energía y ventilar los gases y lagunas para recoger los lixiviados. Además, se sembraron pastos y hierbas para estabilizar los taludes y evitar deslizamientos.



Fotografía 9 Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.

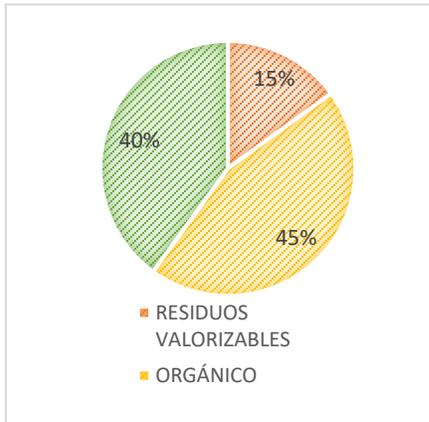
Fuente: No Ficción, 2022.

En abril del año 2020, la municipalidad de Antigua Guatemala, aprobó la readecuación de rutas y horarios al sector privado para la recolección de desechos, y colocación de calcomanías en viviendas que pagan extracción de basura, a un costo promedio de Q 50.00.

Se estima que diariamente recolectan 61.4 toneladas de desechos, de las cuales el centro de transferencia recupera 1.5 toneladas de residuos valorizables como cartón, aluminio o papel, diariamente.

2.7.1.3 ANÁLISIS DEL PROGRAMA ARQUITECTÓNICO, CENTRO DE SEGREGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE ANTIGUA GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ.

Posterior a la recolección de desechos, los camiones realizan una parada en el Centro de Transferencia municipal ubicado en el mercado de Antigua Guatemala, para minimizar la cantidad de residuos que llegan al vertedero. En él un grupo de “guajeros” clasifica los materiales que pueden reciclarse, equivalente a 1.15 toneladas en promedio.



Gráfica 7 Caracterización de Desechos en Antigua Guatemala.

Fuente: elaboración propia, con base en información de No Ficción.

Como se observa en la gráfica, es mayor la cantidad de residuos que pueden reutilizarse. En el vertedero el Choconal se observa poca presencia de recicladores informales, los cuales se dedican a recolectar, papel, plástico, cartón, chatarra, bronce y vidrio. Sin embargo, aún falta adecuar un área para separar los desechos, ya que esto significa también una fuente de trabajo, prolongación de la vida útil de los sitios de disposición final de residuos y la disminución del efecto invernadero.²⁷

A continuación, se presenta el esquema de áreas del Centro de Segregación y Transferencia de Antigua Guatemala.

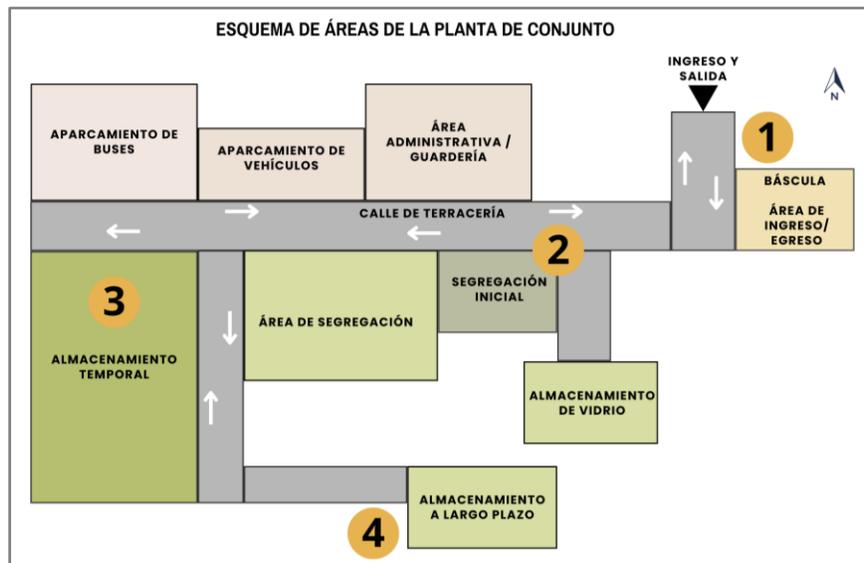


Ilustración 18 Planta de Conjunto Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en el esquema de áreas, el Centro de Transferencia cuenta con un área de garita, donde se encuentra la báscula para determinar la cantidad de desechos que ingresa cada camión. Posteriormente, se encuentra el área de segregación inicial, en la que se determina cuáles residuos

²⁷ “El Choconal: El cierre del basurero de Antigua Guatemala,” No-Ficción, última modificación el 05 de septiembre de 2022, <https://no-ficcion.com/choconal-cierre-basurero-antigua-guatemala/>

se pueden reciclar y cuáles no, seguida del área de segregación, donde se separa cada material por su composición.

El centro cuenta con un área de almacenamiento de vidrio, así como bodegas de almacenamiento a largo y corto plazo. Además, incluye un área administrativa y un área de estacionamiento para vehículos particulares y camiones. El lugar está cercado por un muro perimetral.

2.7.1.4 ÁREA DE SEGREGACIÓN INICIAL Y SEGREGACIÓN

Al inicio del proceso se realiza una preselección para determinar que residuos se pueden reciclar y cuáles no. Posteriormente, los residuos pasan a un área de segregación donde se separan por su composición y se compactan. Aquellos desechos que no se consideran aptos para el proceso de reutilización se trasladan al área de disposición final. Estos desechos son llevados con montacargas y cargados en camiones que los transportan al vertedero El Choconal para su disposición final.

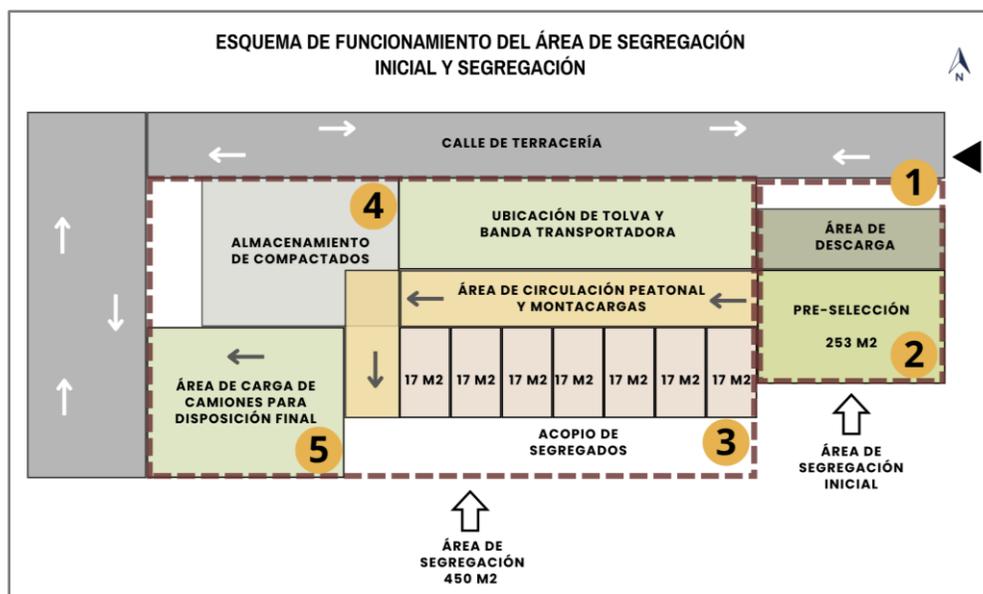


Ilustración 19 Planta de Conjunto de Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.
Fuente: Elaboración propia.

Aunque el diseño considera la ubicación específica de cada material para el acopio de segregados, actualmente no se cumple con este orden debido a la cantidad de desechos que reciben diariamente; sin embargo, esto no significa que el centro de acopio deje de ser funcional. En la fotografía que se muestra a continuación se puede observar el módulo de gradas que sirve de vinculación entre el área de pre segregación y la de segregación de residuos. Este módulo está ubicado de tal manera que, mediante bandas transportadoras en un segundo nivel, el material apto para reciclaje se transporte más fácilmente hacia el área de segregación, donde se coloca en sacos para su posterior compactación y almacenamiento.



Fotografía 10 Área de segregación, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.
 Fuente: Fotografía compartida por Dennis Garrido, 2024.

ESQUEMA DE UBICACIÓN DE FOTOGRAFÍA EN PLANTA



Área de Clasificación de residuos.



Fotografía 11 Área de segregación, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.
 Fuente: Fotografía compartida por Dennis Garrido, 2024.

ESQUEMA DE UBICACIÓN DE FOTOGRAFÍA EN PLANTA



Área de acopio de segregados



Fotografía 12 Área de segregación, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.
 Fuente: Fotografía compartida por Dennis Garrido, 2024.

ESQUEMA DE UBICACIÓN DE FOTOGRAFÍA EN PLANTA



Área de segregación.



ESQUEMA DE UBICACIÓN DE FOTOGRAFÍA EN PLANTA



← Área de almacenamiento temporal 235 m².

Fotografía 13 Área de almacenamiento temporal. Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.

Fuente: Fotografía compartida por Dennis Garrido, 2024.

2.7.1.5 ÁREA ADMINISTRATIVA Y GUARDERÍA

El área administrativa está ubicada cercana a la garita y está conformada en el primer nivel, por ambientes como sala de conferencias, servicios sanitarios para hombres y mujeres, un área de guardería con su propio servicio sanitario. El segundo nivel, incluye la administración general, la secretaría, el área de empleados y oficinas para la administración y control del Centro de Acopio y Transferencia.

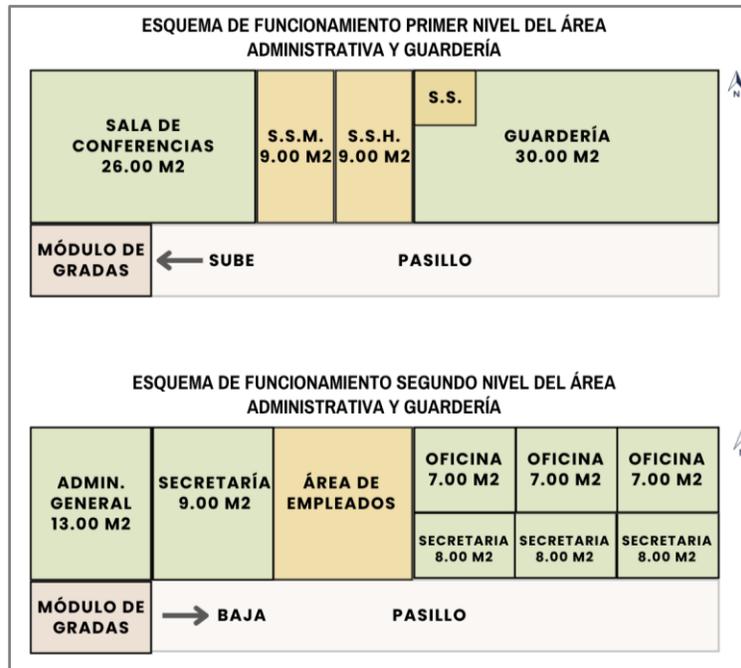


Ilustración 20 Esquema de funcionamiento de administración y guardería, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.1.6 ANÁLISIS FORMAL

Las áreas destinadas al funcionamiento del proyecto están conformadas por techos de estructura metálica y lámina. Al no contar con cerramientos verticales en los laterales, permite el ingreso de ventilación e iluminación natural, lo cual es crucial en un entorno de gestión de residuos. La disposición en planta del proyecto presenta un flujo de trabajo eficiente y compacto para iniciar el proceso de separación de residuos. Sin embargo, estas condiciones pueden representar un riesgo para los trabajadores.

El material del suelo es de concreto para las áreas de bodega y terracería para las áreas de almacenamiento temporal; sin embargo, es importante mencionar que el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021) en el artículo 21. Normas para la transferencia, inciso B *“Los caminos vehiculares internos que se usan para la entrada y salida a la estación de transferencia deben mantenerse en condiciones físicas tales que la generación de polvos derivada del paso de vehículos sea mínima. En caso que tales caminos sean de terracería, deben implementarse medidas de prevención y mitigación por medio de riego o aspersión de agua”*.²⁸

Se observa la instalación de luminaria industrial y la altura de las bodegas es de aproximadamente 6.00 m. Las áreas de separación de residuos no están señalizadas, por ejemplo, utilizando pintura de tráfico para identificar el tipo de desecho y donde deben colocarse las sacas. Por su ubicación, el proyecto cuenta con una barrera vegetal que ayuda a mitigar los malos olores hacia las comunidades aledañas.



Fotografía 15 Área de Almacenamiento temporal, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.
Fuente: Fotografía compartida por Dennis Garrido, 2024.



Fotografía 14 Área de segregación, Centro de Transferencia, Antigua Guatemala.
Fuente: Fotografía compartida por Dennis Garrido, 2024.

Cabe destacar que, según lo estipulado en el reglamento, todos los residuos y desechos sólidos recolectados en esta estación de transferencia deben ser trasladados en un plazo no mayor a veinticuatro horas desde su recepción. Además, los vehículos utilizados para la transferencia de los residuos están dedicados exclusivamente a esta actividad.

²⁸ Guatemala. “Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes.” Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2021. Artículo 21.



Fotografía 16 Vehículo utilizado para la transferencia de residuos.

Fuente: Fotografía compartida por Dennis Garrido, 2024.

El transporte utilizado para la transferencia de residuos cumple con lo estipulado en el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021). Entre las características solicitadas, deben estar contruidos de materiales sólidos y con protección a la corrosión, así como dedicarse únicamente para las actividades de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos comunes.

| CONCLUSIONES DEL CASO DE ESTUDIO | |
|---|--|
| ASPECTOS POSITIVOS | ASPECTOS NEGATIVOS |
| <p>Cuentan con un flujo de trabajo eficiente y compacto para iniciar el proceso de separación de residuos.</p> <p>Los ambientes dedicados al almacenamiento y separación de residuos cuentan con ventilación e iluminación natural.</p> <p>El terreno es estructuralmente estable y no se observa amenazas de inundación o deslizamientos.</p> <p>Cuenta con acceso vehicular apropiado de acuerdo con el tipo y tamaño de los mismos.</p> <p>Posee muro perimetral como lo indica la normativa, de tal manera que aísla el terreno de los alrededores.</p> | <p>No se cumple con la separación adecuada de los desechos acorde a su condición, en el área de acopio de segregados.</p> <p>Las condiciones de separación de desechos representan un peligro para los trabajadores, lo cual también se debe a que no se ha instalado toda la maquinaria y los equipos necesarios que garanticen una operación eficiente.</p> <p>Los caminos vehiculares al ser de terracería, no cuentan con aspersores de agua que eviten la generación de polvo.</p> <p>No cuenta con área de vestidores y duchas, así como un área para atención de emergencias.</p> |

Tabla 8 Conclusiones de Caso de estudio. Centro de Acopio y Transferencia de Residuos sólidos en Antigua Guatemala.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS “LOS HORNILLOS”, VALENCIA, ESPAÑA

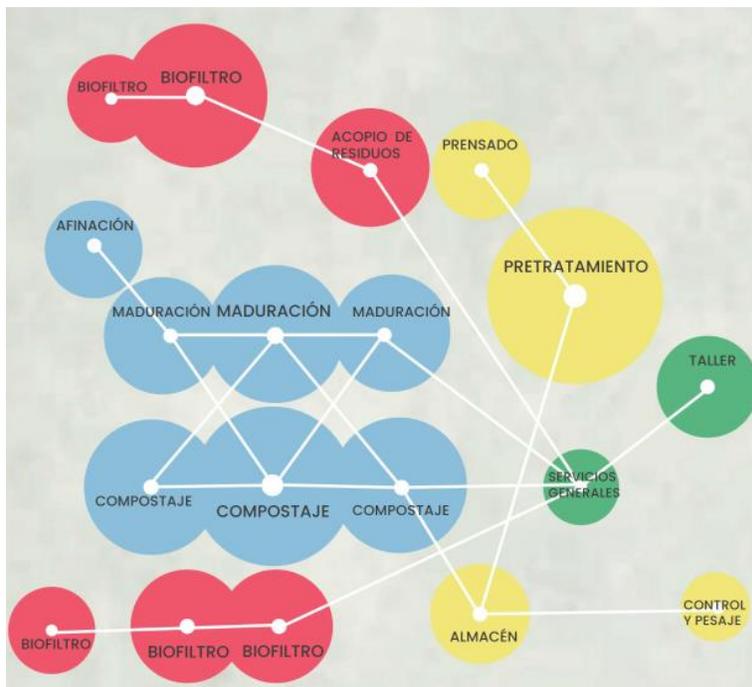
2.7.2.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto fue construido en el año 2012, diseñado por el arquitecto Israel Alba. La planta de tratamiento cuenta con un área de 70 576 m² ubicada en los límites de la ciudad de Valencia, en un área de campos de cultivo y huertas, cercano al aeropuerto de Valencia, por lo que la vía principal es la que conecta directamente con el área urbana y la planta. Algo que llama la atención de este proyecto, es que se concibe con la idea de ser un equipamiento público, en donde los usuarios puedan conocer las posibilidades energéticas y medio ambientales que ofrece la planta, por medio de un área educativa. Actualmente se gestionan 400 000 toneladas al año de residuos urbanos generados en la ciudad de Valencia.

2.7.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto surge ante la problemática de gestión de residuos, dado que el servicio del tren de aseo no abastecía a toda la población y presentaba tarifas excesivas. En el año 2013 solo el 25% de las familias pagaban este servicio. Además, se preveía que la capacidad de los vertederos colapsaría en los próximos años. Ante esta situación, el Ministerio de Ambiente propuso la construcción de plantas de incineración y compostaje, así como la mejora de las plantas de clasificación de residuos, con el objetivo de aprovechar los recursos en un 54%.

2.7.2.3 ANÁLISIS DEL PROGRAMA ARQUITECTÓNICO



El proceso para la gestión de los residuos, se divide en dos áreas, una de ellas está destinada al pretratamiento, una zona de compostaje y la de menor superficie está destinada al almacenamiento, laboratorios y un taller. En el diagrama de zonificación, podemos contemplar la relación directa e indirecta entre cada uno de los ambientes, separándolo en cuatro grupos, área de recepción y tratamiento, área de compostaje, infraestructuras auxiliares y edificios administrativos.

- Área de Recepción y Tratamiento
- Área de Compostaje
- Edificios Administrativos
- Infraestructuras Auxiliares

Ilustración 21 Diagrama de zonificación del proyecto.

Fuente: ArchDaily. Planta de Tratamiento de Residuos "Los Hornillos", arquitecto Israel Alba, Valencia, 2012

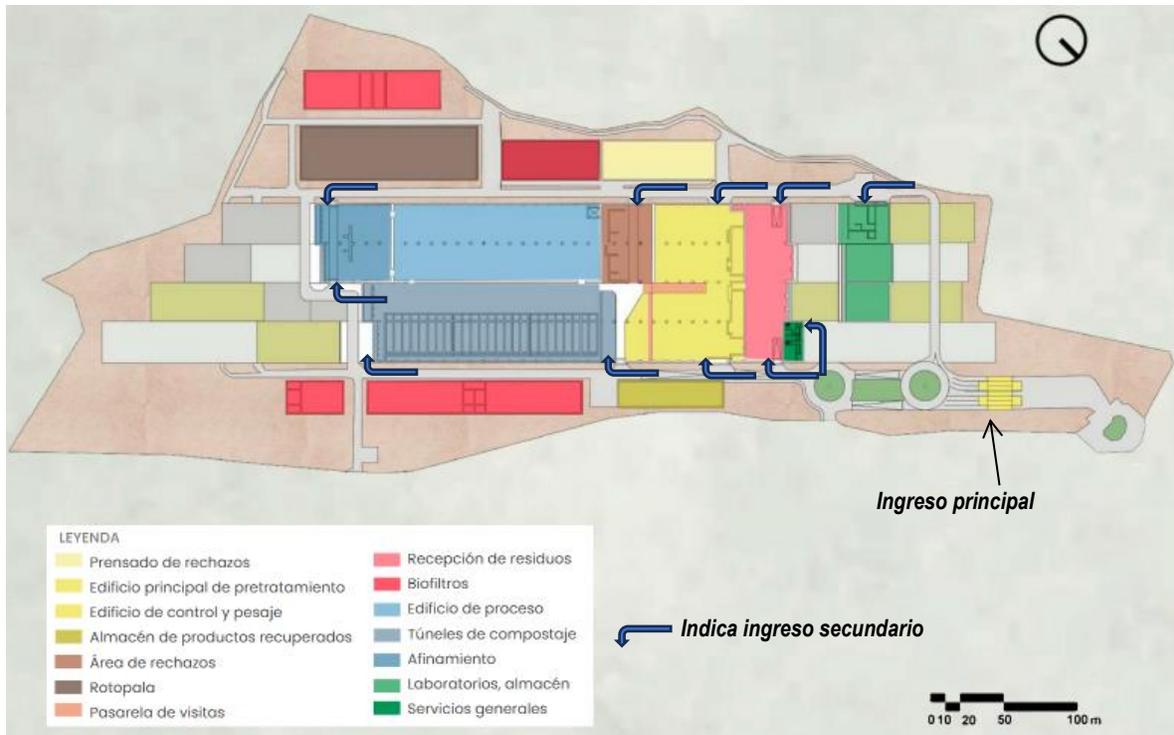


Ilustración 22 Planta de conjunto.

Fuente: ArchDaily. Planta de Tratamiento de Residuos "Los Hornillos", arquitecto Israel Alba, Valencia, 2012.

El proyecto se divide en cuatro etapas principales. La primera es la recepción de los desechos donde estos pasan por un puesto de control y pesaje; según el peso, se asigna una fosa para su tratamiento y seguidamente pasarán por un puente de grúas. La segunda fase es el pretratamiento y preselección en la cual se realiza una separación manual y se deriva a un área de rechazo para los materiales no reutilizables, aplicando el tratamiento adecuado según normativa. Finalmente, se incluye una zona de compostaje y otra de prensado y embalaje para los materiales reciclables.

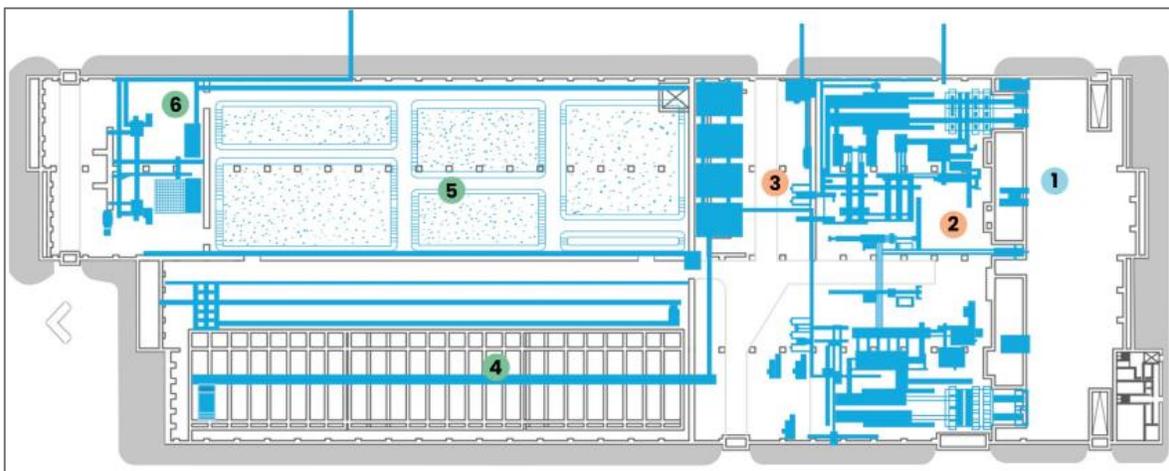


Ilustración 23 Distribución de proceso.

Fuente: ArchDaily. Planta de Tratamiento de Residuos "Los Hornillos", arquitecto Israel Alba, Valencia, 2012.

La circulación está planificada en todo el perímetro del proyecto para optimizar el flujo vehicular y peatonal. Durante el trayecto se ubican dos rotondas en puntos estratégicos, para facilitar la organización y distribución eficiente de la entrada y salida de camiones. El diseño también integra circulación peatonal universal, con elevadores y pasarelas para mejorar la accesibilidad. Como se muestra en el diagrama de circulación, el proyecto incluye rutas para transporte pesado y vehículos ligeros, así como circulación vertical y áreas de estacionamiento para visitantes y empleados.

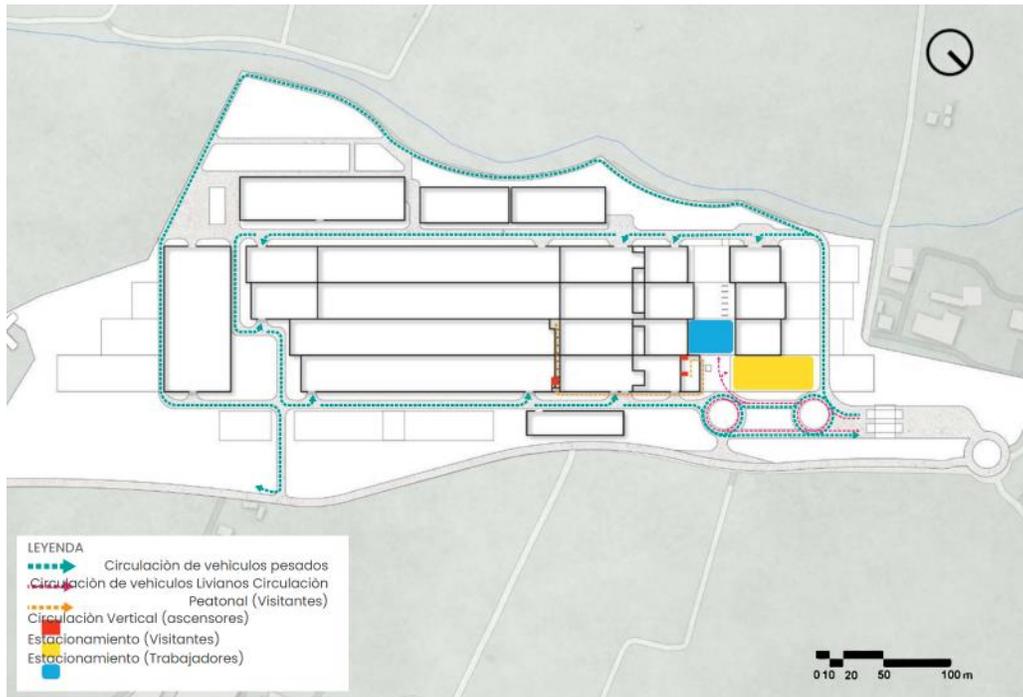


Ilustración 24 Esquema de circulación.

Fuente: ArchDaily. Planta de Tratamiento de Residuos "Los Hornillos", arquitecto Israel Alba, Valencia, 2012.

2.7.2.4 ANÁLISIS FORMAL

El arquitecto al momento de diseñar la planta consideró la adaptación al paisaje natural y la tecnología, que se compaginen con el contexto. Cuenta con una superficie construida de 70 576 m² y dimensiones de 439 m. de longitud, 120 m. de ancho y altura máxima de 23 m.

Según la topografía del terreno, el edificio cuenta con escalas monumentales en algunas partes del proyecto. Los edificios fueron planeados cerrados, para que la variedad de alturas contribuya a mitigar los olores que posteriormente son tratados mediante un sistema de filtros. Dentro del proyecto se encuentra un edificio administrativo de cuatro pisos con altura normal, para separar el área operativa de la administrativa.

La estructura interna de la planta está conformada por estructura metálica, las columnas de acero fueron cimentadas sobre postes de concreto de 40 cm de altura, mientras que en el edificio administrativo se utilizó concreto. Sobre las columnas metálicas se apoyaron vigas Warren de 30 m. de longitud y para el cerramiento vertical se empleó lámina troquelada. En la edificación se utilizan

materiales como membrana impermeabilizante, policarbonato reciclado, poliestireno extruido, vidrio, pavimento ecológico y grava.

En planta se obtienen cuatro bandas longitudinales a partir de cultivos de naranjas, las bandas se aíslan por textura y escala, las cuales al visualizarlas en tres dimensiones se perfilan acorde a sus necesidades, como se muestra en las siguientes imágenes.

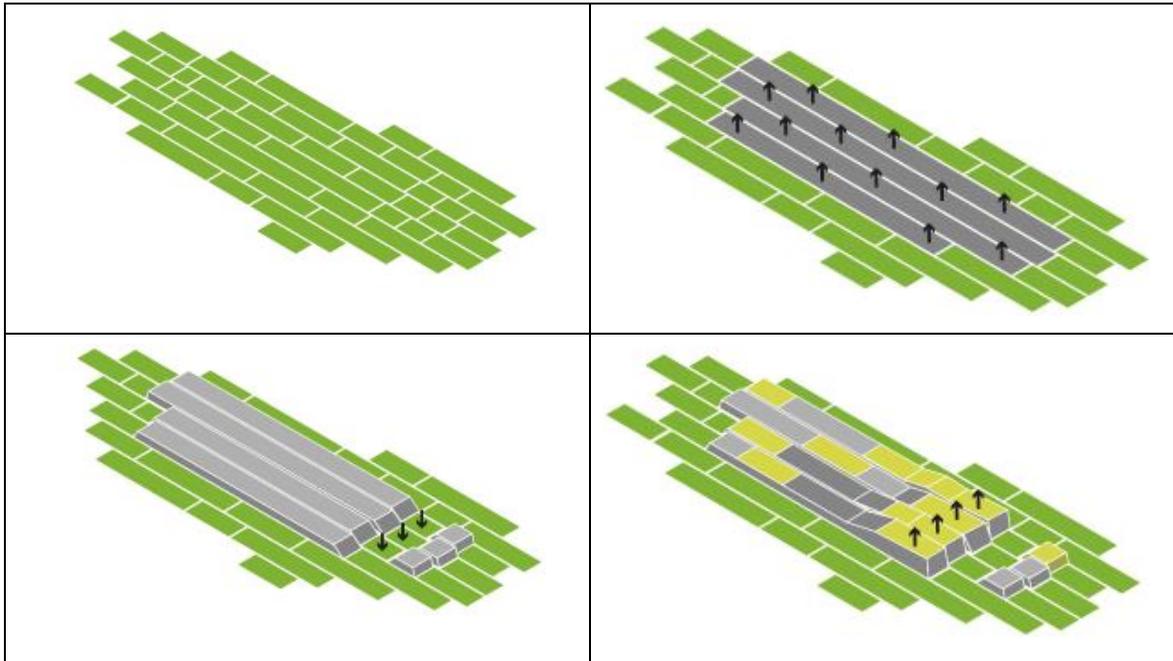


Ilustración 25 volumetría del proyecto.

Fuente: ArchDaily. Planta de Tratamiento de Residuos "Los Hornillos", arquitecto Israel Alba, Valencia, 2012.

Las diferentes alturas de los espacios, permiten una mejor ventilación e iluminación natural. A los lados, se han colocado paneles de policarbonato que maximizan el ingreso de luz natural durante todo el día.

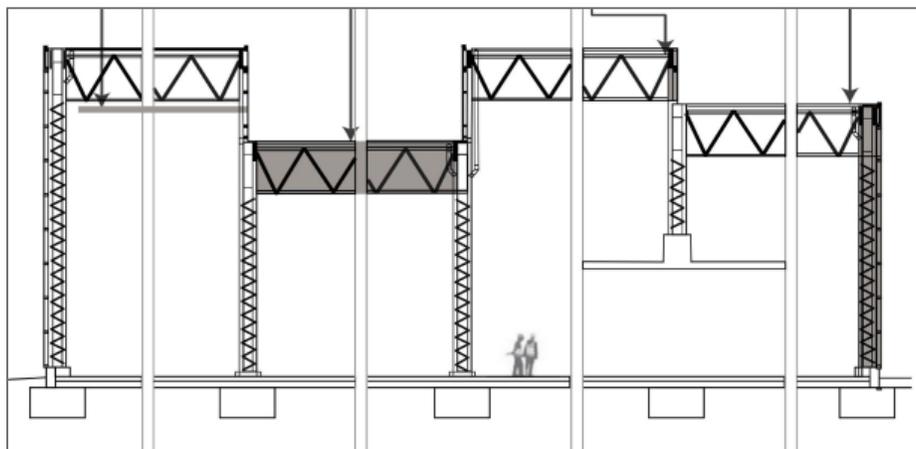


Ilustración 26 composición estructural del proyecto.

Fuente: ArchDaily. Planta de Tratamiento de Residuos "Los Hornillos", arquitecto Israel Alba, Valencia, 2012.

Como se observa en las fotografías, el proyecto corresponde a una arquitectura industrial; sin embargo, esto puede generar un impacto negativo en el paisaje circundante.



Ilustración 28 Planta para tratamiento de residuos "Los Hornillos".

Fuente: ArchDaily. Planta de Tratamiento de Residuos "Los Hornillos", arquitecto Israel Alba, Valencia, 2012.



Ilustración 27 Diseño industrial y adaptación al contexto.

Fuente: ArchDaily. Planta de Tratamiento de Residuos "Los Hornillos", arquitecto Israel Alba, Valencia, 2012.

| CONCLUSIONES DEL CASO DE ESTUDIO | |
|---|--|
| ASPECTOS POSITIVOS | ASPECTOS NEGATIVOS |
| <p>El esquema de funcionamiento de la planta, basada en secuencia y frecuencia de actividades, facilita la gestión eficiente de los desechos.</p> <p>La separación de la circulación peatonal y vehicular, así como designar estacionamiento para visitantes y empleados, mejora la seguridad y accesibilidad.</p> <p>Las diferentes alturas del edificio permiten un óptimo ingreso de iluminación y ventilación natural.</p> <p>El proyecto contempla el uso de materiales duraderos que garantizan resistencia y facilitan el mantenimiento.</p> <p>El proyecto integra energías renovables.</p> | <p>El alto costo de mantenimiento y operación, aunado al diseño cerrado para el control de olores, encarece el proyecto y limita la ventilación.</p> <p>Alto costo de operación y mantenimiento del proyecto.</p> <p>Al tener varios ingresos en la periferia del proyecto, afecta el tema de seguridad y control, así como el flujo óptimo de los camiones.</p> <p>Las alturas monumentales incrementan los costos y sería ideal una propuesta escalonada para adaptarse mejor a la topografía.</p> <p>No se mencionan áreas de expansión del proyecto, considerando el crecimiento demográfico.</p> <p>A pesar de contar con un referente de diseño para adaptar el edificio al contexto, el diseño industrial, impacta negativamente con el paisaje campestre de los alrededores.</p> |

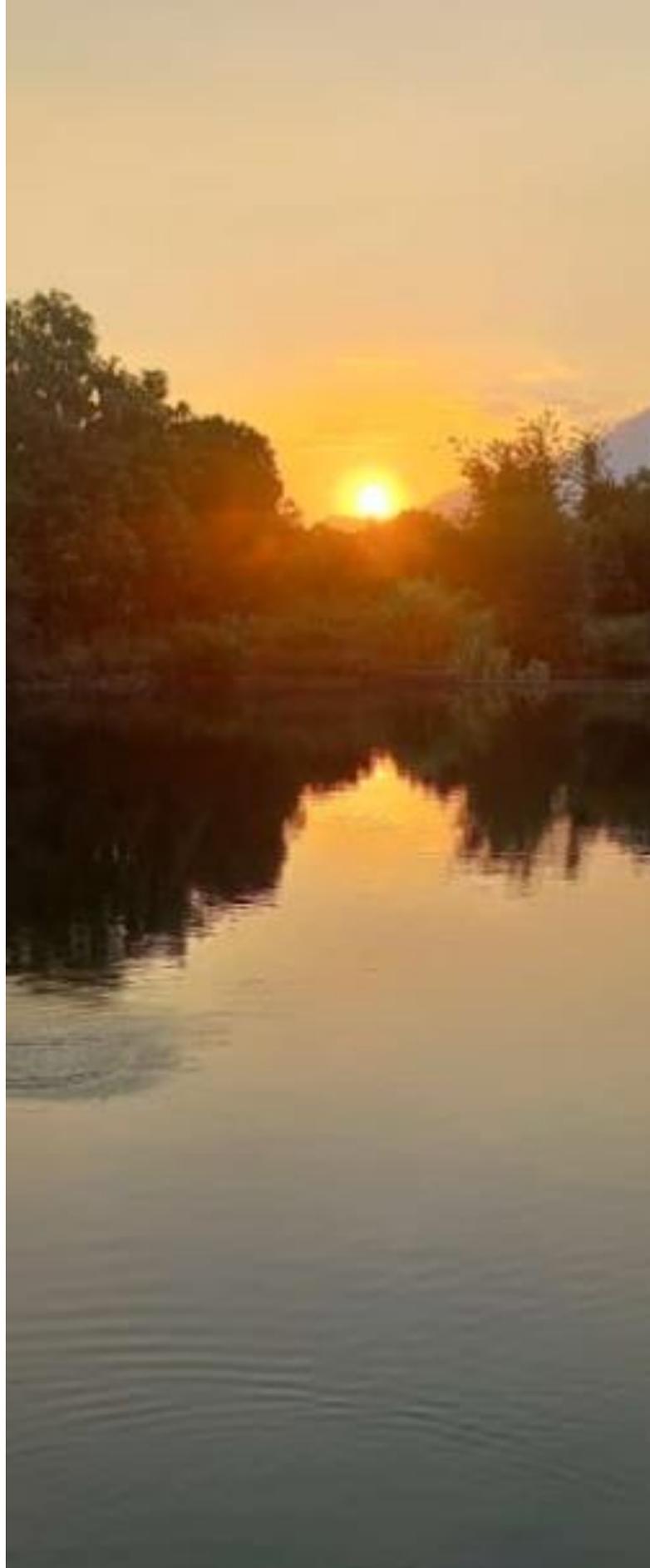
Tabla 9 Conclusiones de caso de estudio, Planta de tratamiento de residuos "Los Hornillos", Valencia, España.

Fuente: Elaboración propia.

2.8 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO II

- La gestión integral de los residuos sólidos es fundamental para la sostenibilidad ambiental y la salud humana. Es importante mantener un control de los desechos desde su generación hasta etapas posteriores, como la recolección, clasificación, tratamiento, reciclaje y disposición final.
- Brindar un tratamiento adecuado a los desechos sólidos permite no solo optimizar el uso de los recursos naturales, sino también minimizar el impacto ambiental. Sin una gestión adecuada, los residuos se convierten en focos de contaminación que afectan el entorno y la calidad de vida de la población.
- El municipio, debido a una significativa cantidad de residuos orgánicos, posee un gran potencial para el compostaje. Este proceso no solo contribuye a una gestión sostenible de los desechos, sino que también transforma estos residuos en un recurso valioso para la agricultura, mejorando la calidad de los cultivos y el desarrollo de las plantas.

*Aldea Monte Grande
Río Hondo, Zacapa.
Fuente: Mónica Esquivel.*





3 . CAPÍTULO - MARCO LEGAL



3.1 CONVENIOS INTERNACIONALES

La gestión integral de los residuos sólidos en Guatemala está regulada por un marco legal cuyo objetivo es la conservación de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y la mitigación de la contaminación. Estas normativas buscan mejorar la calidad de vida y promover el desarrollo social de los habitantes. La implementación de estas normativas en el proyecto, no solo permite alinearse con las mejores prácticas nacionales sino también con las internacionales, fomentando una cultura de responsabilidad ambiental en Guatemala.

3.1.1 AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Aunque no es un convenio la agenda 2030 de las Naciones Unidas considera en sus objetivos específicos la gestión adecuada de los residuos, como se da a conocer en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12 en donde se menciona *“El consumo y la producción sostenibles consisten en fomentar el uso eficiente de los recursos y la eficiencia energética, infraestructuras sostenibles y facilitar el acceso a los servicios básicos, empleos ecológicos y decentes, y una mejor calidad de vida para todos. Su aplicación ayuda a lograr los planes generales de desarrollo, reducir los futuros costos económicos, ambientales y sociales, aumentar la competitividad económica y reducir la pobreza”*.²⁹

La implementación de este objetivo, contribuirá a utilizar menos recursos para llevar a cabo diversas actividades, algunos aspectos clave de este objetivo es:

- **Uso eficiente de los recursos:** reducir el desperdicio y optimización de los procesos de reducción que promueva la eficiencia de los recursos para el desarrollo de las actividades.
- **Reducción de Residuos:** promover el reciclaje y reutilización, de tal manera que se produzca menor cantidad de desechos en los vertederos.
- **Sostenibilidad en la Producción:** esto es clave para reducir la huella ambiental de las industrias, mediante la incorporación de tecnologías y procesos de producción sostenibles, los cuales incluyen obtener el mayor provecho de los recursos, antes de utilizar nuevos recursos.
- **Consumo responsable:** pretende concientizar a los consumidores sobre la importancia de optar por productos y servicios sostenibles y patrones de consumo que no impacten negativamente en el ambiente y calidad de vida.
- **Gestión de productos químicos y residuos:** minimizando el impacto negativo en la salud humana y el medio ambiente.
- **Promoción de Prácticas sostenibles:** incentivar a las empresas e industrias para que adopten prácticas sostenibles, así como las demás personas, de tal manera que se reduzcan la generación de desechos, mediante actividades de prevención, reducción, reciclaje y reutilización.
- **Políticas y Planes Nacionales:** desarrollar políticas, así como planes nacionales que promuevan la producción y consumo sostenible.

²⁹ Naciones Unidas, La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe (Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2015), 55.

- **Innovación y Desarrollo Tecnológico:** Esto incluye tecnologías para la energía renovable, gestión de residuos, así como la promoción de economía circular en donde los productos y materiales se reutilizan y reciclan en lugar de ser llevados directamente al vertedero, optimizando el uso de los recursos.

Es importa invertir en la educación y capacitación de profesionales y empresas para dar a conocer la importancia del reciclaje y reducción de desechos, por medio de diversas tecnologías, esto contribuirá a que los procesos industriales sean menos contaminantes y más eficientes.

3.1.2 CONVENIO DE BASILEA, SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN

El convenio de Basilea fue adoptado el 22 de marzo de 1989 y entró en vigor el 05 de mayo de 1992. Este convenio pretende fomentar medidas para el manejo de los desechos peligrosos, incluyendo como su nombre lo indica los movimientos fronterizos hasta su eliminación, esto se debe a dichos desechos representan un daño para la salud y el medio ambiente. Uno de los aspectos importantes, indica que cada Estado, debe ser el responsable por la gestión adecuada de sus residuos, prohibiendo el ingreso de aquellos ajenos a su territorio, considerando como desechos peligrosos:

- Desechos clínicos.
- Desechos resultantes de la preparación de productos farmacéuticos.
- Resultantes de la producción, preparación, utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos.
- Resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.
- Resultantes de la producción y utilización de disolventes orgánicos.
- Desechos que contengan cianuro.
- Desechos de aceites minerales.
- Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.
- Sustancias y artículos de desecho que estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).
- Residuos alquitranados.
- Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.
- Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.
- Sustancias químicas de desechos, no identificadas o nuevas.
- Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente.
- Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.
- Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos.

- Residuos resultantes de operaciones de eliminación de desechos industriales.³⁰

Entre los objetivos principales de este convenio se encuentra:

- **Protección de la salud y medio ambiente:** como protección de los efectos nocivos de los desechos peligrosos.
- **Control de movimientos fronterizos:** de tal manera que cada Estado sea el responsable de gestionar sus residuos y prohibir el ingreso de otros que no correspondan a su territorio.
- **Manejo ambiental racional:** como se indicó en la Agenda 2030, se pretende minimizar el impacto ambiental, por medio de la reutilización de los recursos y eliminación segura, conforme a los protocolos que estipula en este caso, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

3.1.3 CONVENIO DE ESTOCOMOLMO

En el año 2001 se aprobó el Convenio Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) el cual entró en vigor el 17 de mayo de 2004. El objetivo general de este convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente, mediante el manejo seguro de sustancias peligrosas. El Gobierno de Guatemala es parte de los países que se han comprometido a cumplir con las medidas para reducir o eliminar sustancias como indica el convenio, el cual se firmó el 29 de enero del 2002 y se ratificó el 30 de julio del año 2008, entrando en vigor el 28 de octubre del mismo año.

Entre sus principales disposiciones menciona:

- La eliminación y reducción de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), es crucial debido a que estas sustancias representan una amenaza para la salud humana y el medio ambiente. Su resistencia a la degradación, las vuelve peligrosas, debido a que pueden persistir en el entorno durante largos períodos. Además de ello los COP son tóxicos y tienen la capacidad de transportarse largas distancias y causar daños en el medio ambiente y comunidades alejadas de su origen.
- Indica una lista de sustancias químicas que deben ser eliminadas o restringidas.
- **Planes Nacionales de implementación:** estos planes contribuirían a prevenir el desarrollo de nuevos COP al fortalecer las legislaciones nacionales.
- **Asistencia Técnica y Financiera:** promoviendo la cooperación internacional para ayudarlos a cumplir con las obligaciones del convenio.
- **Monitoreo y Reporte:** los países deben brindar un reporte de sus progresos en la implementación del convenio.

Para el cumplimiento del Convenio, el Gobierno de Guatemala asignó al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, a través del Departamento para el Manejo Ambiental Racional y Productos Químicos y Desechos Peligrosos, encargado de la ejecución conjuntamente con ONUDI, elaborando el Plan Nacional de Contaminantes Orgánicos Persistentes.³¹

³⁰ Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación, 1989, Anexo I.

³¹ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, "Convenio de Estocolmo," última modificación 2024, <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/convenio-de-estocolmo/>

3.2 MARCO NORMATIVO NACIONAL: INTEGRACIÓN DE NORMAS Y POLÍTICAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS

3.2.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

La Constitución Política de la República de Guatemala como ley suprema, establece un marco legal fundamental para la protección del medio ambiente y gestión de recursos naturales, considerando estos artículos como punto de partida para el manejo adecuado de los desechos sólidos y aprovechamiento de los recursos naturales.

SECCIÓN SÉPTIMA – Salud, seguridad y asistencia social

Artículo 97.- Medio ambiente y equilibrio ecológico

En el que se menciona que el Estado, las municipalidades y habitantes del territorio deben velar por el desarrollo social, económico y tecnológico para prevenir la contaminación ambiental y generar un equilibrio ecológico.³²

SECCIÓN DÉCIMA – Régimen económico y social.

Artículo 119.- Obligaciones del Estado

En este artículo se dan especifica las obligaciones del Estado para el desarrollo económico y social el cual incluye la protección del medio ambiente. En su inciso c, se establece la responsabilidad del Estado para el manejo adecuado de los recursos naturales.³³

3.2.2 LEY DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE (DECRETO 68-86)

El Decreto 68-86, fue emitido el 28 de noviembre de 1986, entrando en vigencia el 27 de diciembre del mismo año. Este decreto es fundamental para la protección de los recursos naturales y mejoramiento del medio ambiente, como respuesta al deterioro ambiental que incide negativamente en la calidad de vida de los guatemaltecos. En sus consideraciones, el decreto incorpora la declaración de principios de las resoluciones de las Naciones Unidas, adoptadas en la Conferencia de Estocolmo, Suecia. Esto forma parte de la integración de Guatemala en los programas mundiales para la protección y mejora del medio ambiente y la calidad de vida. Como se indica en el Convenio Internacional de Basilea sobre el control de movimientos fronterizos, esta ley también considera la prohibición de ingreso de desechos tóxicos que perjudiquen la salud humana y degradación ambiental.

Para el desarrollo del proyecto, se contempla el **Artículo 7**. Que indica la prohibición al país de todo tipo de desechos, debido a que son perjudiciales para el medioambiente y la salud humana. A su vez en sus objetivos específicos la ley considera la protección de los recursos naturales e hídricos, así como la contaminación ambiental. Estos aspectos se toman en consideración para que el proyecto busque reducir la huella ecológica de los desechos domiciliarios que se producen en el municipio de Río Hondo, Zacapa proporcionándoles un nuevo uso.

³² Constitución Política de la República de Guatemala, art. 97.

³³ Constitución Política de la República de Guatemala, art. 119.

También se considera el Artículo 12. El cual establece los objetivos específicos de una ley sobre la protección del medio ambiente y los recursos naturales, que incluyen la conservación y mejora de los recursos, prevención de la contaminación y deterioro ambiental, así como la promoción educativa y conciencia ecológica.³⁴ Es por ello, que se considera incluir un área educativa en el proyecto, que fomente la conciencia ambiental entre los habitantes del municipio.

3.2.3 CÓDIGO DE SALUD (DECRETO 90-97)

El Código de Salud proporciona un marco legal que regula la gestión de los residuos sólidos a fin de minimizar el impacto ambiental de los mismos, y promover prácticas sostenibles. A su vez, incluye disposiciones para la educación y conciencia pública sobre la gestión de residuos. Esto contribuye a fomentar una cultura de reciclaje desde los hogares hasta su disposición final.

Los artículos que se considerarán en el desarrollo del proyecto es el **Artículo 73**. Importación de desechos, **Artículo 102**. Responsabilidad de las municipalidades. El cual da a conocer que las municipalidades son las encargadas de prestar los servicios de limpieza, recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con la normativa específica. **Artículo 103**. Disposición de los desechos sólidos. En él se prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos en sitios no autorizados, para evitar la contaminación del ambiente.

El actual vertedero municipal, no está cercado, lo que permite el ingreso de cualquier persona y lo convierte en un lugar peligroso para la salud humana, debido a la gestión inadecuada de los desechos. Por ello, considerando lo estipulado en el **Art. 105**, se incluirá como premisa de diseño, la construcción de un muro perimetral y el saneamiento del terreno.

El proyecto a desarrollar, pretende llevar gestionar los desechos domiciliarios del municipio de Río Hondo, Zacapa esto significa que cada una de empresas industriales o comerciales, serán encargadas de gestionar sus propios desechos, como se estipula en el Artículo 107, acorde a la peligrosidad y volumen de sus desechos, esto incluye a los desechos hospitalarios.³⁵

3.2.4 CÓDIGO MUNICIPAL DE GUATEMALA (DECRETO 12-2002)

Este código regula la administración municipal en todo el país, en el cual se establecen normas y procedimientos para la gestión municipal, participación ciudadana y prestación de servicios públicos. Para el desarrollo del proyecto el Código establece en su Capítulo I de competencias municipales, el **Artículo 67**. Gestión de intereses del municipio. En el que se indica que el municipio puede promover toda clase de actividades económicas, culturales, ambientales y prestación de servicios que contribuyan en la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

De igual manera, en el **Artículo 68**. Competencias propias del municipio. En el inciso A indica que los planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de los desechos y residuos sólidos hasta su disposición final, forma parte de las competencias de cada municipio.

³⁴ Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto 68-86.

³⁵ «Código de salud, (Guatemala: Congreso de la República, 1997), Capítulo IV, sección I, Artículo 73, sección IV, artículos 102, 103, 105, 107. », s.f.

Asimismo, indica que cada municipalidad es responsable de la prestación de servicios públicos, en este caso el tren de aseo, estableciendo los costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de la cobertura del servicio.

3.2.5 REGLAMENTO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES (ACUERDO GUBERNATIVO 164-2021)

Este reglamento establece las normas sanitarias y ambientales que deben aplicarse para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, con el objetivo de evitar la contaminación ambiental. A su vez, detalla las condiciones de salud y seguridad ocupacional, las normas mínimas para las instalaciones, así como la clasificación, separación y almacenamiento de los residuos. Estos temas son fundamentales para definir la secuencia y frecuencia de las actividades a desarrollarse en el proyecto. Entre los principales aspectos del reglamento se encuentran:

- **Normas sanitarias y ambientales:** se definen las directrices para la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos comunes, con el fin que se realicen de manera segura y sostenible.
- **Protección de la salud humana:** está asociado con la gestión adecuada de los residuos de conformidad con las normas técnicas del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- **Prevención de la contaminación:** incluyendo disposiciones para evitar la contaminación del suelo, recursos naturales, fuentes hídricas, entre otros, promoviendo prácticas sostenibles en la gestión de residuos.
- **Separación de desechos:** indica el procedimiento para clasificar, separar y almacenar los desechos, sistemas de tratamiento, normas para construcción e instalación de plantas de tratamiento.
- **Servicios complementarios:** en él se dan a conocer los servicios de agua y saneamiento que deben contar la planta, desde el abastecimiento de agua potable, drenajes, captación de aguas residuales y lixiviados, recolección de residuos y desechos sólidos comunes, generados en la propia planta de tratamiento, a su vez que procedimiento se debe seguir con los desechos que no puedan tener un proceso de reciclaje.
- **Fomento de economía circular:** promoviendo la recuperación y reutilización de los productos y materiales luego de haberlos utilizado, por medio de alianzas con actores del sector público y privado.³⁶

3.2.6 POLÍTICA NACIONAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS

Acuerdo Gubernativo 281 – 2015

Los desechos dispuestos a cielo abierto, inciden negativamente en el ambiente, generando proliferación de enfermedades, plagas, además de ser perjudiciales para la salud de los trabajadores en dichos vertederos. En años anteriores, se ha dado importancia únicamente a la eliminación de

³⁶ Guatemala. “Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes.” Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2021.

desechos, sin considerar como podemos aprovecharlos. Esto incluye la generación de energía, dar otra utilidad a los desechos por medio del reciclaje y el establecimiento de puntos adecuados para la gestión integral de los residuos. Cada vez es más evidente la presencia de basureros clandestinos, y la mayoría de los vertederos existentes no siguen los protocolos adecuados para el manejo de los desechos.

Es por ello que esta política pretende reducir la cantidad de residuos y desechos sólidos que llegan a los sitios de disposición final por medio de una gestión integral de los desechos, como se menciona en sus objetivos específicos.

4. Ámbito ambiental y la salud

Objetivo Estratégico:

Garantizar la protección del ambiente y la salud humana como el bien jurídico tutelado al derecho a la vida mediante la reducción de los niveles contaminantes y conservación de los recursos naturales mediante una gestión integral de los residuos y desechos sólidos.

Objetivos Intermedios:

- a) *Promover la implementación de estándares y normas ambientales nacionales e internacionales relacionadas directamente con la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, que permitan el monitoreo ambiental y la salud humana.*
- b) *Desarrollo de incentivos para la aplicación de tecnologías y buenas prácticas que adopten soluciones factibles para el país que propicien la protección del ambiente y la mejora a la salud humana.*
- c) *Promover las condiciones dignas de las personas que manejan los residuos y desechos sólidos durante su recolección, traslado, clasificación y disposición final, que incluya equipo adecuado bajo los estándares de bioseguridad.*
- d) *Reducir los efectos negativos que se generan al ambiente por la contaminación generada del manejo inadecuado de los residuos y desechos sólidos por medio del enfoque de las 3R's.*
- e) *Promover a nivel de las municipalidades y mancomunidades la creación de sistemas de disposición final adecuados que minimicen la generación de impactos negativos al ambiente en coordinación con las instituciones involucradas.³⁷*

Componentes principales de la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos:

- **Reducción de desechos:** minimizar la producción de desechos desde su origen, por medio de prácticas de reutilización.
- **Reciclaje y reutilización:** para disminuir la cantidad de desechos que llegan a la disposición final, implementando tecnologías sostenibles.

³⁷ Guatemala. "Política Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos." Acuerdo Gubernativo 281-2015. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015.

- **Tratamiento y disposición final:** establece directrices para el tratamiento adecuado y la disposición de los residuos, para que se realicen de manera segura y cuidando el impacto ambiental.
- **Educación y conciencia pública:** a través de programas educativos que fomenten la conciencia ambiental en la población y que conozcan los beneficios que se obtienen al reciclar y reutilizar, no solo en mejora de la calidad de vida, sino también a nivel socioeconómico.

3.2.7 REGLAMENTO DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL (ACUERDO GUBERNATIVO 229-2014)

Debido a las características del proyecto, este reglamento proporciona directrices esenciales para la salud y seguridad de los trabajadores, así como para la evaluación de riesgos. Estas directrices incluyen el diseño de escaleras, ventanas, puertas, salidas de emergencia, condiciones del entorno y la manipulación manual de cargas, asegurando que no exceda los límites permisivos de carga establecidos en el artículo 90. Todo esto con el fin de garantizar que el proyecto cumpla con las características de diseño y equipos adecuados, reduciendo la exposición a peligros, y mejorando la productividad.

3.2.8 REGLAMENTO ORGÁNICO INTERNO DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (ACUERDO GUBERNATIVO 73-2021)

Este reglamento permite conocer las áreas y departamentos específicos del MARN. Además, establece que el MARN debe promover la educación y capacitación ambiental, lo que facilita el acceso a programas de formación para empleados y la comunidad. Esto no solo mejora la gestión de desechos, sino que también fomenta la participación ciudadana, lo cual es crucial para obtener el apoyo local y comprender diversas perspectivas sobre la gestión de desechos, identificando las necesidades específicas en las áreas educativas para impartir estas capacitaciones.

3.2.9 TÉRMINO DE REFERENCIA DIGARN-DEMARDS 05

Como resultado de la Resolución Administrativa 017-2019, se establecen requerimientos específicos para el desarrollo de proyectos relacionados con la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Comunes. En este caso se utilizó el término de referencia DIGARN-DEMARDS 05, correspondiente a la Planta de Selección y Clasificación y/o centro de acopio temporal de residuos y desechos no peligrosos. Este documento contiene la información y el programa arquitectónico mínimo que se debe presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

3.2.10 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, DEPARTAMENTO DE ZACAPA (JUNIO 2022)

Además de las normativas y reglamentos previamente descritos, el estudio de caracterización de residuos y desechos sólidos comunes, realizado en el municipio de Río Hondo en el año 2022, por World Wildlife Fund (WWF) se toma como una base fundamental para el desarrollo del proyecto. Este estudio proporciona datos específicos y actualizados sobre la composición y cantidad de residuos generados en el municipio, así como la identificación de los tipos de residuos, lo cual es esencial para establecer las operaciones de la planta y determinar los procesos más adecuados para el manejo de cada tipo de residuo. Asimismo, permite identificar la valorización de residuos y la producción de desechos habitante/día, lo que sirve como base para dimensionar las bodegas y otras áreas del proyecto.

3.3 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO III

- Los convenios internacionales promueven el uso eficiente de los recursos naturales y la eficiencia energética con el objetivo de reducir la generación de desechos en cada comunidad y contribuir a un desarrollo más sostenible.
- Es fundamental que cada localidad gestione adecuadamente sus propios desechos evitando trasladarlos a otros sitios, ya que esta práctica no solo incrementa la contaminación, sino que también contribuye al colapso de los vertederos.
- El *Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes* (Acuerdo gubernativo 164-2021) establece las normas sanitarias y ambientales que deben ser aplicadas para la gestión integral de los residuos. Este reglamento constituye una base esencial para asegurar el adecuado funcionamiento del proyecto.

*Palacio Municipal de Río Hondo
Casco Urbano, Río Hondo, Zacapa.
Fuente: Elaboración propia.*





4. CAPÍTULO - MARCO REFERENCIAL



4.1 DELIMITACIÓN TERRITORIAL

4.1.1 DELIMITACIÓN NACIONAL

El presente proyecto de investigación se desarrolla en la República de Guatemala, el cual actualmente presenta varios desafíos en la gestión de desechos sólidos. La República de Guatemala está situada al norte Istmo Centroamericano, en las coordenadas geográficas 15° 46' 48" N, 90° 11' 42" W, posee una superficie de 108, 889 km². Su división política administrativa, está conformada por ocho regiones, veintidós departamentos y trescientos treinta y un municipios.³⁸

Colinda al norte y noroeste con México, al este con Belice y el Golfo de Honduras, al sureste con República de Honduras y al sur con La República de El Salvador y el Océano Pacífico.



Ilustración 29 Localización República de Guatemala.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 DELIMITACIÓN DEPARTAMENTAL

El proyecto está ubicado en la región III Nororiental, específicamente en el municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa. El municipio se localiza al este de la cabecera departamental, entre las coordenadas geográficas 15° 02' 36" latitud Norte y 89° 35' 06" longitud Oeste, a una altitud de 184 msnm. Cuenta con una extensión territorial de 458.09 km² a 136 km de la ciudad capital y 14 kilómetros de la cabecera departamental.

Colinda al norte con el municipio del Estor, Izabal, al sur con los municipios de Zacapa y Estanzuela, al oeste con el municipio de Gualán y Zacapa y al oeste con el municipio de Teculután.

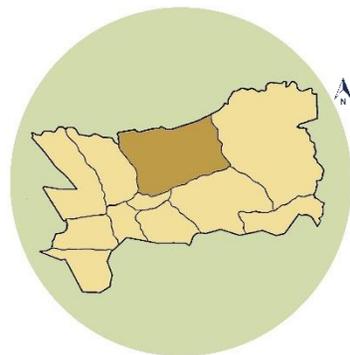


Ilustración 30 Localización municipio de Río Hondo, Zacapa.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 DELIMITACIÓN MUNICIPAL

El municipio de Río Hondo, se encuentra en el kilómetro 136 de la carretera CA-9 Norte. La Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Río Hondo, basada en la información recopilada en el PDM-OT, reconoce 35 lugares poblados, conformados por 26 aldeas, 8 caseríos y 1 finca. Cada uno de estos lugares tiene su propio Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) y está representado en el Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE).³⁹

El municipio de Río Hondo, se encuentra dividido en cuatro microrregiones. El proyecto está ubicado en la microrregión III, en aldea Panaluya, la cual se localiza a 1.50 km de la Cabecera Municipal. Colinda al norte con Río Hondo, al sur con Carretera Jacobo Árbenz Guzmán CA-9 Norte, al este con Cabecera Municipal y al oeste con bosque seco espinoso.

³⁸ Organismo Judicial de Guatemala, "Movimientos Laborales," Organismo Judicial de Guatemala, s.f., http://ww2.oj.gob.gt/estadisticalaboral/index.php?option=com_content&view=article&id=190&Itemid=514, accedido el 06 de octubre de 2024.

³⁹ Consejo Municipal de Desarrollo del municipio de Río Hondo, Zacapa. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Municipio de Río Hondo 2019 – 2032*. (Guatemala: Segeplán/DTP-DOT 2018).

4.2 ASPECTOS SOCIALES

4.2.1 DIVISIÓN POLÍTICA

Como se mencionó anteriormente, según el censo INE 2002 y PDM – OT, 2019 – 2032, el municipio está conformado por 35 lugares poblados, y cuatro microrregiones, con su respectiva centralidad.⁴⁰ Estas son:

4.2.1.1 MICRORREGIÓN I – CENTRALIDAD FUTURA ALDEA JONES

En esta microrregión se concentra el 10.83% de la población del municipio. Se caracteriza por sus actividades productivas, principalmente relacionadas con el café, productos agrícolas y pecuarios. La aldea Jones, se ha convertido en una fuente importante de abastecimiento comercial para los poblados ubicados en la parte alta. La microrregión está conformada por caserío El Cajón, y Río Blanco, aldea La Espinilla, Las Delicias, Las Pozas, Jones y Mal Paso. En cuanto a equipamiento urbano, dispone de un servicio educativo de preprimaria, primaria y básico, así como un puesto de salud.

4.2.1.2 MICRORREGIÓN II – CENTRALIDAD EL ROSARIO

En esta microrregión se concentra el 20.67% de la población del municipio. Se caracteriza por Agroindustria, comercio y turismo, con potencial para Agroforestería en la aldea Morán. La microrregión está conformada por caseríos El Retiro, El Naranjo, Tabacal, Petro Maya, aldeas El Petón, Jesús María, Morán, El Rosario, Jumuzna, Pata Galana, Llano Verde y Barrio Buena Vista. Con relación al equipamiento urbano, cuentan con 8 centros educativos a nivel pre primario, 8 para educación primaria, 4 nivel básico y 6 de diversificado, así como dos puestos de salud y un hospital privado.

4.2.1.3 MICRORREGIÓN III – CENTRALIDAD CABECERA MUNICIPAL

Esta microrregión concentra el 29.88% de la población del municipio. Como cabecera municipal, acá se concentra la mayor cantidad de servicios, por lo que la mayoría de los centros poblados se dirigen hacia esta área. La microrregión está conformada por caserío Las Joyas, aldea La Palma, El Tecolote, Chanchan, Panaluya, Casas de Pinto, La Pepesca, Llano Largo, colonias Brisas del Río y Colonia Municipal, barrio Los Marines, El Palmo, Los Urzúas, El Terrero, El Llano y Cabecera Municipal.

En términos de equipamiento urbano, cuenta con 9 centros educativos a nivel pre primario, 9 primario, 2 de nivel básico, 3 de diversificado y 4 centros universitarios, así como 2 centros de salud. Cabe destacar que, debido a su localización estratégica, es un punto accesible para otros municipios como Zacapa y Chiquimula, lo cual facilita que muchas personas asistan a centros educativos, especialmente universitarios, de salud y comercio.

4.2.1.4 MICRORREGIÓN IV – CENTRALIDADES SANTA CRUZ Y LA ARENERA

Esta microrregión concentra al 38.62% de la población del municipio, siendo la microrregión con mayor población. Está conformada por caserío El Senegal, La Arenera, San Lorenzo, Lo de Mejía, Agua Caliente, Puente Mármol, La Ceibita y aldea Pasabien, Sunzapote, Monte Grande, Santa Rosalía

⁴⁰ Consejo Municipal de Desarrollo del municipio de Río Hondo, Zacapa. 2018. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Municipio de Río Hondo 2019 - 2032*. (Guatemala: Segeplán/DTP-DOT).

Mármol, Nuevo Sunzapote, Ojo de Agua, Santa Cruz. Cuenta con 18 centros educativos a nivel pre primario, 18 a nivel primario, 6 nivel básico y cuatro centros de salud privados.

Parte las microrregiones están constituidas por el área protegida de la Sierra de las Minas y la movilidad de las personas se centra principalmente en la búsqueda de servicios básicos. Sin embargo, muchos deciden migrar a otros municipios, especialmente a la cabecera municipal y al casco urbano del departamento de Chiquimula.

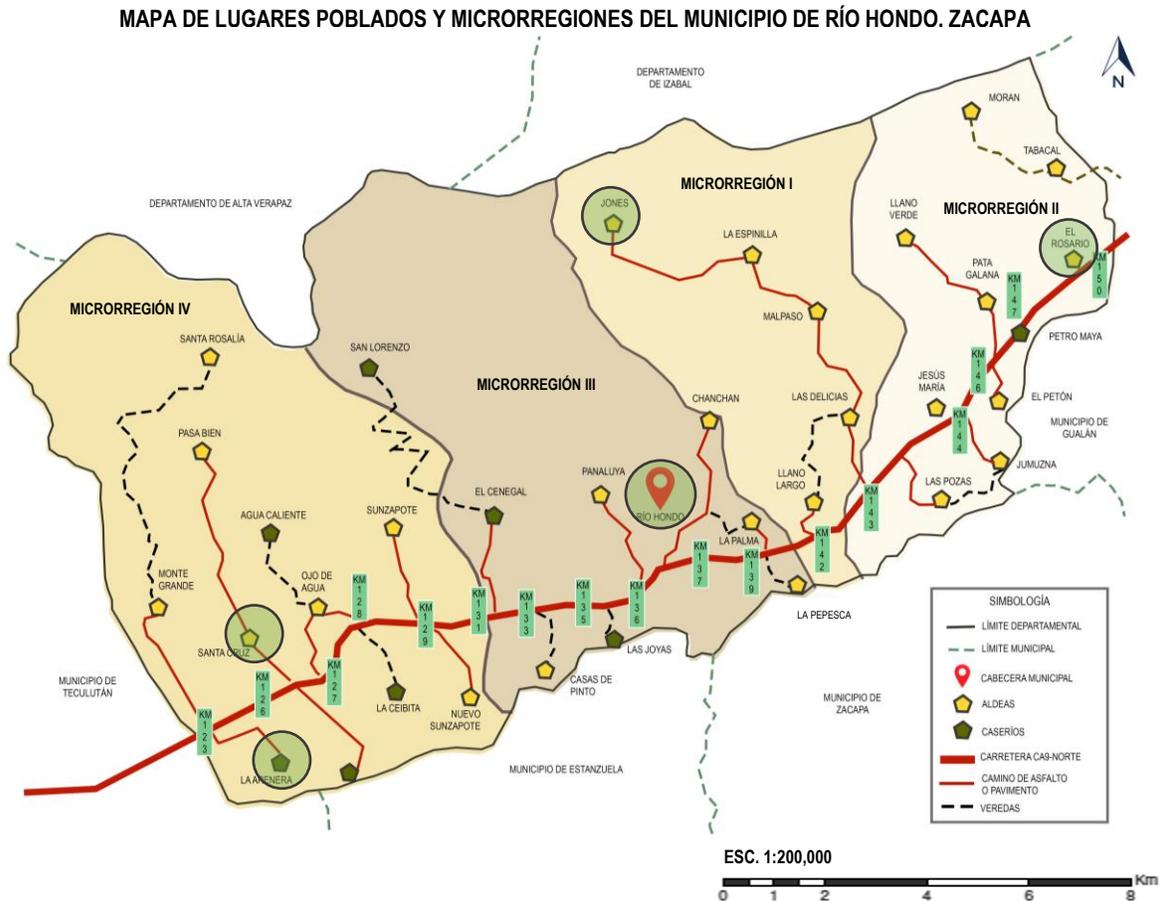


Ilustración 31 Mapa temático de lugares poblados y microrregiones del municipio de Río Hondo, Zacapa. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 ORGANIZACIÓN CIUDADANA

La organización ciudadana del municipio está conformada por un modelo participativo y descentralizado. Este modelo permite a los ciudadanos involucrarse en la planificación, ejecución y evaluación de proyectos que me promueven la mejora de la calidad de vida, el bienestar social y económico del municipio. La estructura organizativa se compone de la siguiente manera:

- **CONCEJO MUNICIPAL:** Está integrado por alcalde, Síndicos y los concejales, quienes son electos por un período de cuatro años.

- **CONSEJO COMUNITARIO DE DESARROLLO (COCODE):** El COCODE representa a las comunidades locales y tienen como objetivo apoyar y gestionar proyectos de desarrollo comunitario. En el municipio de Río Hondo, se considera la mano de obra de los habitantes de los centros poblados para muchos proyectos, lo cual es gestionado con la ayuda del COCODE de cada comunidad.
- **CONSEJO DEPARTAMENTAL DE DESARROLLO URBANO (CODEDE):** es el ente organización departamental, presidido por el Gobernador del departamento correspondiente, que promueve, facilita la organización y participación de la sociedad civil.

A continuación, se presenta el Organigrama de la Municipalidad de Río Hondo.

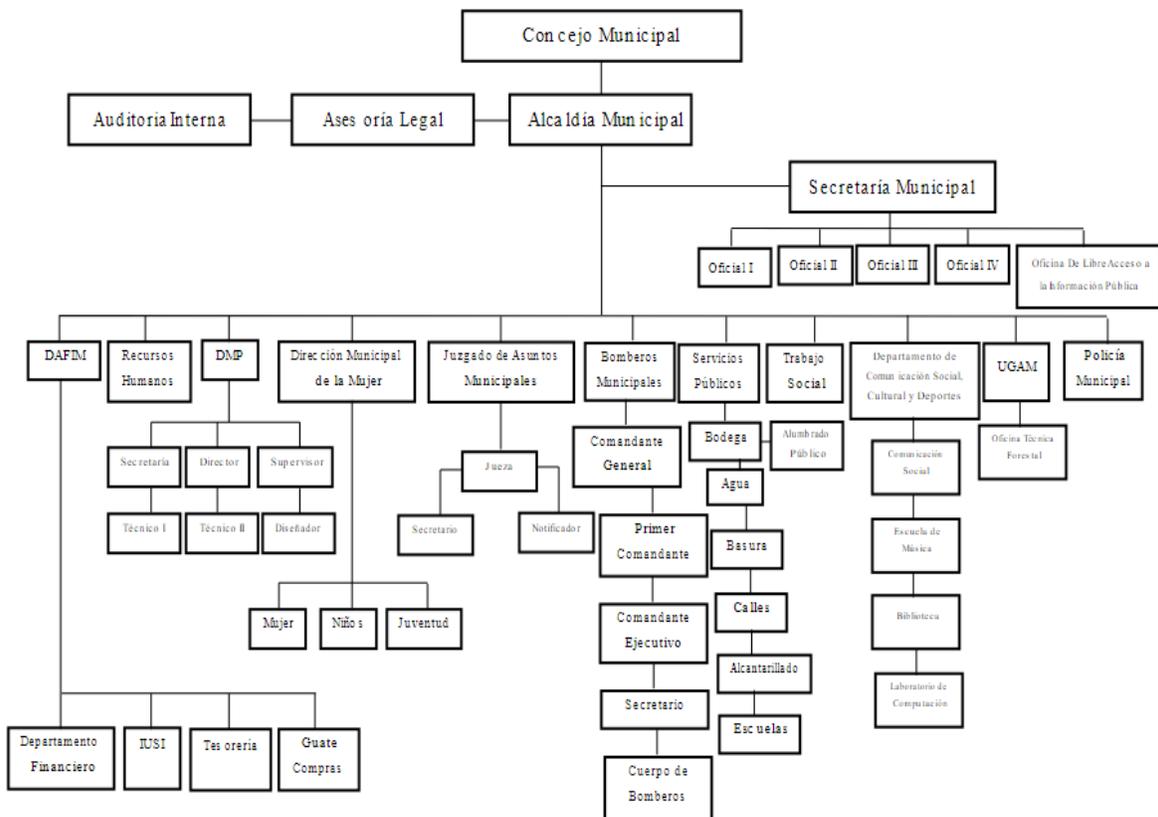


Ilustración 32 Estructura orgánica de la Municipalidad de Río Hondo.

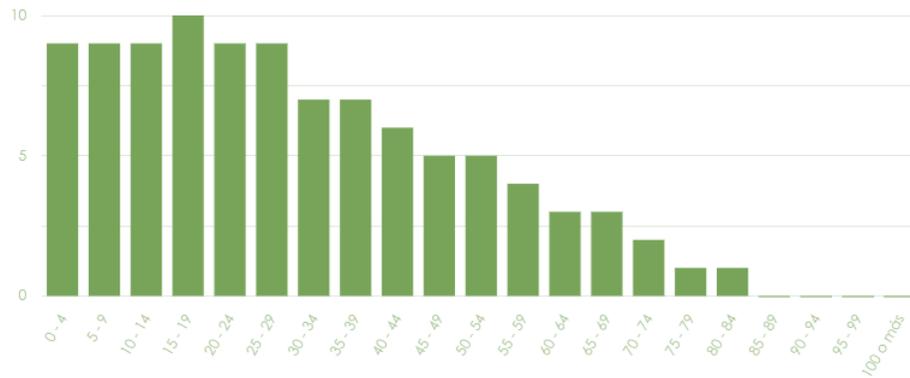
Fuente: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa

4.2.3 POBLACIÓN

4.2.3.1 POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE RÍO HONDO

Según los datos del Censo Poblacional realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) de Guatemala, de las 22 234 personas censadas, 15 167 viven en áreas rurales, lo que corresponde al 71% y 6 267 en zonas urbanas, equivalente al 29%. Del total, el 48% son hombres y el 52% mujeres. El censo también indica que la mayoría de las personas son oriundas del municipio.

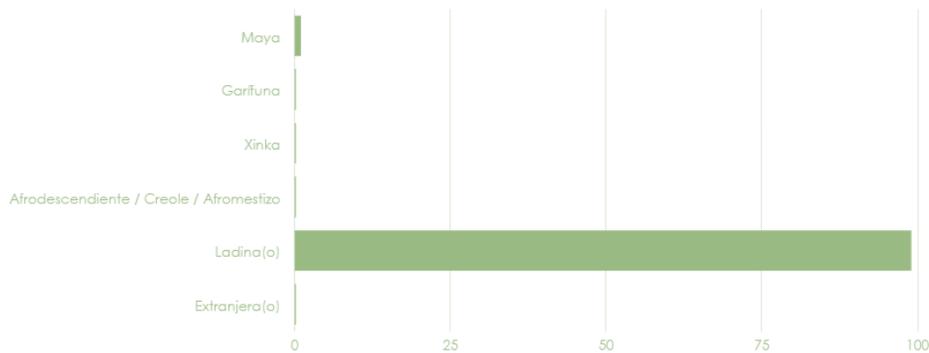
En el municipio, la clasificación de grupos de edad muestra que predominan las edades de 0-29 años, lo que indica una población económicamente activa en su mayoría.



Gráfica 8 Población por grupos de edad, municipio de Río Hondo, Zacapa.
 Fuente: INE, 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de vivienda.

4.2.3.2 ETNIAS

La población del municipio de Río Hondo está compuesta en su mayoría por ladinos o mestizos, un grupo predominante en la región oriental de Guatemala. Aunque también se encuentra población indígena en el municipio, su porcentaje es considerablemente menor en comparación con otros municipios del país, como se observa en la gráfica.



Gráfica 9 Pueblo de pertenencia.
 Fuente: INE, 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de vivienda.

Como se mencionó anteriormente, la mayor parte de la población se ubica en la microrregión IV con un 38.62%. Un aspecto importante en este municipio es la presencia de flujos migratorios en dos grupos:

- **Migración temporal:** hacia otros municipios principalmente Zacapa, el departamento de Chiquimula y la ciudad de Guatemala. No obstante, la proximidad de Río Hondo con Zacapa, Teculután, Gualán y Chiquimula facilita una movilidad constante entre estas áreas.
- **Migración Permanente:** un número considerable de habitantes migra permanentemente hacia Estados Unidos, siendo las remesas enviadas por familiares en el extranjero, una fuente fundamental para la economía local.

4.3 CULTURA

4.3.1 HISTORIA DEL MUNICIPIO DE RÍO HONDO

Dentro de la historia del municipio, la profesora María Magdalena Chacón Oliva de Cordón, en su monografía elaborada en 1985⁴¹, señala que no existe fecha exacta de fundación del municipio. Sin embargo, el archivo municipal contiene un libro de actas que data de 1591, junto con una referencia sobre la extensión de una cédula al capitán Diego Rodríguez de Vargas en ese mismo año. Este documento también menciona que, en el año 1517, cuando se fundó el Real Consejo de Indias, exigía a los conquistadores españoles y a la población indígena la posesión de documentos que acreditaran la tenencia de sus tierras, es decir, la escritura de propiedad de cada terreno que ocupaban.

Tras la independencia de Guatemala en 1821, se produjo una significativa mezcla de razas, dando origen a los ladinos o mestizos, que constituyen el grupo étnico predominante en la región. El nombre “Río Hondo” proviene del río que atraviesa el territorio, conocido anteriormente por su caudal y profundidad, y que ha sido un elemento vital para la supervivencia de sus habitantes, además de haber desarrollado vínculos comerciales y culturales con municipios cercanos como Teculután, Gualán y la cabecera departamental Zacapa.

Según la monografía antes citada, previo a constituirse como municipio, el territorio estaba conformado por haciendas, pertenecientes a personas de origen español. A lo largo del tiempo, el lugar fue conocido con distintos nombres, como Valle del Trapiche, Valle del Río Hondo y Sitio de la Candelaria. Finalmente, en el año 1836, Río Hondo fue reconocido oficialmente como municipio del Departamento de Zacapa con su nombre actual. Los habitantes de mayor edad relatan que, en tiempos pasados, el río era navegable gracias a su profundidad y fuertes corrientes, facilitando el transporte de embarcaciones, como las que existían en el embarcadero de la aldea La Pepesca.

Los indígenas comenzaron a poblar Río Hondo, debido a que su ubicación era propicia para la agricultura. Sin embargo, su permanencia se vio afectada por la llegada de los españoles, lo que dio inicio al mestizaje entre blancos e indígenas. Se ha comentado que una de las razones por las cuales los españoles se establecieron en el Valle del Motagua fue su favorable clima y la importancia de esta zona como vía de comunicación.

Durante la época colonial, los españoles llevaron su cultura y religión a los pueblos indígenas, en un proceso de colonización encabezado por los sacerdotes. Con el tiempo, se han encontrado objetos en el Valle del Motagua que evidencian que Río Hondo, es un municipio de descendencia indígena, originado en este valle.

El Sacerdote Ricardo Terga Cintrón, en su obra “La Mies es Abundante. España en el Progreso y Zacapa Colonial” (1986), menciona que *“Si hay una región en Guatemala donde verdaderamente palpita la sangre ardiente de España, es Zacapa, especialmente en los municipios de Río Hondo y Estanzuela, así como entre muchos moradores de Gualán, Teculután, Huité, Zacapa cabecera y algunas aldeas como Manzanotes y Santa Rosalía”*.⁴²

⁴¹ María Magdalena Chacón Oliva de Cordón, Monografía de Río Hondo, Departamento de Zacapa. (Guatemala: s.e., 1985)

⁴² Ricardo Terga Cintrón, La Mies es Abundante. España en el Progreso y Zacapa Colonial (Guatemala: 1986).

4.3.2 COSTUMBRES Y TRADICIONES

Como parte de las actividades culturales del municipio de Río Hondo, se encuentra la feria titular, en honor a la Virgen de Candelaria, durante los días del 24 al 28 de febrero. Durante estos días se realizan diversos eventos sociales, deportivos, religiosos, culminando con el desfile hípico.

A su vez, sobresale el recorrido procesional de la Virgen de Candelaria, desde la aldea La Palma, pasando por la aldea Chan Chan hasta llegar a la Cabecera Municipal. El tres de mayo se celebra el día de la Cruz, el cual consiste en un recorrido procesional hacia la parte alta del Cerro Colorado, lugar donde se encuentra un Monumento a la Cruz, ubicado en la colonia BANVI, aldea El Tecolote y caserío El Palmo.

4.4 ASPECTOS ECONÓMICOS

4.4.1 ACTIVIDAD ECONÓMICA EN EL MUNICIPIO DE RÍO HONDO

La agricultura y ganadería son las principales actividades económicas del municipio de Río Hondo. La ubicación de algunos centros poblados en la Sierra de las Minas, favorece estas actividades productivas por las condiciones climáticas, ideales para el cultivo de maíz, frijol, tabaco, tomate, estevia, cebolla, melón, sandía y chile pimiento. Los cuales también son una fuente de empleo para los pobladores, acorde a los meses de cosecha.

Asimismo, la producción pecuaria incluye la crianza de ganado vacuno, porcino y aves. En diversas áreas del municipio también se ha observado el cultivo de tilapia. No obstante, durante los meses más cálidos, como se observó en el 2024 particularmente en marzo y abril, con la llegada de la ola de calor, la producción de tilapia puede verse afectada debido a las altas temperaturas. Sin un control adecuado de la temperatura de las lagunas y manejo riguroso de los productos químicos, es frecuente que se registren pérdidas significativas en la producción.

Además, Río Hondo, cuenta con una notable producción de caña de azúcar, procesada de manera artesanal y comercializada tanto a nivel local como nacional. El municipio también dispone de una zona productiva destinada a actividades industriales y comerciales, ubicada a lo largo de la ruta CA9-Norte, lo que facilita el comercio y la movilidad.



A pesar del considerable potencial económico de Río Hondo, este se ha visto limitado por la falta de normativas que regulen el crecimiento urbano y escaso apoyo a los productores locales. Esto ha impedido aprovechar al máximo las capacidades productivas del municipio, incluyendo la variabilidad climática. Aunque este municipio es un punto estratégico por su ubicación, lo convierte en una potencial parada turística para quienes viajan hacia Chiquimula, Las Verapaces y otros lugares, este potencial ha sido subestimado y desaprovechado.

Fotografía 17 Río Hondo, aldea El Tecolote.

Fuente: Elaboración propia, marzo 2024.

4.5 ASPECTOS FÍSICO NATURALES

4.5.1 FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

El municipio de Río Hondo, posee una fisiografía diversa y montañosa por su ubicación en la región nororiental de Guatemala y su cercanía con la Sierra de las Minas, la cual es considerada como uno de los pulmones del mundo, que abarca el 75.1% de su extensión territorial aproximadamente. El municipio está situado a 220 msnm. Siendo esta una zona de transición entre tierras bajas del Motagua y área montañosa.

4.5.1.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

RELIEVE Y TOPOGRAFÍA: Como se mencionó anteriormente predominan las áreas montañosas al norte con la Sierra de las Minas, por lo que se conoce al municipio como “*Reino Ecológico de Oriente*”. La parte más plana del municipio se ubica en las cercanías con el Río Motagua y parte central del mismo, por donde se ubica la carretera CA9-Norte.

La topografía del municipio es variada, lo cual depende de la ubicación de los centros poblados, por ejemplo, en el caso de la parte alta montañosa, posee topografía accidentada, lo que dificulta el acceso a las comunidades presentes como aldea Morán y Tabacal, necesitando vehículo de doble tracción. La altitud promedio del municipio es de 379 msnm. En las áreas de montaña como la aldea Morán, se alcanzan temperaturas más frescas en comparación la parte baja del municipio, lo que genera una diversidad climática y diversidad de paisajes naturales.

FALLA DEL MOTAGUA: La falla del Motagua es una estructura geológica de gran relevancia que atraviesa Guatemala y el sureste de México, formando parte del sistema de fallas Motagua-Polochic. Esta falla marca el límite tectónico entre la placa de Norteamérica y la placa del Caribe. A lo largo de la historia, esta falla ha sido la responsable de varios eventos sísmicos, siendo el más relevante el terremoto de febrero de 1976. Los habitantes de la región aún recuerdan los graves daños causados, los cuales recuerdan en conversaciones informales, exacerbados por el uso de sistemas constructivos inadecuados, como las viviendas de adobe y teja, que no pudieron resistir el impacto.

Aunque algunas viviendas quedaron en pie después del desastre, en la actualidad no existe una normativa clara que regule el sistema constructivo adecuado, así como un normativo que regule la conservación del estilo arquitectónico colonial, característico de la zona.

SUELOS: Entre los suelos del municipio, predominan los áridos y semiáridos, por su ubicación entre el valle del río Motagua y la Sierra de las Minas, esto favorece para algunas actividades agrícolas como los cultivos de maíz, frijol y melón. El suelo requiere de sistemas de riego para los cultivos constantes debido a las altas temperaturas que afectan la retención de humedad del suelo. Los suelos de las Sierra de las Minas, son los segundos más antiguos de Centro América, compuestos especialmente por rocas paleozoicas. Se considera que son suelos con alta tendencia a erosión por las pendientes que presenta de 40% y 80%, sin embargo, actualmente el municipio no cuenta con estudio de vulnerabilidad.⁴³

⁴³ Deguate.com, “Recursos Naturales de Río Hondo, Zacapa,” Departamentos de Guatemala, acceso 08 de octubre, 2024, [Recursos Naturales de Río Hondo \(dequate.com\)](https://dequate.com).

Entre los tipos de suelo se presentan suelos aluviales en áreas cercanas a ríos y los también se encuentran suelos sobre materiales sedimentarios, ubicados en la región montañosa, caracterizados por su pendiente pronunciada y por ser rocosos.

Además de ello, la región ha sido famosa por sus yacimientos de jade, el cual es apreciado a nivel nacional como internacional y explotado desde tiempos precolombinos.

4.5.2 CLIMA

El clima en Río Hondo, se caracteriza por ser predominantemente cálido y seco en el valle del Motagua, mientras que en las zonas montañosas es más templado. Las temperaturas en el municipio oscilan entre los 31°C y 37°C, con niveles de humedad que varían entre 60% y 80%, especialmente entre los meses de marzo y diciembre, cuando se registra mayor humedad. A pesar de que el calor predomina durante gran parte del año, los meses más calurosos son marzo a junio.

La velocidad promedio del viento fluctúa entre 5 km/h y 10 km/h, siendo inusual que las temperaturas bajen de los 16°C o superen los 36°C. Sin embargo, en el año 2024, se registró una temperatura excepcionalmente alta de 43°C debido a una ola de calor.

En cuanto a precipitación, el municipio recibe un promedio anual de 1200 mm, con las lluvias más intensas concentradas entre los meses de mayo a octubre. La dirección predominante del viento durante todo el año es hacia el norte.

4.5.2.1 ZONAS DE VIDA

El municipio alberga cinco zonas de vida, lo que refleja su notable diversidad ecológica. Estas zonas están clasificadas según el mapa de zonas de vida de Holdridge, que describe los ecosistemas y la vegetación predominante de la región. Las zonas de vida que se encuentran en el municipio son:

- **Monte espinoso subtropical:** Se caracteriza por la presencia de árboles y arbustos espinosos, la cual se encuentra en zonas más bajas y secas.
- **Bosque seco subtropical (valle del Motagua):** Esta zona se encuentra en el valle del Motagua y se caracteriza por tener vegetación de bosque seco con árboles de hoja ancha.
- **Bosque húmedo subtropical templado:** Se encuentra en áreas con mayor altitud y precipitación, con vegetación densa y variada.
- **Bosque muy húmedo subtropical frío:** Se encuentra en las partes más altas como en aldea Tabacal y Morán, donde se percibe un ambiente más frío con vegetación exuberante y húmeda.
- **Bosque pluvial montano bajo subtropical:** Corresponde en donde se ubica la Sierra de las Minas, esta zona posee clima húmedo y vegetación diversa.

La biodiversidad del municipio ha llevado a que se le reconozca como “Reino Ecológico de Oriente”. A continuación, se presenta un mapa de las zonas de vida del municipio, que incluye la ubicación de los centros poblados. El proyecto en cuestión se sitúa en la zona de Bosque húmedo subtropical templado.

4.5.3 COBERTURA FORESTAL

La cobertura forestal del municipio está influenciada por su diversidad de zonas de vida, ya que posee una combinación de ecosistemas que abarcan desde ecosistemas secos hasta áreas más húmedas en las zonas montañosas. Debido a su clima predominantemente árido, la región está compuesta principalmente por bosque seco tropical. El bosque seco tropical, está conformado por árboles y arbustos adaptados al clima seco y cálido, lo que resulta en una vegetación escasa y dispersa. Entre las especies más comunes se encuentran el mezquite (*Prosopis juliflora*), Palo de hule (*Bursera simaruba*) y la acacia (*Acacia farnesiana*). Otra especie común de encontrar son los cactus y suculentas, que también prosperan en condiciones adversas.

Sin embargo, una parte significativa del territorio ha sido afectada por la deforestación principalmente debido a la expansión de actividades agrícolas, lo que ha impactado negativamente la vegetación natural. En los últimos años, se ha reportado varios incendios en la Sierra de las Minas, lo que ha motivado a instituciones como el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Instituto Nacional de Bosques (INAB) y la organización Defensores de la Naturaleza, a implementar acciones para controlar estos incendios y preservar la biodiversidad de la región.⁴⁴ (Ver mapa 2, Áreas Protegidas).

4.5.4 HIDROGRAFÍA

El municipio de Río Hondo cuenta con diversas corrientes de agua entre las que destaca el río Pasabien, una de las fuentes principales del río Motagua. Otras corrientes significativas incluyen el río Tecolote, río Colorado y la cuenca de Jones, entre otras. Estas fuentes hídricas son fundamentales tanto para el riego agrícola como para el abastecimiento de agua potable en las viviendas del municipio. Además, las corrientes de agua de la región tienen la capacidad de generar energía hidroeléctrica. Un ejemplo de ella es la antigua hidroeléctrica en la aldea Panaluya, que fue reubicada a una zona más amplia debido al incremento en la demanda energética y la disminución del caudal original.



Fotografía 18 Antigua hidroeléctrica, Panaluya, Río Hondo.

Fuente: Elaboración propia, mayo 2024.



Fotografía 19 Río Panaluya, Río Hondo, Zacapa.

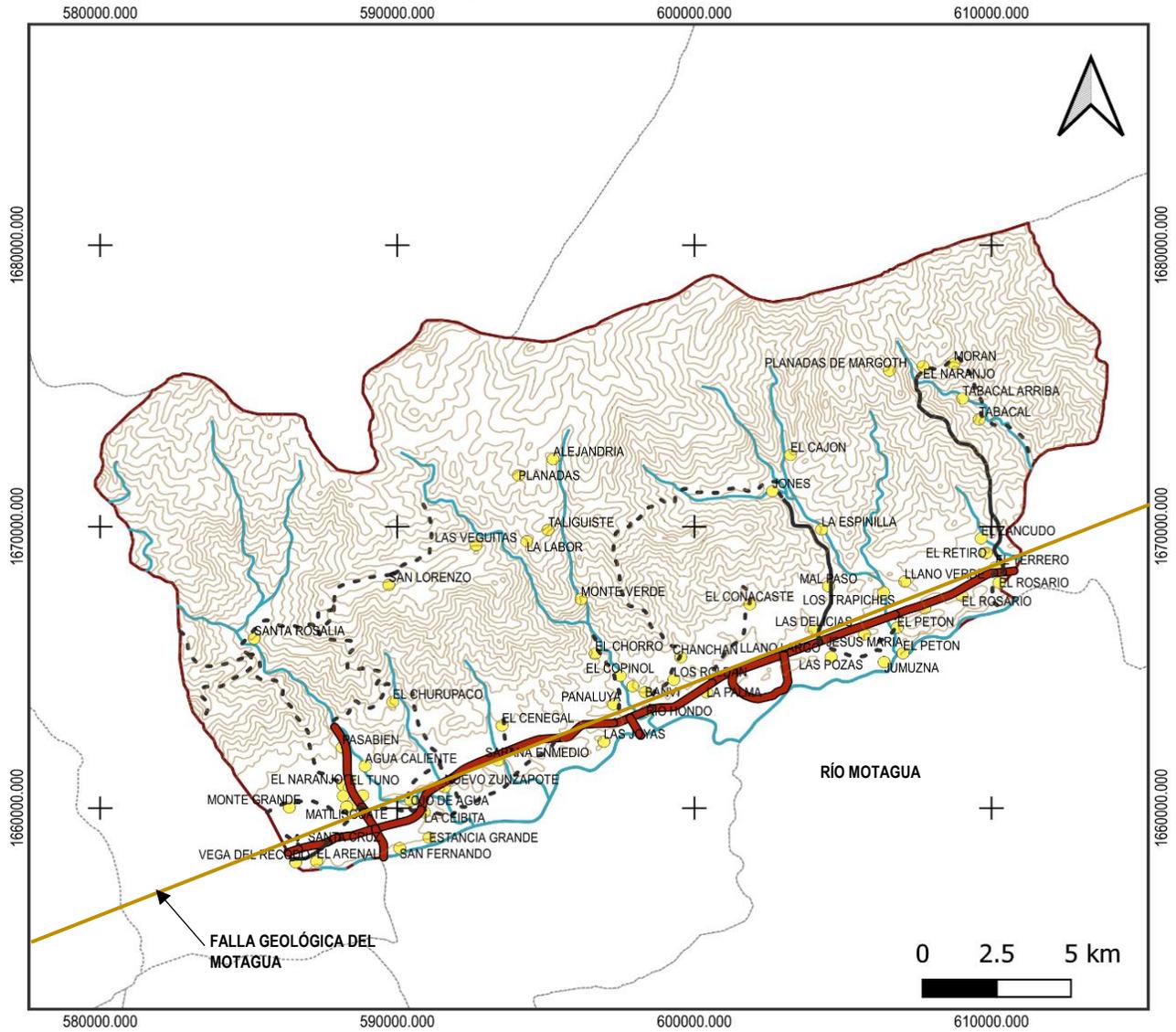
Fuente: Elaboración propia, mayo 2024.

El mal manejo de los desechos líquidos, ha generado que muchas viviendas y comercios dirijan sus aguas residuales hacia los ríos sin ningún tipo de tratamiento previo, lo que incrementa significativamente la contaminación de estos cuerpos de agua. Además, se ha observado una disminución del caudal, especialmente durante los meses más calurosos, lo que ha resultado en la necesidad de racionar el agua en horarios específicos a lo largo del día. A continuación, se presenta un mapa que muestra la ubicación de las quebradas y el

río Motagua, así como la localización de la falla del Motagua.

⁴⁴ Autoridad para el Manejo Sustentable de los Recursos Forestales de la Sierra de las Minas, "Refuerzan acciones para proteger la Sierra de las Minas," AGN, 20 de septiembre de 2023, <https://agn.gt/refuerzan-acciones-para-proteger-la-sierra-de-las-minas/>

MAPA DE RÍOS, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA



FACULTAD DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

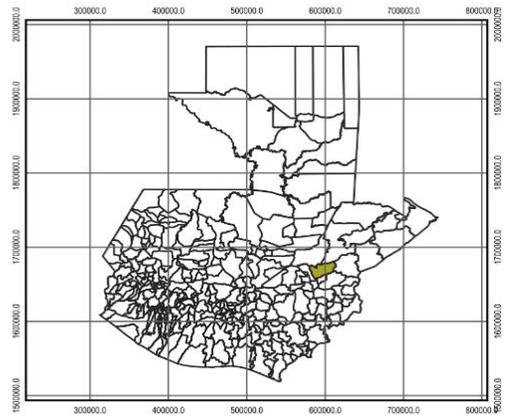
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

SISTEMA DE COORDENADAS GTM ZONA 15.5
DATUM: WGS - 84
OCTUBRE 2024

EDITOR: JANICE SUSANA FLORES OROZCO
PROYECTO DE GRADUACIÓN,
MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA

ESCALA 1:200,000

| LEYENDA | |
|---------|------------------|
| | Curvas de Nivel |
| | Asfaltado |
| | No asfaltado |
| | Veredas |
| | Centros poblados |
| | Ríos |
| | Municipio de Río |
| | Municipios |



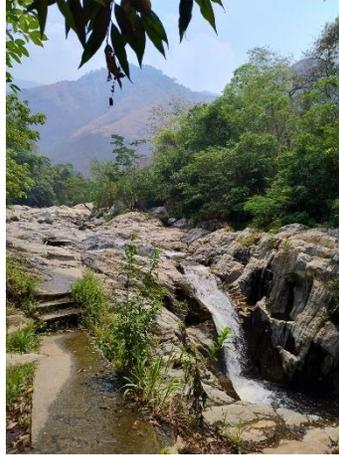
Mapa 3 Ríos y falla geológica del municipio de Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Elaboración propia.



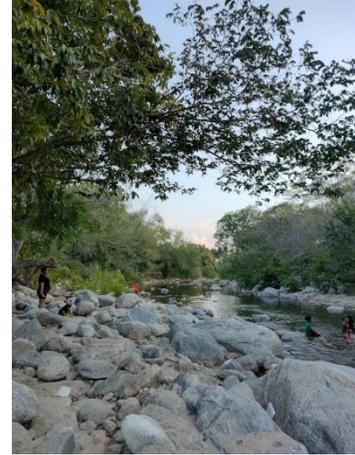
Fotografía 22 Quebrada de río aldea Tabacal, Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Elaboración propia, agosto 2024.



Fotografía 20 Río Pasabien, Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Elaboración propia, mayo 2024.



Fotografía 21 Río el Tecolote, Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Elaboración propia, marzo 2024.

En el municipio de Río Hondo el área protegida más importante corresponde a la Sierra de las Minas, la cual abarca varios municipios en aproximadamente 240 000 hectáreas. Esta área protegida es gestionada por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y su importancia no solo radica en la biodiversidad, sino en que también es una de las principales fuentes de agua de la región. (Ver mapa 3, Áreas protegidas del municipio de Río Hondo, Zacapa)

4.5.5 RIESGOS NATURALES

Los riesgos naturales están relacionados con la posibilidad que la región, o en este caso el municipio, sea afectado por fenómenos naturales adversos que podrían generar pérdidas económicas, daños ambientales y otros efectos negativos. Debido a su ubicación geográfica y condiciones climáticas, el municipio enfrenta diversos riesgos naturales, entre los que se destacan los siguientes:

4.5.5.1 RIESGO SÍSMICO

El municipio de Río Hondo, por su cercanía con la falla del Motagua, presenta una amenaza de actividad sísmica, teniendo implicaciones en la infraestructura, área residencial, planificación urbana y rural del área, por lo que es importante considerar un sistema constructivo adecuado, así como las medidas pertinentes de evacuación de los mismos.

4.5.5.2 INUNDACIONES

Debido a su proximidad con el río Motagua y otras fuentes hídricas, durante la temporada de invierno las lluvias intensas provocan el crecimiento y desbordamiento de los mismos, lo que genera inundaciones en áreas bajas y daño en viviendas. Esta situación se ve agravada por la cercanía del municipio a la Sierra de las Minas, donde nacen varias subcuencas, como las de Pasabien, Río Hondo y Jones, que a su vez dan origen a diversas microcuencas. Durante esta temporada, el aumento del caudal dificulta la movilidad, lo que hace indispensable la construcción de puentes o badenes en muchas partes del municipio.

4.5.5.3 DESLIZAMIENTO DE TIERRA

Al ser un territorio con zonas montañosas, se genera riesgo de deslizamiento especialmente en época de invierno, causando bloqueos en las carreteras, afectar viviendas y dañar infraestructuras locales. El uso inadecuado del suelo y la deforestación aumentan la vulnerabilidad a deslizamientos.

4.5.5.4 SEQUÍAS

Debido al clima cálido y seco que caracteriza al departamento de Zacapa, por lo que, en algunos períodos del año, la escasez de lluvia deriva en sequías prolongadas, que afectan la agricultura como el suministro de agua potable. La falta de vegetación y prácticas agrícolas inadecuadas pueden conducir a la degradación del suelo, siendo vulnerables a la desertificación.

4.5.5.5 INCENDIOS FORESTALES

Durante los meses más secos de marzo a mayo se aumenta el riesgo de incendios forestales debido a las altas temperaturas y la vegetación seca. Este fenómeno, exacerbado por el cambio climático y las actividades humanas, atentan contra la diversidad, economía local y seguridad de los habitantes. En los últimos años se han presentado incendios en las aldeas Mal Paso (2022), El Cenegal (2023), así como en otras partes del territorio.

Asimismo, en el año 2024 se registraron incendios forestales, como el ocurrido en la aldea Santa Rosalía, donde se estima la pérdida de 193 hectáreas de masa vegetal. Además de los factores antrópicos que contribuyen a la propagación de estos incendios, otras causas incluyen malas prácticas agrícolas, fogatas, tala inmoderada, entre otros. Estos incendios también provocan contaminación hídrica y la disminución de nacimientos de agua.

4.5.6 AMENAZAS

El municipio de Río Hondo presenta una serie de amenazas, que, aunque no corresponden únicamente a efectos naturales, atentan contra con la salud y seguridad de los habitantes. Estas amenazas, incluyen factores antrópicos, ambientales y sociales. A continuación, se dan a conocer las principales amenazas que afectan el municipio:

4.5.6.1 AMENAZA POR DESLIZAMIENTO DE TIERRA

La amenaza representa una condición previa o bien un posible evento que puede ser perjudicial para la población, es decir una amenaza puede existir sin convertirse en riesgo. En este apartado la amenaza por deslizamiento de tierra, se encuentra presente en la mayor parte del territorio, debido al área montañosa, poca cobertura vegetal en algunas partes del municipio a causa de sequías, erosión de suelo, entre otros factores que han colocado en riesgo muchas viviendas de la región. Esta amenaza se intensifica en época de invierno, además de viviendas, también puede ocasionar daños en carreteras.

4.5.6.2 AMENAZA POR INUNDACIONES

Como se mencionó en el apartado sobre el riesgo de inundaciones, el municipio enfrenta un constante peligro debido a la cercanía de los poblados a fuentes hídricas, que tienden a desbordarse durante la temporada de lluvias, de mayo a octubre. Entre los principales ríos se encuentran el Motagua, Pasabien y Jones. Además, las deficiencias en los sistemas de drenaje y la falta de una adecuada carpeta de rodadura empeoran la situación, afectando la movilidad y causando inundaciones en

viviendas y comercios. Las áreas más bajas del municipio son las más vulnerables, sufriendo daños en la infraestructura, viviendas y cultivos agrícolas.

Se tiene registro de varias inundaciones significativas, entre ellas la causada por la tormenta tropical Mitch en octubre de 1998. Este fenómeno afectó a todo el municipio, especialmente a las aldeas Jones, La Espinilla y caserío El Cajón, donde muchas personas perdieron sus viviendas. La población fue evacuada y trasladada a la cabecera municipal en helicópteros debido a la formación de lagunas subterráneas. De igual forma, la tormenta Agatha, ocurrida en mayo de 2010, provocó la crecida del río Motagua, causando daños en la agricultura y en las viviendas, afectando a varias comunidades, en particular La Arenera, La Ceibita, Lo de Mejía, Casas de Pinto, Barrio Los Marines y La Pepezca.

4.5.6.3 AMENAZA POR OLAS DE CALOR

Esto se debe a los cambios climáticos y las variaciones extremas de temperatura como la ola de calor registrada en el año 2024, que alcanzó los 44°C, con sensación térmica de 50°C. Estas olas de calor intensifican las sequías y aumentan el riesgo de incendios forestales. Además, afectan las actividades diarias al reducir las horas laborales y provocar la suspensión de clases en algunos centros educativos debido al incremento considerable de las temperaturas.⁴⁵

Asimismo, las altas temperaturas afectaron el rendimiento de los aparatos electrónicos, especialmente los sistemas de refrigeración, que no funcionaban de manera eficiente.

4.5.6.4 AMENAZA POR SISMOS

Debido a su cercanía con la falla del Motagua, una de las más activas del territorio guatemalteco y Polochic al Norte del Municipio, todo el municipio está expuesto a este fenómeno natural. Cabe destacar que muchas de las construcciones del municipio, no cumplen con los estándares sismorresistentes adecuados, lo que aumenta la vulnerabilidad ante un evento sísmico, incluyendo viviendas, escuelas, comercios, entre otras edificaciones.

Estos sismos también pueden desencadenar deslizamientos de tierra, lo que coloca en riesgo caminos, puentes y áreas habitadas en laderas de la montaña. Esto sugiere la implementación de un normativo de construcción que fortalezca la infraestructura y promoción de planes de emergencia a nivel comunitario, no solo para esta amenaza, sino para las otras que tienen incidencia en el municipio.

4.5.6.5 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Como se da el caso en muchos municipios de la República de Guatemala, la inadecuada gestión del vertedero y residuos sólidos representa una amenaza ambiental. El vertedero a cielo abierto y disposición inapropiada de residuos pueden contaminar el suelo, ríos y generar problemas de salud pública, lo que amenaza la biodiversidad y salud de las comunidades.

⁴⁵ Prensa Libre, 44°C en Zacapa: ¿Cómo Viven los Pobladores el Intenso Calor Que Se Ha Prolongado por Más de 10 Días? *Prensa Libre*, julio 4, 2024, <https://www.prensalibre.com/ciudades/zacapa/44-c-en-zacapa-como-viven-los-pobladores-el-intenso-calor-que-se-ha-prolongado-por-mas-de-10-dias-breaking/#:~:text=Seg%C3%BAn%20los%20datos%20recopilados%20por,r%C3%A9cord%20hist%C3%B3rico%20para%20este%20departamento.>

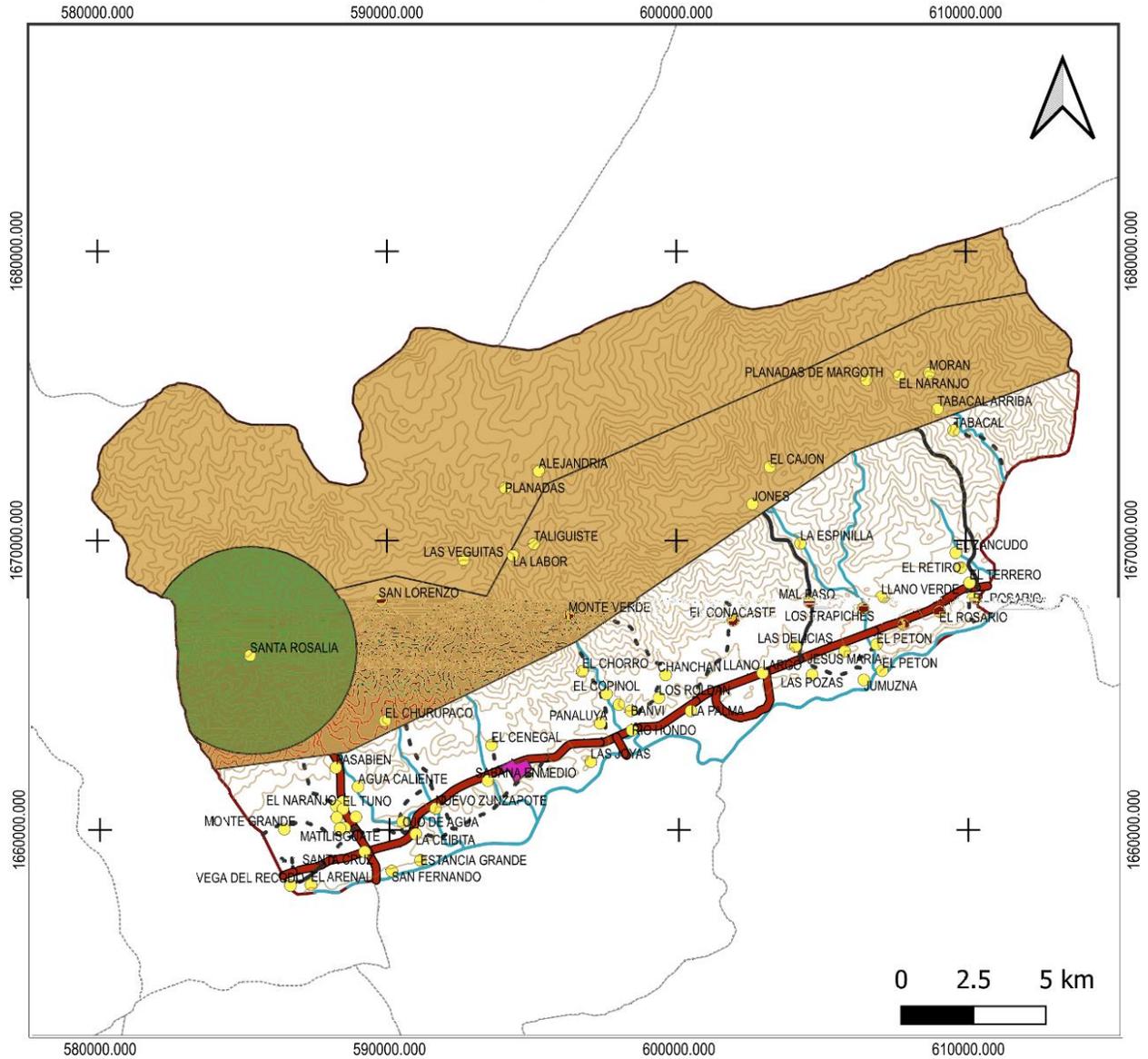
4.5.6.6 DEGRADACIÓN DEL SUELO Y SOBREEXPLOTACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

La sobreexplotación del suelo por prácticas inadecuadas de agricultura puede ocasionar la degradación del suelo, afectando la productividad agrícola y la seguridad alimentaria. La desertificación es una amenaza en la región exacerbada por el cambio climático y la mala gestión del suelo. Además de ello en época de sequía aumenta la demanda de agua, lo que afecta no solo a la agricultura sino también a las comunidades.

Además de ello, la deforestación es una amenaza creciente en el municipio que afecta la biodiversidad y aumentando la vulnerabilidad a deslizamientos y desertificación.

Las microrregiones I, II y III, son vulnerables a vientos fuertes, erosiones, entre otros riesgos (Ver mapa 4, Riesgo de erosión, municipio de Río Hondo, Zacapa). Además de ello, la contaminación de agua es una de las grandes problemáticas que enfrenta el municipio, debido a que muchos drenajes desembocan en el río Motagua, sin un tratamiento previo. Aunado a ello, el crecimiento desmedido de los centros poblados, ha ocasionado una sobreexplotación del recurso hídrico, estas amenazas requieren una respuesta coordinada entre autoridades locales, organizaciones municipales y gobiernos regionales que garanticen la seguridad y bienestar de los habitantes del municipio de Río Hondo.

MAPA DE ÁREAS PROTEGIDAS, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA



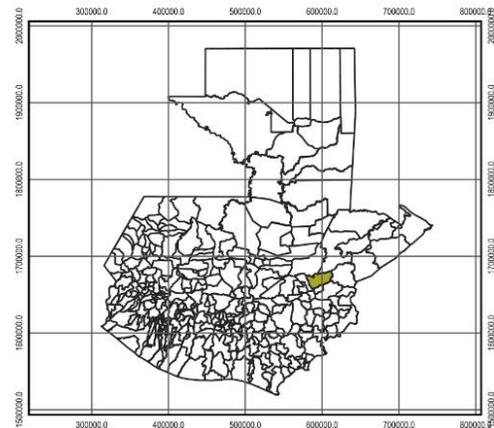
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

SISTEMA DE COORDENADAS GTM ZONA 15.5
DATUM: WGS - 84
OCTUBRE 2024

EDITOR: JANICE SUSANA FLORES OROZCO
PROYECTO DE GRADUACIÓN,
MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA

ESCALA 1:200,000

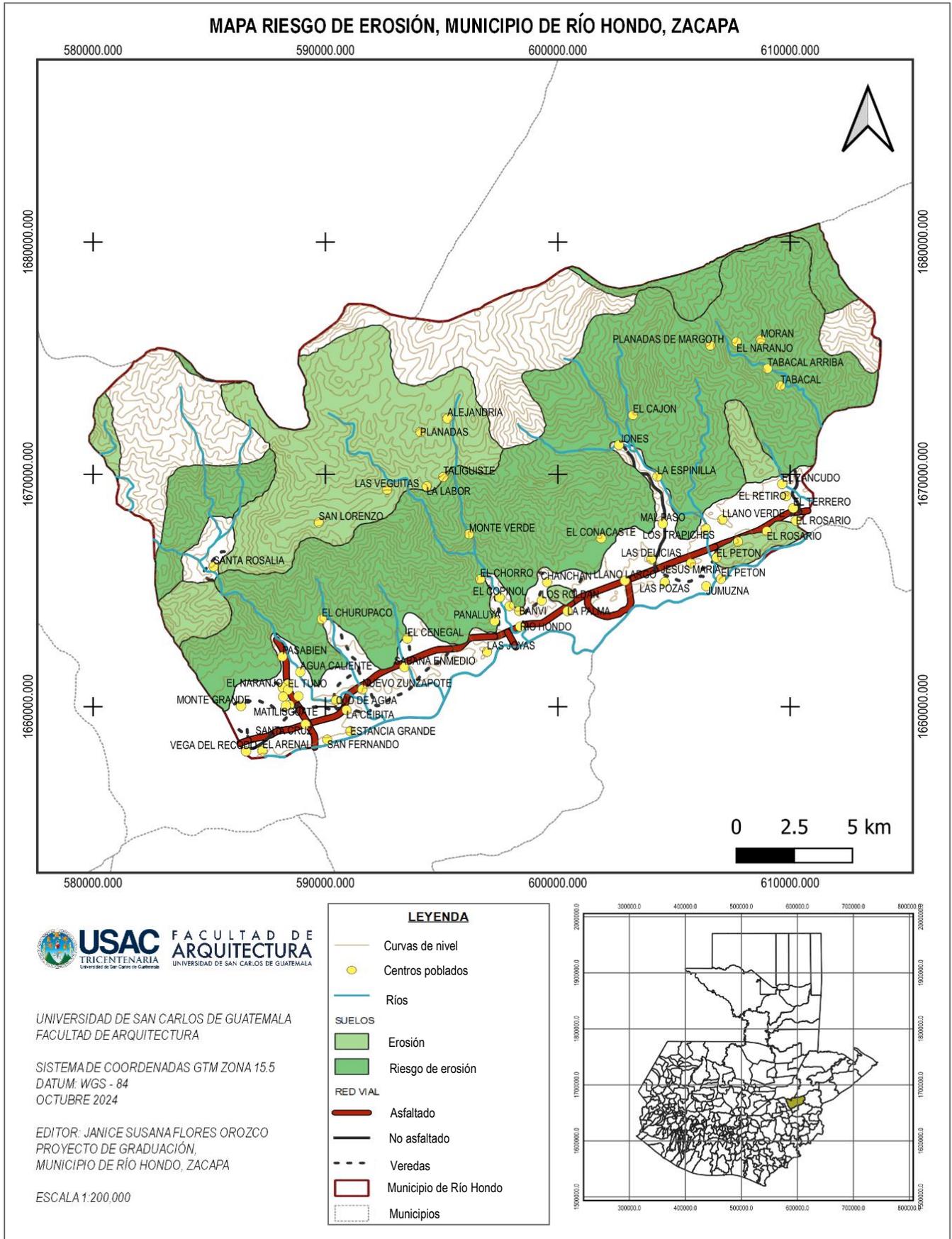
| LEYENDA | |
|------------------|------------------------|
| | Curvas de Nivel |
| | Centros poblados |
| ÁREAS PROTEGIDAS | |
| | Las Flores |
| | Santa Rosalía |
| | Sierra de las Minas |
| RED VIAL | |
| | Asfaltado |
| | No asfaltado |
| | Veredas |
| | Ríos |
| | Municipio de Río Hondo |
| | Municipios |



Mapa 4 Áreas protegidas, municipio de Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Elaboración propia.

MAPA RIESGO DE EROSIÓN, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA



Mapa 5 Riesgo de erosión, municipio de Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.7 ESTRUCTURA URBANA

La estructura urbana se refiere a la organización física y funcional del área urbana, integrando los distintos elementos que la componen, como calles, plazas, edificios, áreas verdes, infraestructura y espacios públicos. Al definir esta estructura, definimos como es la interacción entre los usuarios y su entorno, lo que permite planificar de manera eficiente y adecuada el espacio urbano. A continuación, se detallan algunos de los elementos clave que conforman la estructura urbana del municipio.

4.5.7.1 CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO CONSTRUÍDO

El paisaje forma parte de la superficie terrestre que nace como resultado de la interacción de factores naturales como antrópicos, que cuenta con un reflejo visual en el espacio. Como se ha dado a conocer anteriormente, en los factores físico naturales del municipio, Río Hondo, está situado en una zona de transición entre áreas montañosas de Zacapa y Valle del Motagua, lo que genera diferentes escenarios de valorización y fragilidad visual.

A continuación, se presentan algunas fotografías tomadas desde distintos puntos del municipio, con el objetivo de proporcionar una mejor comprensión del paisaje urbano construido.

PARQUE MUNICIPAL – BARRIO EL CENTRO



1. Características intrínsecas.
2. Características entorno inmediato (Colonia municipal Cerrito Colorado).
3. Fondo escénico (Sierra de las Minas).

Fotografía 23 Parque municipal, barrio el centro, municipio de Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Elaboración propia.

Características intrínsecas: el área cuenta con vegetación en el parque municipal, ubicación de la iglesia considerada patrimonio cultural, edificaciones residenciales de uso mixto predominantemente de mampostería y algunas viviendas de adobe. Los techos varían entre teja, lámina y losa y la calle está pavimentada.

Valorización de la calidad y fragilidad visual: el paisaje posee buena calidad visual gracias al fondo escénico que ofrece la Sierra de las Minas. Sin embargo, durante la época de verano, la vegetación es vulnerable a escasez de agua. Además, se observa la falta de una palera de color que armonice con la iglesia, debido a que es considerada patrimonio cultural, así como la carencia de áreas adecuadas para circulación peatonal de manera segura.



Fotografía 24 Aldea Jones
Fuente: Elaboración propia.

Características intrínsecas: viviendas de mampostería, con estilo ecléctico, techos de teja y calle pavimentada, no cuenta con acera peatonal debido a lo estrecho de las calles teniendo solo un carril para circular en ambos sentidos, lo que perjudica la movilidad.

Valorización de la calidad y fragilidad visual: en el fondo escénico se logra observar parte de la Sierra de las Minas, sin embargo, el alumbrado público interfiere en la visualización, convirtiéndose en un elemento de contaminación visual.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Características intrínsecas. 2. Características entorno inmediato. 3. Fondo escénico (Sierra de las Minas). |
|--|



Fotografía 25 Carretera CA-9
Fuente: Elaboración propia.

Características intrínsecas: la carretera CA-9 conecta con varias aldeas del municipio de Río Hondo. Al encontrarse en la parte baja del Motagua, el paisaje presenta una menor cantidad de masa vegetal en comparación con los centros poblados ubicados en zonas montañosas. A lo largo de la ruta, se observan numerosos comercios, de los que la mayoría no respetan el derecho de vía.

Valorización de la calidad y fragilidad visual: el fondo escénico carece de áreas montañosas visibles, mientras que el alumbrado público interfiere con el paisaje, generando contaminación visual. Además, se observa la presencia de desechos sólidos a lo largo de la carretera, lo que contribuye a la degradación ambiental de la zona.



Fotografía 26 Aldea Panaluya
Fuente: Elaboración propia.

Características intrínsecas: la aldea Panaluya tiene un uso de suelo predominante habitacional, debido a su proximidad al casco urbano. En el lugar se observan casas construidas mayormente con madera, techos de lámina y mampostería. La mayoría de las viviendas es de un solo nivel, además cuentan con una calle adoquinada que sirve para el tránsito en ambos sentidos.

Valorización de la calidad y fragilidad visual: el fondo escénico predomina las montañas de la Sierra de las Minas. Durante la época de verano, el paisaje pierde vegetación debido a las altas temperaturas, característico de la zona de vida.

4.5.7.2 IMAGEN URBANA

Los espacios públicos como el parque, iglesia, municipalidad, así como algunas viviendas del casco urbano, representan elementos clave de la identidad urbana. Sin embargo, en los últimos años, se ha observado el predominio de construcciones de estilo contemporáneo y ecléctico en detrimento del estilo colonial que antes caracterizaba el área. Este cambio se debe en parte a la influencia de habitantes que han migrado a otros departamentos o bien a Estados Unidos en busca de mejores oportunidades laborales y que, al regresar, se ven influenciados por estilos arquitectónicos observados en otros lugares. Un claro ejemplo de esto es la aldea Jones y las Delicias, así como otras zonas del municipio.



Fotografía 27 Iglesia de Jones, aldea Jones.

Fuente: Elaboración propia.

Además, la falta de una normativa de construcción que promueva la conservación del patrimonio ha dado lugar a una mezcla de tipologías arquitectónicas en el municipio. La rápida urbanización también contribuye a la transformación del entorno, impactando la cohesión de la identidad urbana.

En el municipio se observan otros elementos naturales que fortalecen la identidad de Río Hondo como el río que da nombre al municipio y la Sierra de las Minas de donde surge su denominación como el “Reino Ecológico de Oriente”. Estos recursos naturales son fundamentales para la identidad rihondana y deberían ser preservados e integrados en el desarrollo del municipio para fortalecer el sentido de pertenencia y la identidad local.

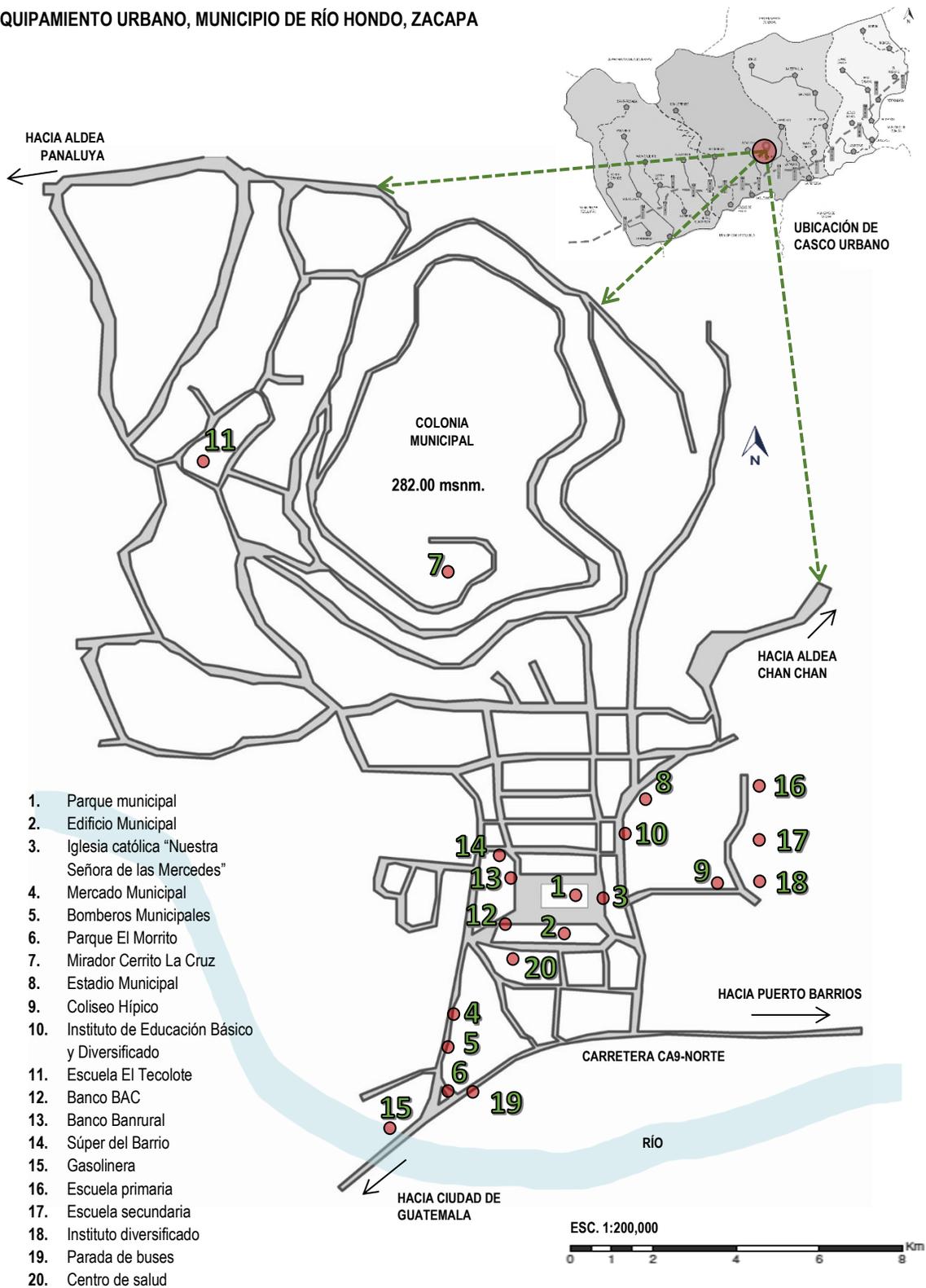
4.5.7.3 EQUIPAMIENTO URBANO

La cabecera municipal de Río Hondo Zacapa, dispone de una variedad de servicios básicos y de infraestructura. Sin embargo, al ser una comunidad pequeña y enfocada en lo rural, su equipamiento urbano es limitado en comparación con la cabecera departamental. Diariamente muchos de los habitantes viajan a la cabecera departamental en busca de atención médica, educación, recreación, entre otros servicios.

Como parte del equipamiento urbano de salud, el municipio cuenta con un centro de salud tipo B. En cuanto a educación, dispone de dos escuelas primarias, una secundaria y un instituto a nivel diversificado. El municipio presenta carencia de espacios públicos, debido a que actualmente solo posee el parque municipal, parque El Morrito, ubicado en la entrada del casco urbano y conocido coloquialmente como “El Manguito” y el mirador Cerrito Colorado, también llamado “La Cruz”.

Dentro del equipamiento urbano complementario, se encuentra el Palacio Municipal, la estación de bomberos, estación de PNC y el mercado municipal. Desde la ampliación del Palacio Municipal en el año 2018, el salón municipal ha sido utilizado para diversas actividades, beneficiando a los habitantes del municipio y albergando también varias oficinas administrativas.

EQUIPAMIENTO URBANO, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA



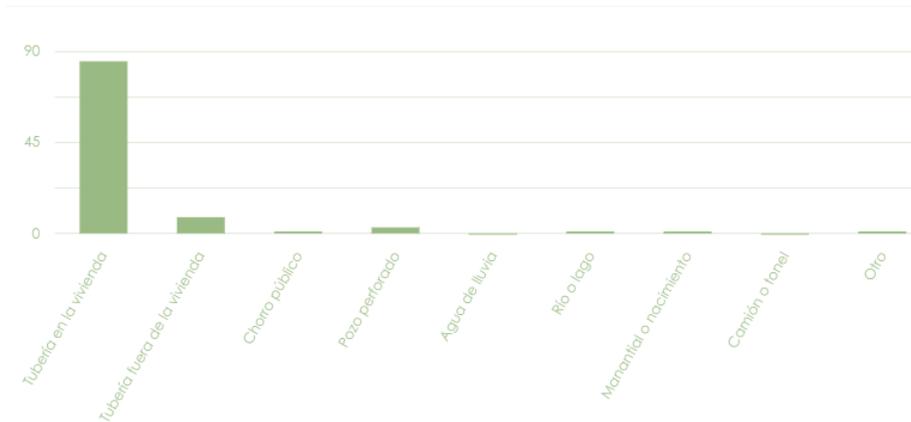
1. Parque municipal
2. Edificio Municipal
3. Iglesia católica "Nuestra Señora de las Mercedes"
4. Mercado Municipal
5. Bomberos Municipales
6. Parque El Morrito
7. Mirador Cerrito La Cruz
8. Estadio Municipal
9. Coliseo Hípico
10. Instituto de Educación Básico y Diversificado
11. Escuela El Tecolote
12. Banco BAC
13. Banco Banrural
14. Súper del Barrio
15. Gasolinera
16. Escuela primaria
17. Escuela secundaria
18. Instituto diversificado
19. Parada de buses
20. Centro de salud

Mapa 6 Equipamiento urbano, municipio de Río Hondo, Zacapa.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.8 SERVICIOS BÁSICOS

4.5.8.1 AGUA POTABLE

La red de distribución de agua potable que abastece a la población del municipio, fue construida hace 30 años por la Dirección General de Obras Públicas. Actualmente, la Dirección Municipal de Planificación (DMP) ha implementado proyectos para mejorar este servicio. Según datos proporcionados por el Censo Nacional del INE año 2018, indica que el 85% de la población cuenta con suministro de agua potable a través de tuberías, un servicio que se ve favorecido por los recursos hídricos disponibles en varias partes del municipio.

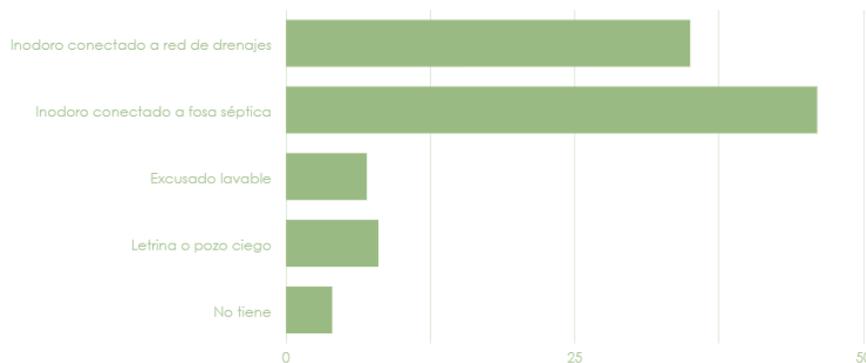


Gráfica 10 Fuente principal de agua para consumo.

Fuente: INE, 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de vivienda.

4.5.8.2 DRENAJES

La red de alcantarillado ha sido proporcionada principalmente en el caso urbano del municipio, mientras que en el área rural su cobertura es limitada. Ante la falta de este servicio, muchas viviendas se ven en la necesidad de construir fosas sépticas, letrinas o pozos ciegos, estos últimos contribuyen a la contaminación de los recursos hídricos del municipio. Por ello, es fundamental mejorar la red de alcantarillado para proteger el medio ambiente y salvaguardar la salud de los habitantes.

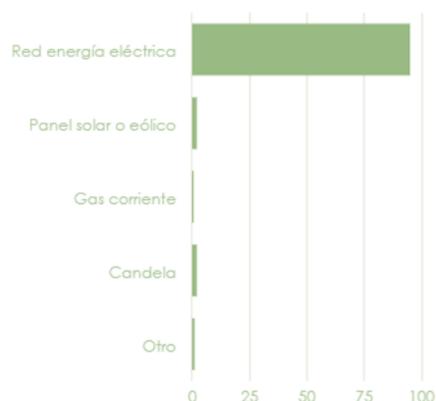


Gráfica 11 Tipo de servicio sanitario.

Fuente: INE, 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de vivienda.

4.5.8.3 ENERGÍA ELÉCTRICA

Entre las potencialidades del municipio destaca la generación de energía mediante hidroeléctricas, gracias a su riqueza natural representada especialmente por los ríos Pasabién, Colorado y Panaluya, que han sido utilizados para el suministro eléctrico. Acorde a datos del Censo Nacional INE del año 2018, el 95% de la población cuenta con servicio de energía a través de la red eléctrica. Sin embargo, en los últimos años ha aumentado la instalación de paneles solares, con el fin de aprovechar el recurso solar disponible.



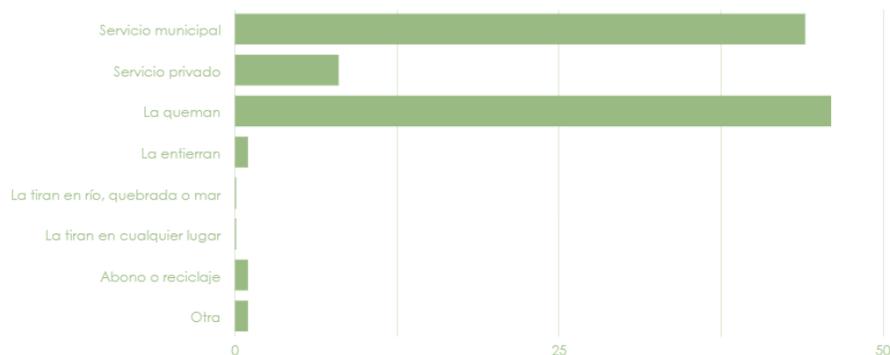
Gráfica 12 Tipo de alumbrado.

Fuente: INE, 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de vivienda.

4.5.8.4 DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

En el municipio de Río Hondo el servicio de recolección de desechos cubre al 44% de la población, mientras que el servicio privado cubre al 8%. Sin embargo, una de las problemáticas principales es la inadecuada gestión de los desechos sólidos, lo que lleva a que gran parte de la población recurra a prácticas como la quema, entierro o el abandono de sus desechos en distintas partes del municipio, generando focos de contaminación y afectando la preservación de los recursos naturales.

Actualmente, la recolección de basura domiciliaria no incluye la separación de residuos y al llegar al vertedero municipal, los desechos tampoco reciben un manejo adecuado. Es necesario implementar medidas que permitan el aprovechamiento de los residuos, como el uso de desechos orgánicos que podrían beneficiar la agricultura local.



Gráfica 13 Forma principal de eliminación de la basura.

Fuente: INE, 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de vivienda.

4.5.8.5 TELECOMUNICACIONES

El municipio cuenta con un sistema de telecomunicaciones que abarca el área del valle como las zonas montañosas, proporcionando servicios de telefonía e internet. La cobertura y conexión es más amplia en el casco urbano, en contraste con algunas áreas rurales donde el servicio puede ser limitado. Como se observa en la gráfica de uso de internet del Censo Nacional, INE 2018, el 29% de la población utiliza internet, y se observa acceso a tecnologías de información y comunicaciones en su mayoría.



Gráfica 14 Uso de internet en el municipio de Río Hondo.

Fuente: INE, 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda.



Gráfica 15 Uso de TIC, municipio de Río Hondo.

Fuente: INE, 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda.

4.5.9 TRAZA URBANA

Debido a la topografía accidentada del municipio y la falta de una planificación territorial adecuada, han dado lugar a una configuración de aldeas en un sistema tipo “plato roto”. Sin embargo, la estructura urbana también se organiza en torno a una vía principal, la carretera CA-9 Norte, que se ramifica hacia las distintas aldeas a través de vías secundarias, creando un patrón de crecimiento urbano lineal.

| SISTEMA LINEAL EN EL MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA | |
|---|--|
| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
| Se pueden añadir vías secundarias sin modificar la estructura básica, es fácil controlar su desarrollo y forma, así como orientación. Se adapta al transporte público, a condiciones difíciles de topografía, es de sencilla urbanización e instalación de infraestructura. | Las actividades y servicios básicos cada vez son más dispersos el paisaje se vuelve monótono al no existir variación considerable en su forma, también se puede dar problemas de tránsito al no existir muchas alternativas. Sino se tiene un control de ordenamiento, puede crecer desenfrenadamente. |

| SISTEMA DE PLATO ROTO EN EL MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA | |
|--|--|
| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
| Crea interesantes plazas, secuencias, predios. Se adapta a la topografía, genera alternativas de orientación de lotes. | Es más complicada su planeación, debido a que no existen terrenos homogéneos. Puede llegar a ser confusa su orientación para los pobladores. Dificulta el tránsito, propiciando el congestionamiento, así como es más difícil jerarquizar su vialidad. |

4.5.10 USOS DE SUELO

En la actualidad el municipio de Río Hondo, no cuenta con una normativa sobre uso de suelo y conservación de áreas de cultivo. Tomando en consideración las características biofísicas, sociales, ambientales, el Plan de Ordenamiento Territorial PDM-OT 2019 – 2032 del municipio, define cuatro categorías importantes del uso de suelo actual en el territorio:

- **Categoría urbana:** en esta categoría se encuentra la combinación de vivienda multifamiliar, unifamiliar y comercio, a su vez, se encuentran diferentes equipamientos urbanos para recreación, cultural, educación superior, religión, cementerios, entre otros como el caso del comercio temporal, como el utilizado para feria y actividades culturales.
- **Categoría de Expansión urbana:** tal como lo indica el PDM-OT esta categoría por ser el espacio más próximo al área urbana, está expuesto a mayor presión en su uso, por tal motivo es importante regularizar el uso de suelo, especialmente en áreas de riesgo.
- **Categoría Rural:** posee baja densidad poblacional a comparación del área urbana, dedicada especialmente a los cultivos.
- **Protección y uso especial:** se caracteriza por contar con construcciones mayores en el área urbana y rural del municipio, viviendas y servicios. (Ver mapa 5: Uso futuro de suelos del territorio, municipio de Río Hondo, Zacapa).

4.5.11 RED VIAL

4.5.11.1 VÍAS DE ACCESO AL MUNICIPIO DE RÍO HONDO

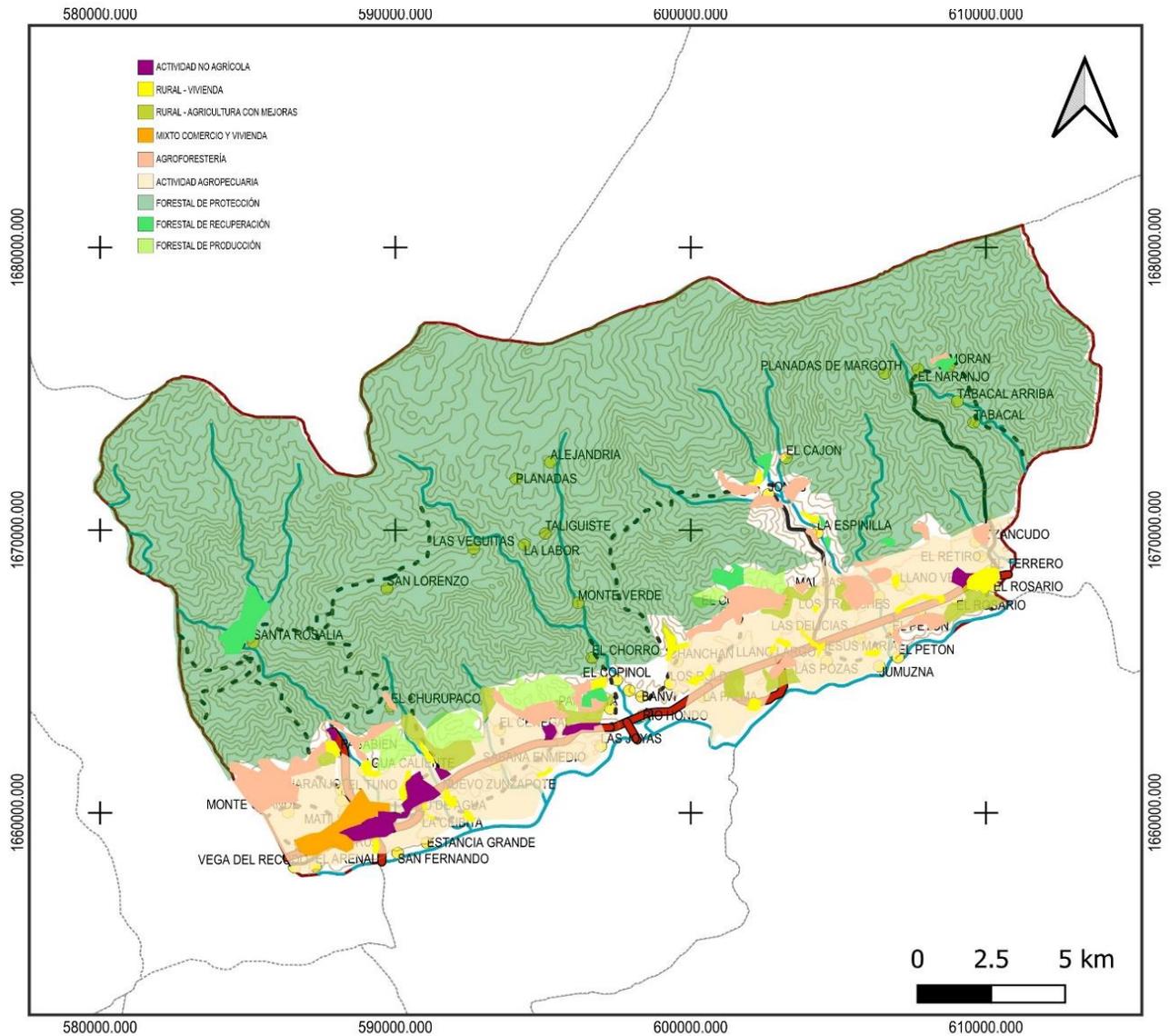
El municipio de Río Hondo se ubica sobre la Carretera CA9- Norte, una de las principales carreteras del país, que conecta la ciudad de Guatemala con las fronteras de El Salvador y Honduras, así como el norte de Guatemala con México y ambos puertos del país. Situado en el kilómetro 136, Río Hondo cuenta con una red vial organizada a partir de la CA-9 Norte, debido a que permite la conexión con aldeas y caseríos del municipio, aunque algunas de estas vías presentan condiciones menos favorables debido a la topografía accidentada del municipio. En los últimos años se ha mejorado considerablemente la infraestructura vial, por parte de proyectos implementados por la Municipalidad de Río Hondo, en varias aldeas del municipio.

4.5.11.2 TRANSPORTE

Además de la opción de llegar en vehículo particular, el municipio cuenta con estaciones de autobuses de transportes privados, como Rutas Orientales y Litegua, los cuales se pueden abordar desde Centra Norte en la Ciudad de Guatemala y, en el caso de Litegua, también desde la zona 1. Al llegar a Río Hondo, los autobuses realizan una parada en el área conocida como “El Cruce” o “El Aripín”. Desde allí, los pasajeros pueden abordar un mototaxi que los conduce hacia el casco urbano del municipio o abordar un microbús hacia otros municipios de Zacapa.

La ubicación estratégica de Río Hondo facilita la conexión con diversos puntos del oriente del país, una ventaja que podría potencializarse. En las aldeas, los habitantes suelen trasladarse en mototaxis o microbuses, que operan hasta aproximadamente las seis de la tarde. Actualmente, la tarifa de los microbuses que conectan con el casco urbano de Río Hondo, con la cabecera departamental es de Q 10.00.

MAPA DE USOS DE SUELO, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

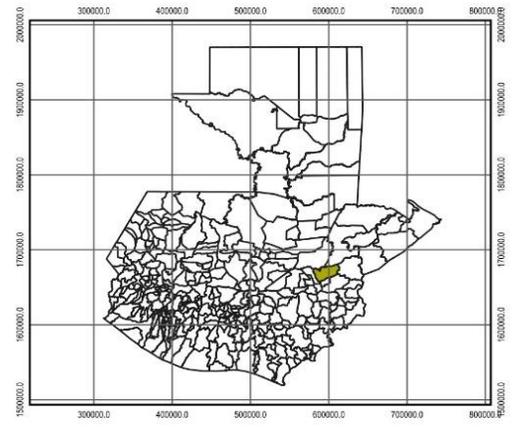
SISTEMA DE COORDENADAS GTM ZONA 15.5
DATUM: WGS - 84
OCTUBRE 2024

EDITOR: JANICE SUSANA FLORES OROZCO
PROYECTO DE GRADUACIÓN,
MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA

ESCALA 1:200,000

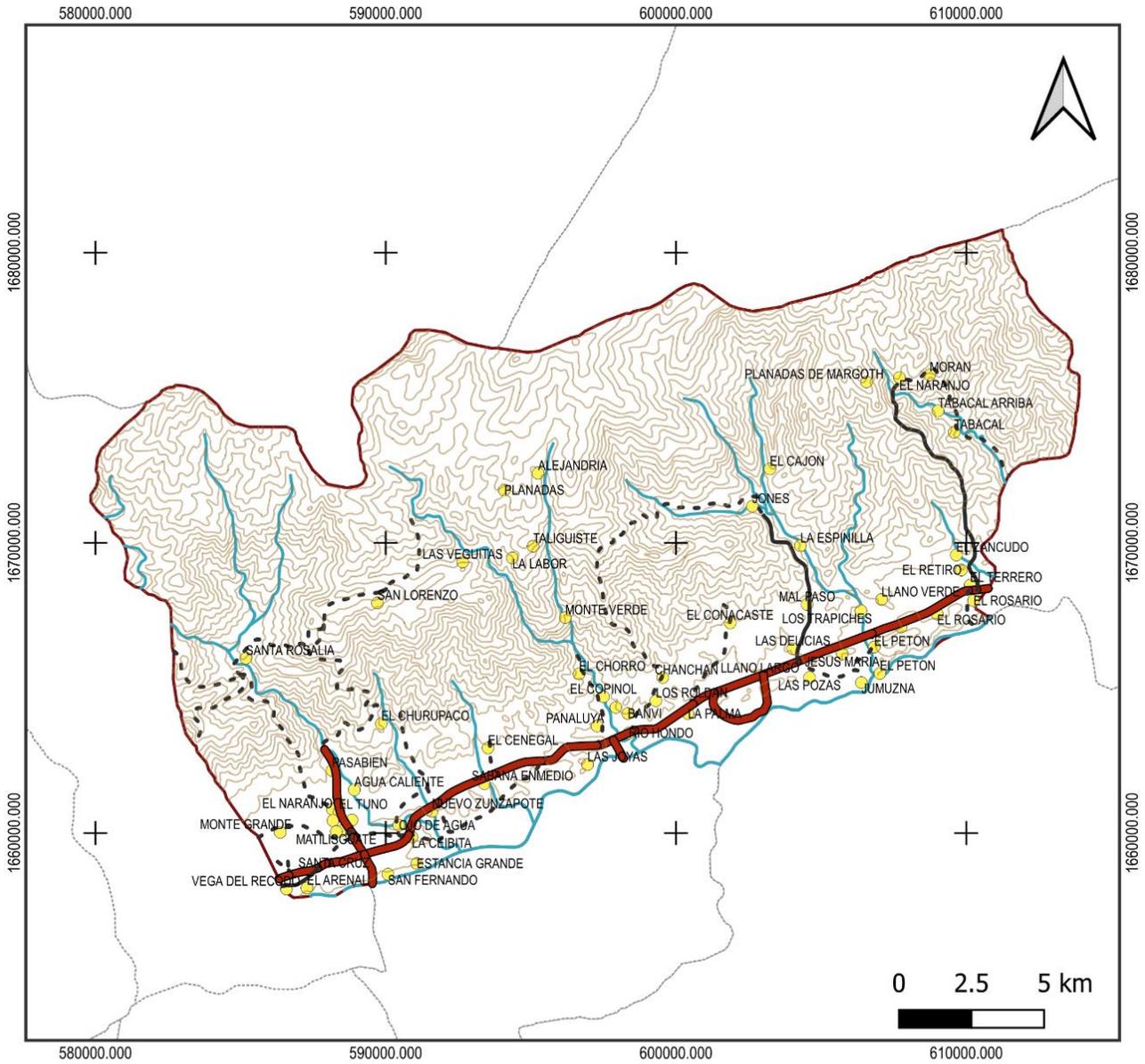
LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL
- RED VIAL
 - Asfaltado
 - No Asfaltado
 - - - Veredas
- CENTROS POBLADOS RIO HONDO
- RIOS
- ▭ MUNICIPIO RIO HONDO
- ▭ municipios



Mapa 7 Uso futuro de suelos del territorio, municipio de Río Hondo, Zacapa.
Fuente: Elaboración propia, con base en información recopilada del PDM-OT 2019-2032 página 66.

MAPA DE RED VIAL, MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA

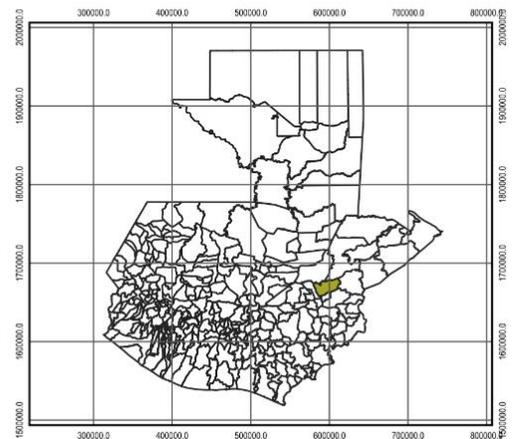


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

SISTEMA DE COORDENADAS GTM ZONA 15.5
DATUM: WGS - 84
OCTUBRE 2024

EDITOR: JANICE SUSANA FLORES OROZCO
PROYECTO DE GRADUACIÓN,
MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA

ESCALA 1:200,000



Mapa 8 Red vial del municipio de Río Hondo, Zacapa.

Fuente: Elaboración propia.

4.6 ANÁLISIS DE SITIO

4.6.1 UBICACIÓN Y ACCESO

El sitio se encuentra en la aldea Panaluya a 1.5 km del casco urbano de Río Hondo, Zacapa sobre la carretera CA-9 Norte, a 136 km de la Ciudad de Guatemala. Sus coordenadas geográficas son Latitud: 15° 2' 13.52" N, Longitud: 89° 36' 46.39" W. El terreno colinda con un área boscosa y con las instalaciones de la papelería internacional.

El terreno se ubica en la cabecera municipal de Río Hondo y abarca una superficie total de **69 482.24 m²**, equivalente a 9.85 mz. Esta área es el resultado de la unificación de tres sectores: el terreno inicial proporcionado por la municipalidad de 21 169 m², un terreno adicional de 26 143.24 m² incorporado tras la investigación y diagnóstico de los residuos generados en el municipio, y el área correspondiente al vertedero municipal existente, que ocupa 22 170 m².

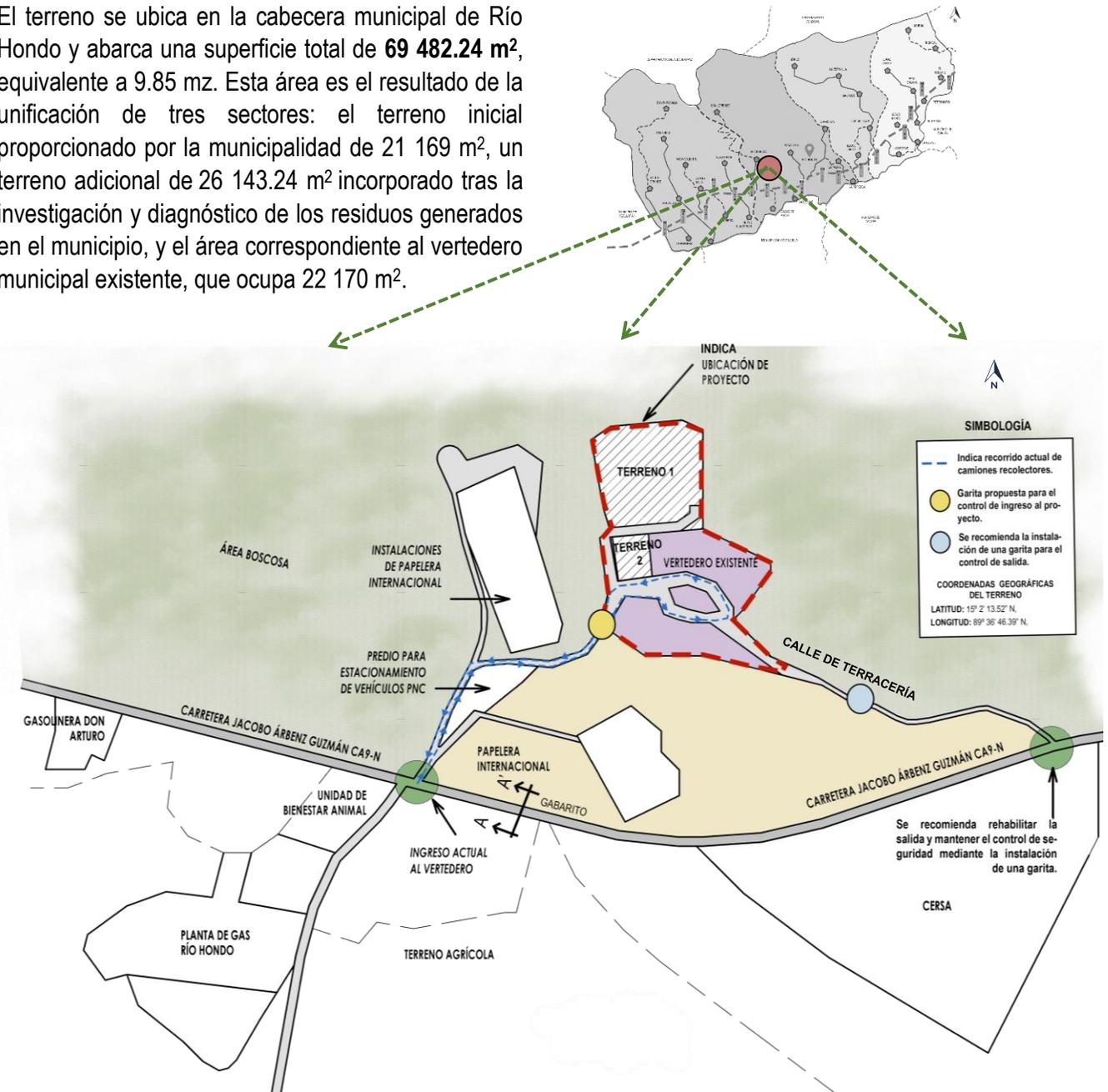


Ilustración 33 Ubicación del terreno y accesos.

Fuente: Elaboración propia.

INGRESO EXISTENTE AL VERTEDERO



Ilustración 34 Ingreso actual al vertedero municipal.

Fuente: Google maps.

El terreno cuenta con un único acceso desde la carretera CA9-Norte, y carece de una garita de seguridad. Actualmente, el sitio no dispone de servicios de energía eléctrica ni agua potable y está expuesto a riesgos naturales, como la erosión y a riesgos sociales como violencia. Al ser un área sin control de acceso, se han generado inconvenientes en varias ocasiones que han afectado especialmente a las instalaciones de la papelería internacional, colindante al vertedero, por esta razón, una de las salidas fue deshabilitada, dejando únicamente el acceso principal.

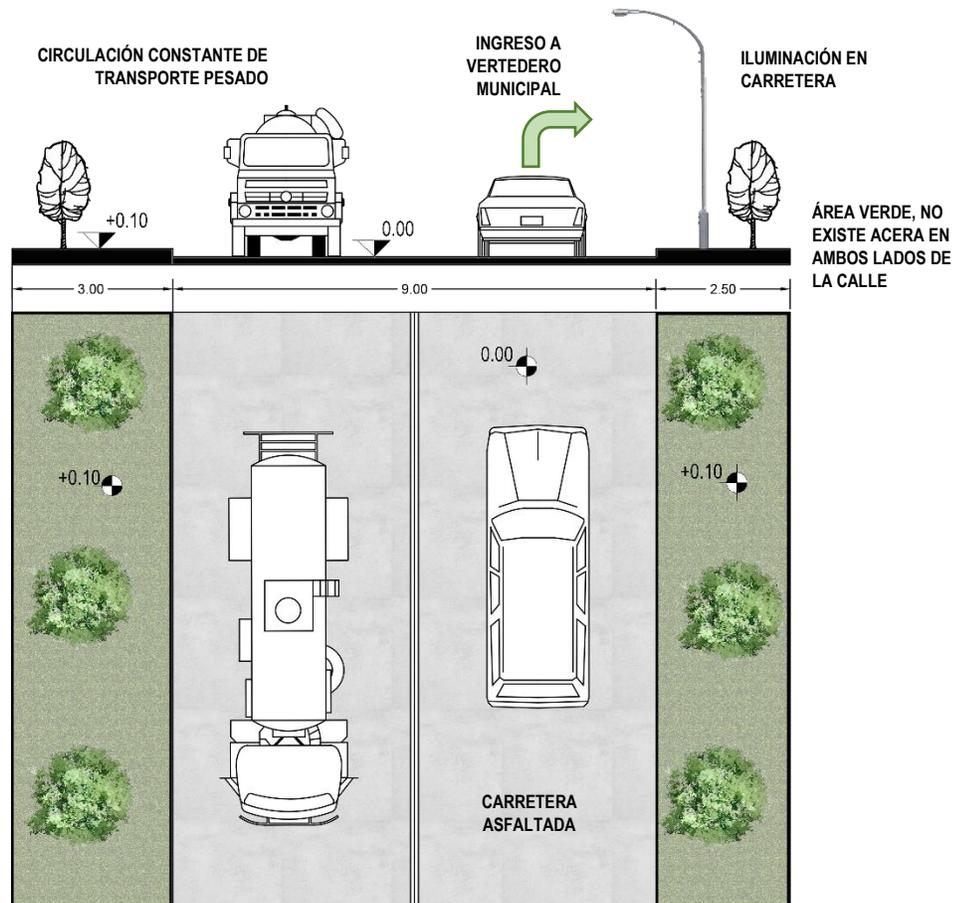
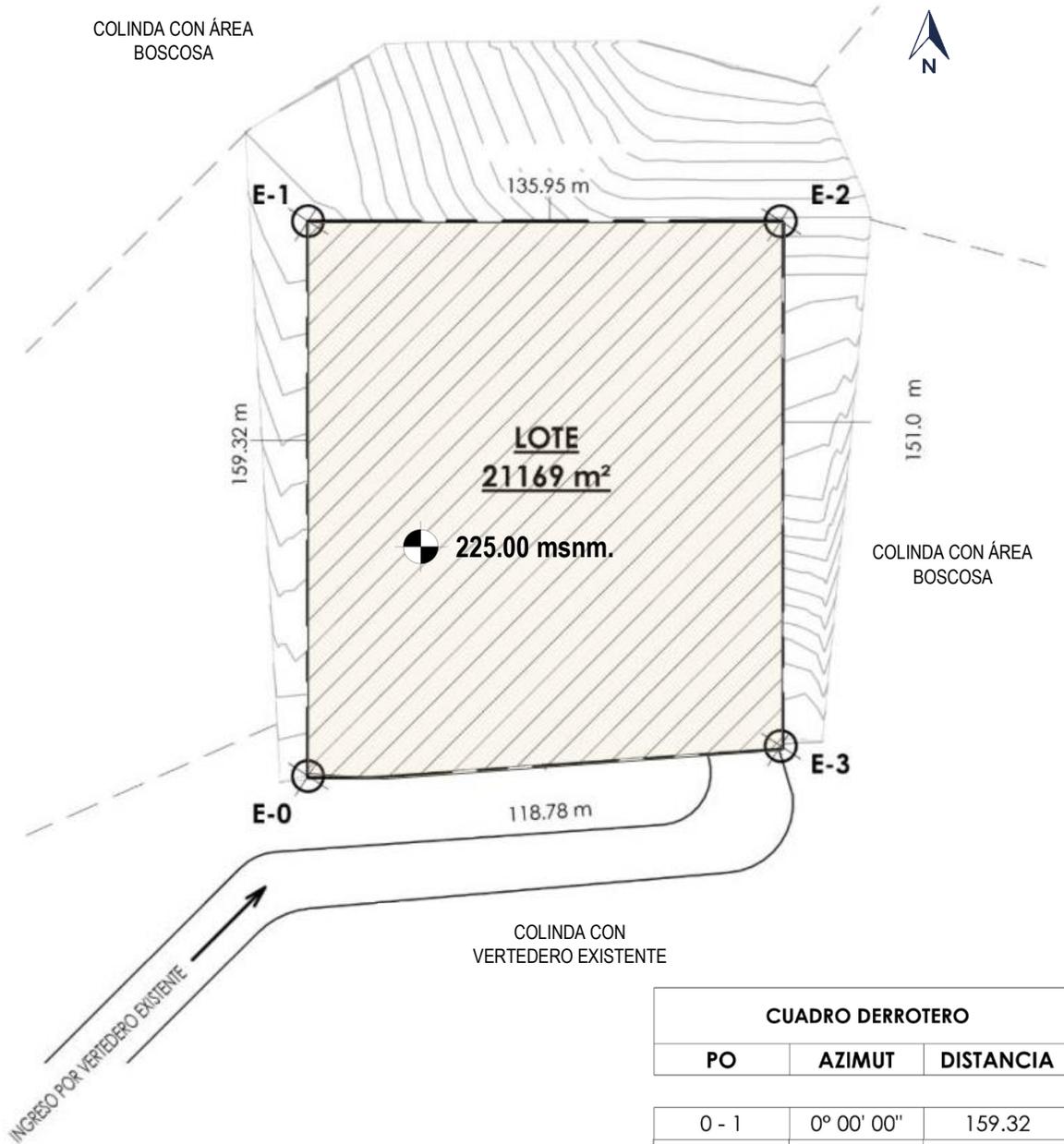


Ilustración 35 Gabarito actual de ingreso a vertedero por carretera CA-9N.

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2 DIMENSIÓN DEL TERRENO

A continuación, se muestra el polígono del terreno 1 con una superficie de 21 169 m² y un perímetro de 565.05 m².



| CUADRO DERROTERO | | |
|------------------|--------------|-----------|
| PO | AZIMUT | DISTANCIA |
| 0 - 1 | 0° 00' 00" | 159.32 |
| 1 - 2 | 90° 00' 00° | 135.95 |
| 2 - 3 | 180° 00' 00° | 151.00 |
| 3 - 0 | 266° 00' 00° | 118.78 |

Ilustración 36 Dimensiones del terreno.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el polígono del terreno 2 con una superficie de 26 143.24 m² y un perímetro de 643.75 m².

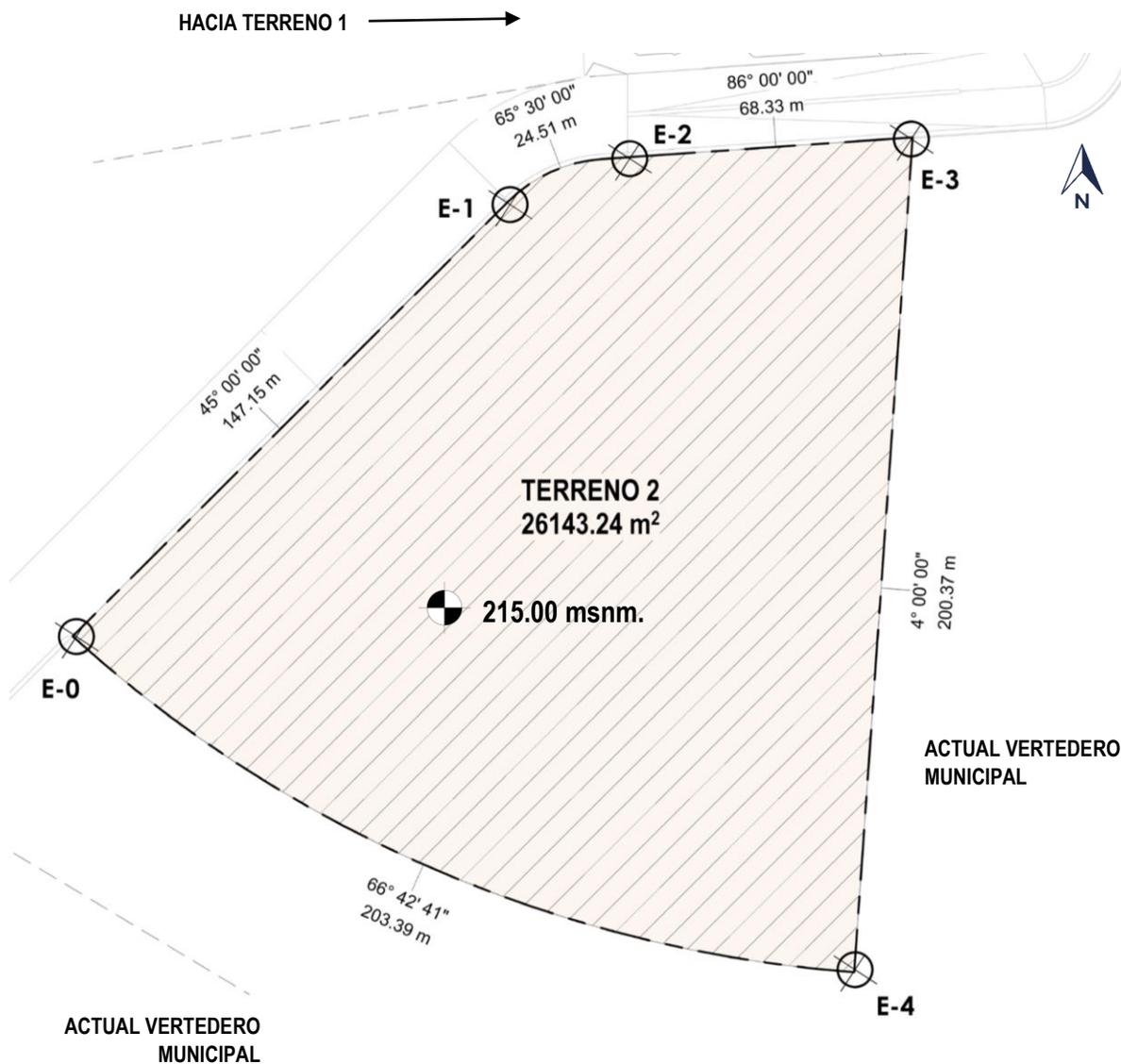


Ilustración 37 Dimensiones del terreno 2.

Fuente. Elaboración propia.

| CUADRO DERROTERO | | |
|------------------|-------------|-----------|
| PO | AZIMUT | DISTANCIA |
| 0--1 | 45° 00' 00" | 147.15 M |
| 1--2 | 65° 30' 00" | 24.51 M |
| 2--3 | 86° 00' 00" | 68.33 M |
| 3--4 | 4° 00' 00" | 200.37 M |
| 4--0 | 66° 42' 41" | 203.39 M |

4.6.3 TOPOGRAFÍA

De acuerdo con la información recopilada en el análisis, el terreno se encuentra en una zona montañosa del municipio, sin embargo, no está dentro de un área protegida y forma parte de la zona de vida bosque húmedo subtropical templado. La pendiente del terreno oscila entre 7.00% y 18.00%, y cuenta con un acceso adecuado desde el vertedero municipal, lo que optimizaría el traslado de desechos no reutilizables para su tratamiento adecuado al vertedero. Actualmente el terreno posee uso forestal de protección.

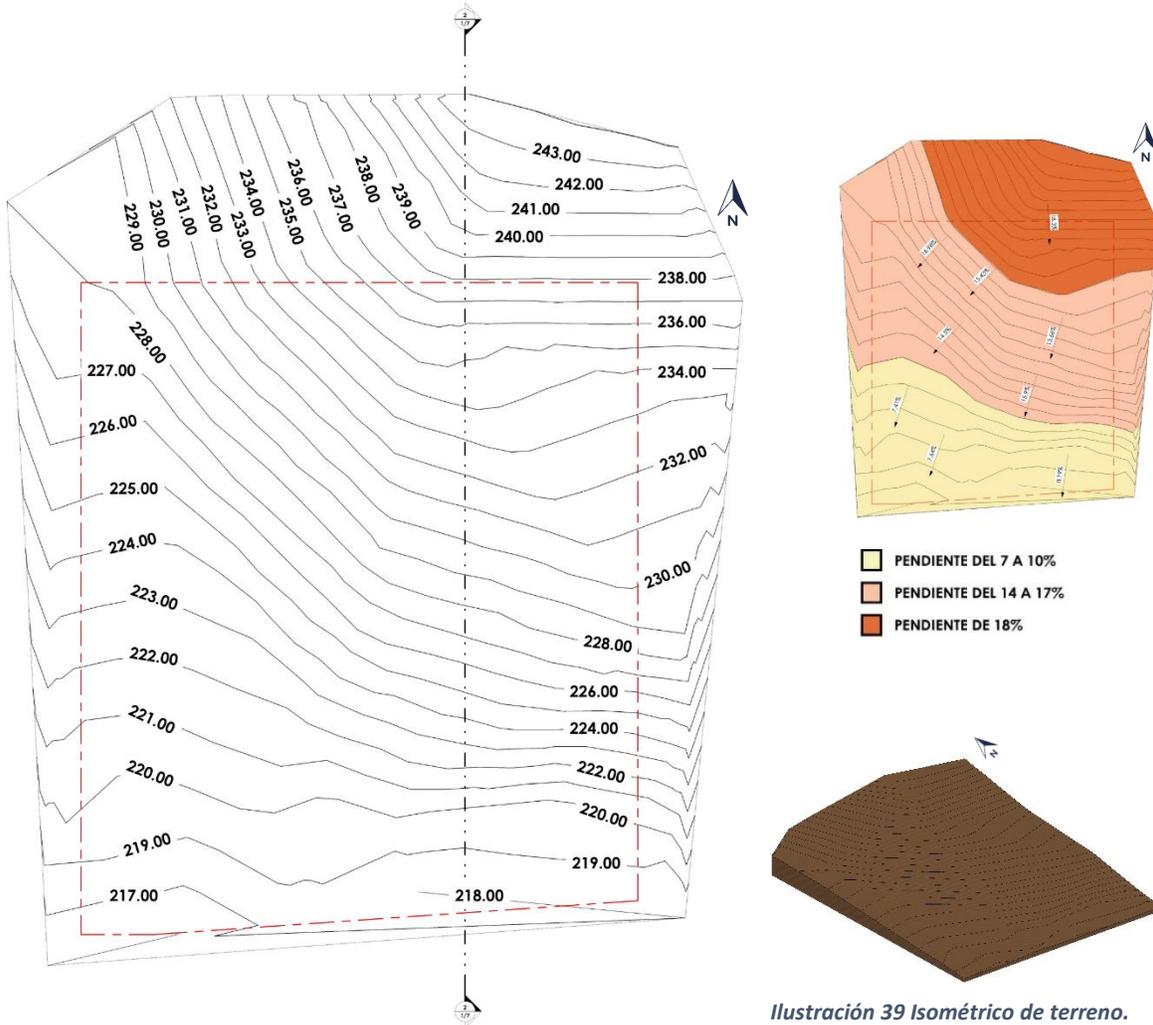


Ilustración 38 topografía del terreno.
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 39 Isométrico de terreno.
Fuente: Elaboración propia.

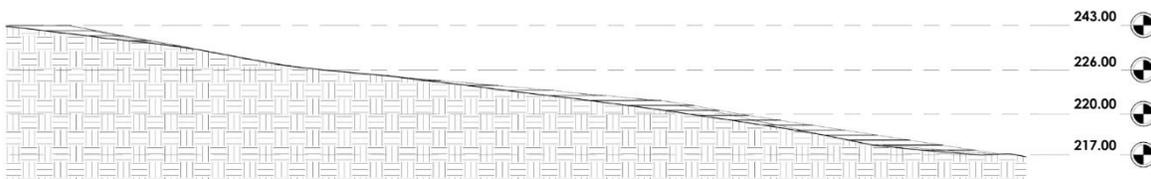


Ilustración 40 Perfil de terreno.
Fuente: Elaboración propia.

La topografía del segundo terreno presenta una pendiente de 0%, ya que actualmente forma parte del vertedero municipal. Esta configuración topográfica es resultado de la acumulación y compactación de residuos a lo largo del tiempo, lo que ha generado una superficie relativamente nivelada. Sin embargo, es importante considerar que, a pesar de su apariencia plana, el terreno podría presentar irregularidades debido a la disposición heterogénea de los desechos y los procesos de asentamiento diferencial, por lo que es importante realizar un estudio de suelos previo a la realización del proyecto.

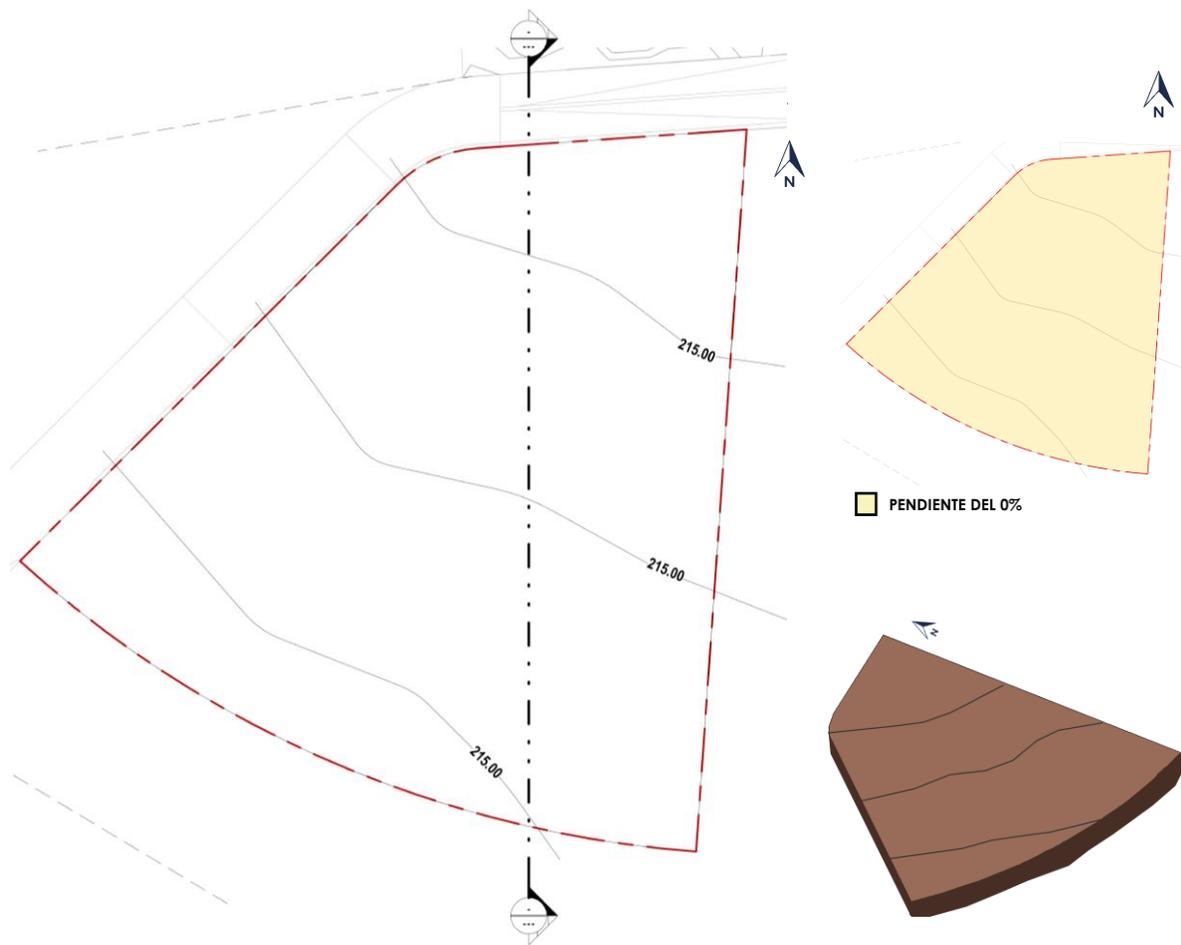


Ilustración 42 Topografía terreno 2.
Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 41 Isométrico de terreno 2.
Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 43 Perfil de terreno.
Fuente Elaboración propia.

4.6.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – AMBIENTALES

4.6.4.1 CLIMA

La orientación del terreno es de norte a sur, lo que hace más crítico el soleamiento en horas de la tarde. El sitio del proyecto presenta temperaturas que oscilan entre los 27°C y los 41°C, con vientos predominantes del norte y una precipitación anual de 1200 mm. Como parte de la aplicación de arquitectura sostenible, se emplea la carta solar para analizar la trayectoria del sol a lo largo del año, lo cual permite optimizar la iluminación natural, mejorar la eficiencia energética y aumentar el confort térmico.

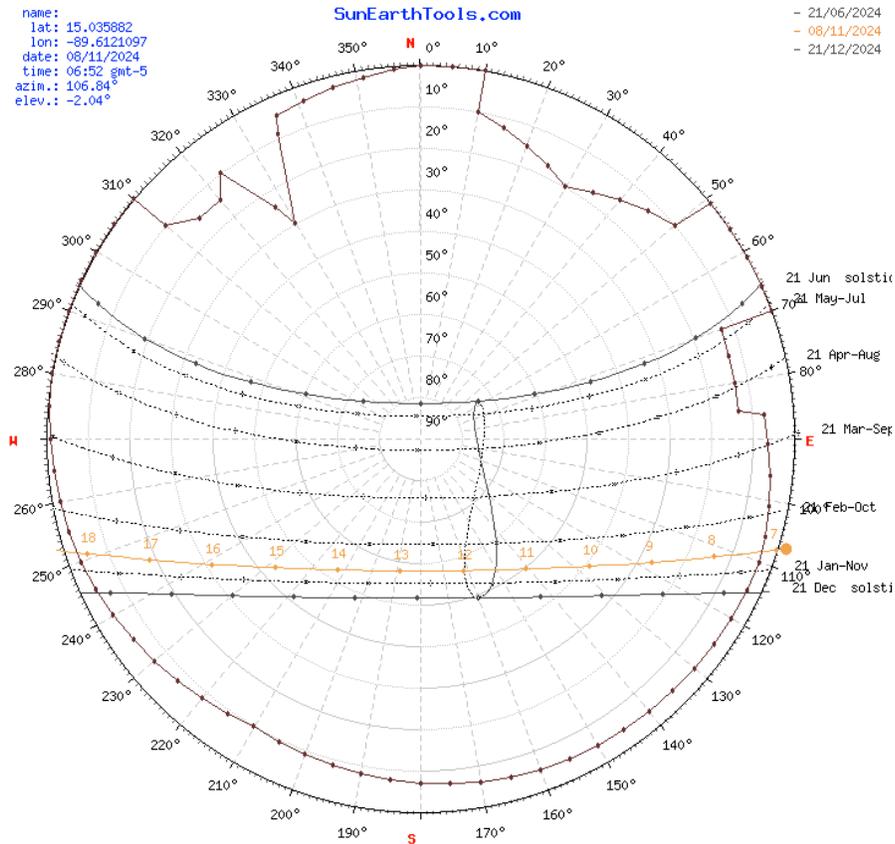


Ilustración 44 Carta solar del proyecto, ubicado en Río Hondo, Zacapa.

Fuente: SunEarthtools.com

4.6.4.2 VEGETACIÓN EXISTENTE

El proyecto cuenta con vegetación natural en sus colindancias lo cual resulta muy favorable, ya que no solo actúa como barrera de amortiguamiento, sino que también contribuye a mejorar el confort térmico del lugar. Dado que el sitio se encuentra en la zona de vida bosque húmedo subtropical templado es común encontrar árboles como el aliso (*Alnus spp*) y el nogal (*Juglans spp*), así como arbustos y árboles más pequeños, como el madroño (*Arbutus xalapensis*) y diversas especies de la familia Rubiaceae. Sin embargo, como efectos antrópicos se ha afectado la vegetación en la parte baja del terreno donde se ha perdido una mayor masa vegetal, debido a la quema descontrolada de desechos que aumentan el riesgo de erosión.

4.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO IV

- El terreno está ubicado en la zona de vida bosque húmedo subtropical templado en la que se encuentran áreas con mayor altitud, precipitación, vegetación densa y variada. Esta vegetación puede contribuir a reducir el ruido, malos olores y contaminación funcionando como zona de amortiguamiento para el proyecto.
- Puesto que el municipio experimenta condiciones climáticas cálidas durante gran parte del año y es vulnerable a olas de calor es esencial incorporar sistemas pasivos de mitigación en el proyecto. Esto permitirá crear un ambiente fresco para empleados y visitantes sin incrementar los costos de operación y mantenimiento.
- Es crucial realizar un adecuado movimiento de tierras por la amenaza de erosión en el sitio y adaptando el proyecto a la topografía natural del terreno. Esta estrategia ayudará a evitar costos elevados en la nivelación y a una integración apropiada al contexto natural.

*Iglesia de Jones
Aldea Jones, Río Hondo, Zacapa.
Fuente: Elaboración propia.*





5. PROCESO DE DISEÑO Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROYECTO



5.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

5.1.1 DATOS PRELIMINARES

Parte del proceso de diseño se define el programa arquitectónico tomando como referencia un compendio de necesidades específicas del proyecto, asegurando el confort y funcionalidad del mismo. Para ello, se consideraron tres fuentes clave, la primera corresponde al Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021), formulario DIGARN – DEMARDS – 05 y el Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes en el municipio de Río Hondo, realizado por World Wildlife Fund (WWF) en el año 2022. Este estudio proporcionó información valiosa para incorporar los siguientes aspectos en el diseño:

1. **Definir el diseño y capacidad del proyecto:** Basado en la cantidad de residuos generados diariamente y la proporción de materiales orgánicos, plásticos, papel, vidrio, metal, entre otros. Se establecieron los requerimientos para cada fase del proceso.
2. **Establecimiento de la frecuencia y secuencia de actividades:** Los datos sobre la tipología y volumen de residuos permitieron planificar las fases de selección, segregación y compactación. Asimismo, se consideró la inclusión de un área destinada al compostaje.
3. **Optimización de costos operativos y cumplimiento de las normas ambientales:** La información recopilada, ayudó a evitar el sobredimensionamiento de áreas o procesos innecesarios, acorde a las características del proyecto, de tal manera que los espacios proyectados cumplan con las normativas ambientales específicas para la gestión de desechos sólidos, lo que otorga una justificación técnica sólida.
4. **Evaluación del potencial de reciclaje y proyección futura:** Con base en las proyecciones poblacionales y la generación diaria de residuos por habitante, se analizaron las posibilidades de reciclaje, así como la viabilidad de incluir futuras áreas de expansión en el proyecto.

5.1.2 DETERMINACIÓN DE ESPACIOS OPERATIVOS PARA LA PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES

A continuación, se muestra el dimensionamiento de áreas requeridas para la planta de selección y clasificación de desechos domiciliars, con base en la información presentada por el estudio de caracterización antes mencionado, según la cantidad de residuos.

| DATOS INICIALES PARA DIMENSIONAMIENTO DEL PROYECTO | |
|--|------------------|
| CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS DIARIAMENTE | 0.485 kg/hab/día |
| COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS | |
| ORGÁNICO | 51.97 % |
| PAPEL Y CARTÓN | 7.75 % |
| PLÁSTICO | 15.23 % |
| VIDRIO | 2.21 % |
| MATERIAL FERROSO | 1.56 % |
| MATERIAL NO FERROSO | 0.85 % |
| VARIOS | 6.26 % |
| DESECHOS SANITARIOS | 13.18 % |
| PELIGROSOS | 0.45 % |
| ESPECIALES | 0.54 % |

Tabla 10 Datos iniciales para el dimensionamiento del proyecto.

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada en el Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes, municipio de Río Hondo, Zacapa, WWF, 2022.

Basado en los resultados del Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes y considerando que actualmente el municipio no posee una gestión adecuada de los desechos sólidos, evidenciado por el uso de un vertedero a cielo abierto que representa un riesgo ambiental y sanitario para la población, se proponen cuatro fases para la clasificación y tratamiento de los desechos sólidos domiciliarios:

FASE 1 – SELECCIÓN (Clasificación primaria): Esta fase consiste en la primera clasificación de los residuos. Los desechos ingresan a través de una tolva hacia una banda transportadora, donde el personal realiza un proceso manual de selección. Durante esta etapa, se descartan materiales en mal estado o que requieren limpieza antes de su reciclaje. Para ello, se contempla un área de lavado específica para acondicionar los materiales seleccionados. Los materiales que no cumplan con lo requerido, serán llevados al vertedero municipal o bien acorde a los convenios que realice la municipalidad con otras empresas para su disposición final, ya sea mediante incineración controlada, entierro técnico, entre otros procedimientos que cumplan con las normativas ambientales vigentes.

Como parte del diseño de la planta, se propone un área de ingreso controlado al vertedero dentro del mismo proyecto, debidamente señalizada vinculada operativamente conectada al proceso de clasificación. Se propone que el vertedero esté delimitado mediante un muro perimetral, con el objetivo de restringir el ingreso no autorizado y prevenir que se los residuos sean depositados directamente al vertedero, obviando el proceso de clasificación en la planta. Esta medida busca garantizar un manejo más ordenado y seguro y ambientalmente responsable de los desechos que no pueden ser valorizados.

FASE 2 – SEGREGACIÓN: En esta fase los desechos son separados según sus características específicas, tales como PET, metal, vidrio, cartón, plástico, entre otros. Cada tipo de material se almacena en su contenedor o sacas correspondiente. A continuación, se determina si el material pasará a la tercera fase de compactación o si será trasladado directamente al área de carga y descarga para su venta a empresas especializadas en reciclaje.

FASE 3 – COMPACTACIÓN: Durante esta fase, el volumen de los desechos se reduce, a través de una presión ejercida al material para que adopte una forma cúbica. Este proceso facilita su transporte y manejo para ser enviados posteriormente a procesos industriales de reciclaje.

FASE 4 – COMPOSTAJE: A través de un proceso biológico aeróbico, es decir con presencia de oxígeno, se transformarán los residuos orgánicos degradables en compost, un material utilizado como abono orgánico. De acuerdo con el Estudio de Caracterización, el municipio genera una alta proporción de desechos orgánicos. Esto representa una oportunidad para aprovechar estos residuos, fomentando la economía circular en la región.

5.1.3 CAPACIDAD DEL PROYECTO

Como se mencionó en el capítulo I, inciso 1.4.4 referente a la Producción anual de residuos, se estima que el municipio genera anualmente 4 779 675.00 kg equivalente a 4 779.68 Ton. Aproximadamente. A partir de esta cifra, y considerando una jornada laboral de 8 horas diarias con 7 horas efectivas de trabajo, se obtiene el siguiente resultado:

DATOS:

Producción anual de residuos: 4 779 675.00 kg (4 779.68 Ton.)

Días laborales por semana: 6

Semanas al año: 52 semanas

Horas efectivas por día: 7 horas

CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DIARIA DE DESECHOS

$$\text{Producción diaria} = \frac{(\text{Producción anual})}{\text{días laborales por año}}$$

$$\text{Producción diaria} = \frac{(4,779.68 \text{ Ton.})}{6 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 52 \text{ semanas}} = \frac{4,779.68 \text{ Ton.}}{312 \text{ días}} = 15.32 \text{ Ton./día}$$

CÁLCULO DE PRODUCCIÓN POR HORA EFECTIVA EN LA PLANTA

$$\text{Producción por hora} = \frac{(\text{Producción diaria})}{\text{horas efectivas por día}}$$

$$\text{Producción por hora} = \frac{(15.32 \text{ Ton./día})}{7 \text{ horas}} = 2.19 \text{ Ton./hora}$$

Si aproximamos este dato obtendríamos un total de **2.20 Ton. / hora** como capacidad de diseño, con las condiciones de trabajo establecidas, considerando una ampliación futura de trabajo de 2 turnos al día.

5.1.3.1 DIMENSIÓN DE ÁREAS CONFORME A SECUENCIA DE ACTIVIDADES

FASE 1 – SELECCIÓN (Clasificación primaria): se estima que la densidad de residuos y desechos sólidos comunes recolectados del municipio de Río Hondo es de **112 kg/m³**. Por lo que, considerando el cálculo de producción diaria, multiplicada por espacio por tonelada obtendremos el área requerida para esta primera fase.

$$\text{Volumen por tonelada} = \frac{(\text{Masa})}{\text{Densidad}}$$

$$\text{Volumen por tonelada} = \frac{(1000 \text{ kg})}{112 \text{ kg/m}^3} = 8.93 \text{ m}^3$$

Para determinar el área que ocupa el residuo por tonelada, considerando que el residuo se apila a una altura de 2.00 metros, la formula sería:

$$\text{Área} = \frac{(\text{volumen})}{\text{altura de apilamiento (m)}}$$

$$\text{Área} = \frac{(8.93 \text{ m}^3)}{2.00 \text{ m}} = 4.47 \text{ m}^2 \approx 5.00 \text{ m}^2$$

Área requerida Fase 1 = capacidad diaria * espacio por tonelada

$$\text{Área requerida Fase 1} = 15.32 \text{ Ton.} * 5.00 \frac{\text{m}^2}{\text{Ton}} = 76.60 \text{ m}^2$$

Considerando un espacio adicional para maniobra de montacargas de un 20% se estima un área de **91.92 m² para la Fase 1.**

CAPACIDAD DE LA TOLVA

En esta fase, es fundamental considerar el dimensionamiento de la tolva, ya que será la encargada de recibir los residuos. Su capacidad debe estar directamente relacionada con la cantidad de descargas previstas al día, así como el volumen de residuos estimado para su procesamiento diario. Como resultado se obtiene:

DATOS:

Producción anual de residuos = 4 779.68 Ton.

Densidad de residuos = 112.00 kg/m³.

Al convertir las toneladas a kilogramos obtenemos el siguiente resultado:

$$4\,779.68 \times 1000.00 = 4\,779\,680 \text{ kg.}$$

$$\text{Volumen anual (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso anual (kg)}}{\text{Densidad } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

$$\text{Volumen anual (m}^3\text{)} = \frac{4,779,680.00 \text{ kg}}{112.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 42,676.00 \text{ m}^3/\text{año.}$$

Con este dato, procederemos a estimar el volumen diario que ingresará a la planta.

$$\text{Volumen diario (m}^3\text{)} = \frac{\text{Volumen anual (m}^3\text{)}}{365 \text{ días del año}}$$

$$\text{Volumen diario (m}^3\text{)} = \frac{42,676.00 \text{ m}^3}{365 \text{ días del año}} = 117 \text{ m}^3/\text{año}$$

Posteriormente se lleva a cabo un predimensionamiento de la tolva, con la aclaración de que su diseño definitivo deberá ser realizado por un especialista en la materia al momento de ejecutar el proyecto. Esto garantizará el correcto funcionamiento de la planta. La presente estimación tiene como objetivo proporcionar una referencia del espacio requerido para la distribución arquitectónica del espacio.

$$\text{Frecuencia de descargas por día} = \frac{\text{Volumen diario de desechos (m}^3\text{)}}{\text{Capacidad del camión (14.00 m}^3\text{)}}$$

$$\text{Frecuencia de descargas por día} = \frac{117.00 \text{ m}^3}{14.00 \text{ m}^3} = 8.36 = 9 \text{ descargas por día.}$$

$$\text{Volumen de la tolva (m3)} = \frac{\text{Desechos diarios (m3)}}{\text{Frecuencia de descarga por día}}$$

$$\text{Volumen de la tolva (m3)} = \frac{117.00 \text{ (m3)}}{9} = 13.00 \text{ m3} = 15.00 \text{ m3}$$

Con base en este planteamiento se considera la capacidad de la tolva de 15.00 m³.

FASE 2 – SEGREGACIÓN: El dimensionamiento de esta fase dependerá del flujo de residuos y el número de trabajadores que laborarán en la planta.

DATOS:

Flujo diario de residuos: 15.32 Ton.

Velocidad de procesamiento: 2.20 Ton. / hora

Cantidad de trabajadores: 8 (un trabajador para cada tipo de desecho, papel y cartón, vidrio, plástico, metal, varios, no ferroso y orgánico).

Espacio necesario por trabajador: se considera 3.00 m² contemplando el área de maniobra. Dando como resultado 24.00 m² para los 8 trabajadores.

Área adicional para cintas transportadoras y maquinaria = 40.00 m².

$$\text{Área requerida Fase 2} = \text{Espacio para trabajadores (m2)} + \text{Espacio para maquinaria (m2)}$$

$$\text{Área requerida Fase 2} = 24.00 \text{ m2} + 40.00 \text{ m2} = \mathbf{64.00 \text{ m2}}$$

Considerando un espacio adicional para maniobra de montacargas de un 20% se estima un área de **76.80 m² para la Fase 2.**

CAPACIDAD DEL TROMEL

Para determinar las dimensiones del trómel, el cual es un equipo rotatorio que se utiliza para separación de cribado en otras palabras para la selección de desechos sólidos y separar los materiales según su tamaño. Primero se necesita conocer el volumen de desechos que se recibirán en la planta, y el tiempo de trabajo considerando 7 horas efectivas de trabajo diario.

$$\text{Capacidad del tromel} = \frac{\text{Volumen diario de desechos (m3)}}{\text{Horas de operación por día (h)}}$$

$$\text{Capacidad del tromel} = \frac{117.00 \text{ (m3)}}{7 \text{ (h)}} = 16.71 \text{ m3/h}$$

DIMENSIONES DEL TROMEL

Acorde a casos análogos, el diámetro común del trómel varía entre 1.50 y 4.00 m dependiendo de la capacidad deseada, así como la longitud debe ser proporcional a esta capacidad, debido a que un

trómel más largo generalmente tardará más en la separación de los residuos. De igual manera la velocidad de rotación suele estar entre 10 y 25 revoluciones por minuto (rpm) Para este cálculo utilizaremos la siguiente fórmula.

Tal como se mencionó la longitud debe ser proporcional a la capacidad, por lo que se utiliza una relación de longitud y diámetro (L / D) una relación común para las plantas de desechos sólidos es de 2:1 y 4:1 es decir de dos a cuatro veces el diámetro.⁴⁶ Si asumimos un diámetro de 2.00 m y una longitud de 3.00 metros obtendríamos:

$$\text{Longitud} = 3 \times \text{Diámetro}$$

$$\text{Longitud} = 3 \times 2.00 \text{ m} = 6.00 \text{ m}$$

La longitud de 6.00 m permite incorporar diferentes zonas de cribado, el cual posee una malla con agujeros de un tamaño creciente, el tambor del trómel gira sobre su eje horizontal, esta malla permite que los materiales de los distintos tamaños caigan y sean recogidos por un transportador debajo del cilindro, mientras que los materiales demasiado grandes para el proceso de cribado se dirigen hacia el extremo de salida del tambor.

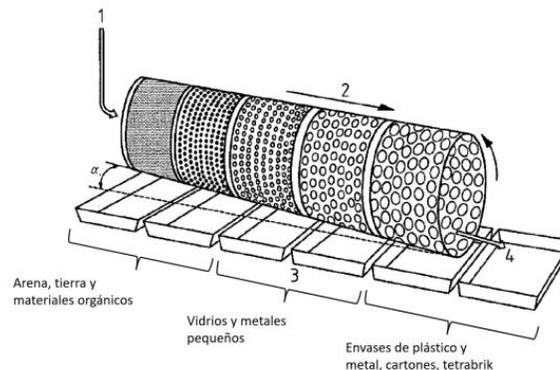


Ilustración 45 Esquema de cribado.

Fuente: *Tecnología de Clasificación de Residuos Sólidos*, Velázquez Martí, Borja, Universidad Politécnica de Valencia.

Para verificar la capacidad volumétrica del trómel, utilizamos la fórmula del cilindro, para calcular el volumen interno si estuviera completamente lleno. Sin embargo, esto rara vez ocurre debido a que interrumpe en el movimiento homogéneo de los materiales dentro del mismo. Por lo que se considera un 40% de su funcionamiento, en prácticas comunes que permite una separación eficiente y evita atascos.

FASE 3 – COMPACTACIÓN: El dimensionamiento de esta fase dependerá del flujo diario de residuos y el tipo de compactador, en este caso se considera que el compactador promedio ocupa 15.00 m² con capacidad de procesar 2 toneladas por hora.

⁴⁶ José Velásquez, Tecnología de clasificación de residuos sólidos (Tesis de maestría, Universidad politécnica, Universidad politécnica de Valencia, 2020), 3. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/201650/Velazquez%20-%20Tecnologia%20de%20clasificacion%20de%20residuos%20solidos.pdf?sequence=1&form=MG0AV3>

DATOS:

Flujo diario de residuos: 15.32 Ton.

Capacidad del compactador: 2.00 Ton. / hora

Espacio del compactador: 15.00 m²

Almacenamiento temporal de residuos: 2.98 m². Volumen estimado por tonelada = 8.93 m³ Altura útil = 3.00 m.

$$\text{Área requerida Almacen. Temp.} = \frac{8.93 \text{ m}^3}{3.00 \text{ m}} = 2.98 \text{ m}^2$$

Área de maniobra: se estima un 30.00% del área de maquinaria = 15.00 m² * 0.3 = 4.50 m².

Área requerida Fase 3 = A. maquinaria + A. almacenamiento temporal + A. maniobra

$$\text{Área requerida Fase 3} = 15.00 \text{ m}^2 + 2.98 \text{ m}^2 + 4.50 \text{ m}^2 = \mathbf{22.48 \text{ m}^2}$$

Se estima un área de **22.48 m²** para la fase 3, correspondiente a la compactación de residuos.

FASE 4 - COMPOSTAJE: Como se mencionó en el Marco Legal, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) regula el manejo de residuos a través del Acuerdo Gubernativo 164-2021, en donde se establecen los lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos. Sin embargo, este reglamento no especifica dimensiones para el manejo de residuos orgánicos, por lo que, basado en los datos proporcionados por el estudio de caracterización, se realiza el siguiente dimensionamiento del área.

Del flujo diario de residuos equivalente a 15.32 Ton. Se estima que el 52.00 % corresponde a residuos orgánicos. Esto representa un total de aproximadamente 7.97 toneladas diarias de este tipo de desecho. Para el proyecto se considera utilizar un sistema abierto, el cual se da en hileras o pilas del material orgánico al aire libre, de las cuales transcurren 8 semanas para la fermentación de los residuos. La hilera puede ser de 2.00 a 2.30 m de alto y de hasta 5.00 m de ancho, con longitud variable.⁴⁷

DIMENSIONAMIENTO DEL ÁREA DE COMPOSTAJE

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

La ecuación utilizada para determinar el volumen de residuos compostables se fundamenta en la relación entre **masa, densidad y volumen:**

$$V = \frac{M}{D}$$

⁴⁷ Wendy Andrea Ávila Ruiz y July Paola Moyano Hernández, Propuesta Metodológica para el Dimensionamiento de Plantas de Compostaje en Municipios con Generación de Residuos Aprovechables a Partir de 100 Ton/día (Monografía de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2019).

Donde:

- **V** = Volumen de los residuos orgánicos (m³)
- **M** = Masa de los residuos orgánicos (kg)
- **D** = Densidad de los residuos orgánicos (kg/m³)

Acorde al documento *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill la densidad promedio de los residuos orgánicos frescos varía entre 450 – 750 kg/m³, por lo que utilizaremos un valor promedio de **500 kg/m³**.

Se estima que el municipio tiene 4 779 675.00 kg de producción anual de residuos, de los cuales el 51.97% corresponde a residuos orgánicos, para determinar la cantidad de residuos orgánicos:

$$\frac{51.97}{100} \times 4\,779\,675.00 = 2\,486\,542.30 \text{ kg/año}$$

Este dato lo dividimos entre los doce meses del año:

$$\frac{2\,486\,542.30}{12} = 206\,961.86 \text{ kg/mes}$$

Obteniendo como resultado que la planta debe ser capaz de procesar 206 961.86 kg/mes. Como se mencionó anteriormente la densidad promedio de residuos orgánicos frescos es de 500 kg/m³, este dato lo utilizaremos para determinar el volumen de residuos orgánicos, para estimar la cantidad de pilas que permitan un compostaje eficiente.

$$V = \frac{206\,961.86 \text{ kg}}{500.00 \text{ kg/m}^3} = 416.92 \text{ m}^3/\text{mes}$$

DIMENSIONAMIENTO DE PILAS PARA COMPOSTAJE

Para el diseño de la planta de selección el método por volteo utilizando pilas en hileras con altura de 1.50 m y 3.00 m de ancho. Con base en estas dimensiones y el volumen obtenido en el inciso anterior, obtendremos la longitud de las pilas por cada mes.

$$L = \frac{V}{A \times h} = \frac{416.92}{3.00 \times 1.50} = 92.65 \text{ m}$$

Esto significa que cada mes será necesario disponer de 92.65 m lineales de pilas de compostaje para garantizar un proceso eficiente. Además, se debe considerar un espacio para la circulación de vehículos, por lo que se recomienda que el ancho de las calles sea de 8.00 a 10.00 m para que permita el acceso y maniobra de camiones, asegurando la recepción simultánea de varios vehículos.

Para prever un aumento en la cantidad de residuos procesados debido a posibles contingencias, se propone la incorporación de cinco pilas, cada una con 3.00 m de ancho, 50.00 m de largo y 1.50 m de altura, lo que representa un total de 250.00 m lineales de capacidad extra.

Con base en el análisis de casos análogos, se estima que las áreas operativas de la planta deben cumplir con las siguientes dimensiones mínimas:

- Área de descarga = entre 300.00 - 400.00 m²
- Área de carga y almacenamiento = 200.00 - 300.00 m²
- Área de trituración = mínimo de 200.00 m²

| DIMENSIONES PRELIMINARES DEL PROYECTO | |
|---------------------------------------|----------------|
| ÁREA | m ² |
| FASE 1 – SELECCIÓN | 95.00 |
| FASE 2 – SEGREGACIÓN | 80.00 |
| FASE 3 – COMPACTACIÓN | 25.00 |
| FASE 4 – COMPOSTAJE | 2000 |

Tabla 11 Resumen de Dimensiones.

Fuente: Elaboración propia.

5.2 PROGRAMA DE NECESIDADES

Para complementar los ambientes del proyecto, se tomó como referencia el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021) el cual establece directrices para garantizar el correcto funcionamiento de la planta. Asimismo, se consultó el formulario DIGARN – DEMARDS – 05, correspondiente a plantas de selección y clasificación y/o centros de acopio temporal de residuos y desechos no peligrosos, generado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, que especifica el programa de necesidades para su operación.

| PROGRAMA DE NECESIDADES |
|---|
| Vías de acceso internas y externas Área de parqueo de vehículos Cercos perimetral (natural y artificial) Garita de ingreso y seguridad Área de administración Bodega de almacenamiento Instalaciones sanitarias Vestidores (aseo personal) Comedor para personal Clínica médica o área de botiquín de primeros auxilios Valla de identificación del proyecto Diseño del sistema de control de peso Diseño del sistema de carga y descarga de residuos Zona de maniobras Diseño del área de clasificación (mesas de separación, banda transportadora, según línea de selección) Diseño del área de lavado de residuos Diseño del área de embalaje Diseño del área de almacenamiento acorde al tipo de residuos Sistema para el manejo, tratamiento y disposición de lixiviados. Sistema de planta de tratamiento de aguas residuales Vertedero |

Tabla 12 Programa de Necesidades.

Fuente: Elaboración propia, con base en formulario DIGARN – DEMARDS – 05.

5.2.1 PROYECCIÓN DE USUARIOS Y AGENTES

5.2.1.1 PROYECCIÓN DE USUARIOS

Para determinar el número de usuarios, se tomará como referencia las cargas de ocupación según las tablas proporcionadas por la norma NRD2 de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). Para calcular las cargas de ocupación se debe considerar que todas las áreas del edificio están ocupadas al mismo tiempo y se utiliza la siguiente fórmula:

$$CO \text{ máxima} = \frac{\text{Área } m^2}{\text{Factor de carga de ocupación}}$$

A continuación, se presenta una tabla que indica las cargas máximas de ocupación establecidas por la NRD2 según el tipo de ambiente. Esta tabla detalla dos aspectos importantes: primero, el factor de carga de ocupación, que representa el área mínima requerida por persona en metros cuadrados; y el segundo, el número mínimo de ocupantes a partir de la cual se requiere dos salidas de emergencia en el edificio. Por ejemplo, en un salón para reuniones o conferencias, se asigna un factor de 0.65 m² por persona, lo que significa que por cada 0.65 m² de superficie, puede ubicarse un usuario.

Esta información es fundamental para el diseño seguro de espacios, ya que permite estimar la cantidad de personas por área y definir las condiciones mínimas para una evacuación adecuada. En los casos donde no se identificaron nombres específicos para ciertos ambientes del proyecto, se utilizaron categorías similares según la norma, asegurando una correcta aplicación de los factores de carga de ocupación.

| CARGAS MÁXIMAS DE OCUPACIÓN | | |
|--|---|------------------------------|
| AMBIENTE | MÍNIMO DOS SALIDAS DE EMERGENCIA, SI EL NÚMERO DE OCUPANTES ES POR LO MENOS | FACTOR DE CARGA DE OCUPACIÓN |
| Salones para reuniones, conferencias y auditorios (que incluya únicamente sillas no ancladas al suelo) | 50 | 0.65 |
| Áreas de espera | 50 | 1.39 |
| Estacionamientos | 30 | 18.5 |
| Fábricas | 30 | 18.5 |
| Bodegas | 30 | 45 |
| Vestidores y áreas de casilleros | 50 | 4.64 |
| Otros usos | 50 | 9.3 |

Tabla 13 Cargas máximas de ocupación.

Fuente: Elaboración propia, con base en el Manual de uso para la Norma de Reducción de Desastres Número 2 - NRD2-

En el caso del área educativa del proyecto, los salones han sido diseñados para albergar a menos de 50 personas cada uno, por lo que, conforme a lo establecido por la norma NRD2, se contempla una salida de emergencia por aula. No obstante, el diseño arquitectónico incorpora un sistema de muro flexible que permite unificar los salones cuando sea necesario. Al configurarse como un solo espacio, este contará con dos salidas de emergencia, cumpliendo así con el requerimiento mínimo para

ocupaciones mayores a 50 usuarios. Esta solución busca no solo garantizar el cumplimiento normativo, sino también aportar versatilidad al uso del espacio educativo. Además, se ha previsto que tanto los ingresos como las salidas de las áreas funcionales del proyecto estén conectadas directamente con plazas o espacios abiertos. Esta disposición favorece una evacuación más rápida, ordenada y segura en caso de emergencia, minimizando los riesgos asociados a la aglomeración.

5.2.1.2 PROYECCIÓN DE AGENTES

Según lo establecido en el capítulo I, inciso 1.4.3, correspondiente a la demanda poblacional, y con base en los datos proporcionados por el último Censo Poblacional del INE (2018), se utilizó un cálculo geométrico, para determinar la población futura del municipio de Río Hondo, Zacapa que asciende a 27 000 personas. Ver tabla número 3.

Actualmente, el municipio de Río Hondo cuenta con 21 434 habitantes, de los cuales el 70.76% reside en el área rural y el 29.24% en el área urbana. Según el Censo Nacional INE 2018, se estima una tasa de crecimiento de 1.3%. El proyecto tendrá un radio de influencia que abarcará todo el municipio, incluyendo los 35 lugares poblados: 26 aldeas, 8 caseríos y 1 finca que lo conforman. En el municipio predomina el grupo de edad entre 15 y 64 años con un 64.70%, seguido por el grupo de 0 a 14 años con un 27.44% y el grupo de 65 años en adelante con un 7.68%.

5.2.2 CUADRO DE ORDENAMIENTO DE DATOS

Para organizar la información recopilada en el proceso de investigación, se presenta el siguiente cuadro de ordenamiento de datos, lo cual es una pieza importante en el proceso de diseño para determinar y visualizar de manera integral como será el funcionamiento del proyecto, así como aquellos factores que puedan afectar.

Considerando el análisis de sitio, para la síntesis de información se propone una orientación Norte-Sur. Esta disposición permite aprovechar la luz solar, optimizando la iluminación natural sin generar sobrecalentamiento. Debido a que en el municipio no posee un reglamento de construcción, se toma como referencia el Reglamento de Construcción de la Municipalidad de Guatemala (Art. 142-143), en donde se indica que para ambiente de permanencia prolongada es decir habitables la iluminación de células espaciales será de 15% del área a servir y 33% de área de ventilación, y para ambientes de permanencia transitoria, no habitables, será de 10% del área a servir y 50% del área de ventilación.

| CUADRO DE ORDENAMIENTO DE DATOS | | | | | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------------|--------------|--|--|-------------|-------------|
| ZONA | FUNCIÓN | CÉLULA ESPACIAL | NO. USUARIOS | MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO | ORIENTACIÓN | ILUMINACIÓN | VENTILACIÓN |
| ADMINISTRATIVA | Atención al público y control de acceso | Recepción y sala de espera | 5 | Mostrador, silla de oficina, equipo de cómputo, teléfono, mueble para archivo, pantalla informativa. | Norte - Sur | 15% | 33% |
| | Toma de decisiones y gestión de la planta. | Oficina de Gerencia | 3 | Escritorio, silla, computadora, estantería, sillas para atención de usuarios. | Norte – Sur Noreste Norte | 15% | 33% |
| | Gestión de recursos financieros y contables | Oficina de Contabilidad | 3 | Escritorio, silla, computadora, estantería, sillas para atención de usuarios. | Norte – Sur Noreste Norte | 15% | 33% |
| | Almacenamiento de documentos y manejo de equipos de red | Archivo + Rack | 1 | Rack de equipos, estanterías, archivadores. | Norte – Sur (considerar que las ventanas no estén orientadas directamente al sol) | 10% | 50% |
| | Servicio sanitario para el personal administrativo | S.S. Hombres y Mujeres Admin. | 2 | Inodoros, lavamanos, dispensadores de jabón y papel higiénico. | Este – Oeste | 10% | 50% |
| | Atención de primeros auxilios y emergencias menores. | Enfermería | 2 | Camilla, botiquín, escritorio, silla, estanterías para almacenamiento de medicamentos y equipo. | Norte -Sur Este Noreste | 15% | 33% |

| | | | | | | | |
|-----------|--|--|------------------|--|--|-----|-----|
| | Monitoreo de personal y control de seguridad | Control de Ingreso | 2 | Computadoras, monitores, escritorios, sillas. | Norte – Sur Este | 15% | 33% |
| | Espacio de descanso para personal administrativo | Área de empleados Administrativos | 10 | Mesa y sillas de comedor, cocineta, sofá | Norte – Sur Este | 15% | 33% |
| | Lavado y cuidado de textiles y equipo | Lavandería | 2 | Lavadoras, secadoras, mesas de trabajo, pila | Este – Oeste | 15% | 33% |
| | Servicio sanitario y área de almacenamiento para empleados | S.S. Hombres y Mujeres + Área de duchas y lockers. | 10 (simultáneos) | Inodoros, duchas, lockers. | Norte – Sur | 10% | 50% |
| | Atención directa para habitantes del municipio y usuarios externos | Oficina de atención al cliente y comunidad | 3 | Mostrador, sillas, computadora, teléfono. | Norte – Sur | 15% | 33% |
| | Almacenamiento de equipos de seguridad | Bodega de almacenamiento de equipos de seguridad | 2 | Estanterías para almacenamiento de equipo y mesas de trabajo. | Norte – Sur Este | 10% | 50% |
| EDUCATIVA | Área de esparcimiento y descanso | Vestíbulo / Área de estar | 15 | Sillas, mesas, vegetación, pantallas informativas, área de refacciones | Norte - Sur | 15% | 33% |
| | Espacio para exposiciones y presentaciones, actividades grupales | Salón de exposiciones | 25-30 | Espacio flexible para colocar mesas y sillas, pantallas | Norte – Sur Este Este – Oeste (con medidas de mitigación pasivas) | 15% | 33% |
| | Capacitación y formación del personal de la planta | Área de capacitación para empleados internos | 10 - 15 | Espacio flexible para colocar mesas y sillas, pantallas, pizarras, proyector | Norte – Sur Este Este – Oeste (con medidas de mitigación pasivas) | 15% | 33% |
| | Servicio sanitario para área educativa y capacitación | S.S. Hombres y Mujeres | 6 (simultáneos) | Inodoros, lavamanos, dispensadores de | Este – Oeste | 10% | 50% |

| | | | | | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|----|---|--------------------|-----|-----|
| | | | | jabón y papel higiénico | | | |
| | Espacio de alimentación y descanso para visitantes | Cafetería | 20 | Mesas, sillas, máquinas expendedoras | Norte - Sur | 15% | 33% |
| | Almacenamiento de productos de limpieza | Bodega de limpieza | 2 | Estanterías | Este - Oeste | 10% | 50% |
| TRATAMIENTO DE DESECHOS | Separación inicial de residuos, aptos para reciclaje | Área de selección | 4 | Mesas de trabajo, cinta transportadora, tolva, área para almacenamiento de sacas, área para camión de volteo capacidad 7.00 m ³ (6.00 x 2.50 x 2.50 a 3.00 m altura) y 14 m ³ (7.00 x 2.50 x 3 a 3.50 m altura) | Norte Este - Oeste | 15% | 33% |
| | Clasificación de residuos según sus características | Área de segregación | 8 | Cinta transportadora, tolva, trómel de cribado, contenedores | Norte Este - Oeste | 15% | 33% |
| | Compactación de residuos y material reciclable | Área de compactación | 4 | Prensa horizontal hidráulica para cartón y plástico (1.50 x 4.85 x 2.21 m altura) Compactador de poli estireno (1.35 x 0.78 x 2.18 m altura) | Norte Este - Oeste | 15% | 33% |

| | | | | | | | |
|-----------------|--|---|-------|--|---|-----|-----|
| | | | | Compactador de latas (1.35 x 0.78 x 2.18 m altura) | | | |
| | | | | Área de almacenamiento de sacas, señalización, estanterías | | | |
| | Proceso de compostaje para residuos orgánicos | Área de compostaje | 4 | Hilera o pila (sistema abierto), triturador, estanterías, contenedores | Norte – Sur (con sombra natural en el área) | NA | NA |
| | Almacenamiento temporal de residuos peligrosos | Zona de almacenamiento temporal de residuos peligrosos | 2 | Contenedores, etiquetas, equipo de protección | Norte – Sur (sin exposición directa al sol) | NA | NA |
| | Almacenaje de maquinaria y herramientas | Zona de almacenamiento de maquinaria y herramientas | 2 | Estanterías, mesas de trabajo | Norte - Sur | 10% | 50% |
| | Almacenaje de residuos no reciclables | Almacenamiento de materiales no recuperables | 2 | Contenedores, señalización | Norte – Sur (sin exposición directa al sol) | 10% | 50% |
| | Espacio para atención de primeros auxilios | Zona de atención de emergencias | 2 | Ducha de emergencia, camilla, botiquín, lavabo, teléfono de emergencia | Norte – Sur (cercano al ingreso de cada área) | 10% | 50% |
| SERVICIO | Control de ingreso | Garita de control de ingreso de camiones + Dormitorio y S.S. para vigilante | 1 - 2 | Escritorio, silla, teléfono, cama, lavado, closet | Norte – Sur Este | 15% | 33% |
| | Pesaje de camiones, determinar la cantidad | Área de peso de camiones | 1 – 2 | Báscula, computadora, escritorio, silla | Este - Oeste | 15% | 33% |

| | | | | | | | |
|------------------|--|--|---|--|--|---|---|
| | de desechos que ingresan a la planta | | | (combinación con garita) | | | |
| | Carga y descarga de desechos | Área de carga y descarga | 2 – 4 | Montacargas, área de almacenamiento temporal | Norte – Sur | 15% | 33% |
| | Lavado de camiones al salir de la planta | Área para lavado de camiones | 2-3 | Mangueras de alta presión, hidro lavadora, escobas, almacenamiento de equipo | Norte – Sur (aprovechar iluminación solar directa) | NA | NA |
| | Tratamiento de aguas residuales | Planta de tratamiento de aguas residuales | 2 (mantenimiento) | Sistema de tratamiento | Este – Oeste | NA | NA |
| | Área de estacionamiento para visitantes | Estacionamiento general para visitantes | 70 | Plazas de estacionamiento, jardinería | Este – Oeste (optimizar sombra natural) | NA | NA |
| | Estacionamiento de camiones | Estacionamiento para camiones y montacargas | NA | Plazas de estacionamiento | Norte – Sur | NA | NA |
| | Almacenamiento y mantenimiento de equipos | Cuarto de máquinas | 2 | Equipo, área para almacenamiento de herramientas. | Este - Oeste | 10% | 50% |
| | Zona de descanso para empleados de la planta | Área de empleados para trabajadores de la planta | 10 | Mesas, sillas, cocineta. | Norte - Sur | 15% | 33% |
| VERTEDERO | Vertedero | Recepción final de residuos no valorizables. Disposición temporal para traslado o tratamiento. | 10 operadores y clasificadores informales | Actualmente sin equipamiento, se propone muro perimetral, señalización de ingreso y zona de descarga delimitada. | Norte - Sur | Espacio abierto con iluminación natural permanente. | Espacio abierto con ventilación natural permanente. |

Tabla 14 Cuadro de ordenamiento de datos.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 PROGRAMA ARQUITECTÓNICO

A partir de la información recopilada en los capítulos anteriores, se ha definido el programa arquitectónico del proyecto para responder a las necesidades funcionales y operativas, así como fomentar la sostenibilidad. Para ello, el proyecto se ha estructurado en cuatro zonas: administrativa, educativa, de tratamiento de desechos y servicio. Esta organización busca articular ambos terrenos, facilitando la gestión de residuos, promover la educación ambiental y la participación comunitaria.

| PROGRAMA ARQUITECTÓNICO | | | | | |
|---|--|--|----------|---------|--------|
| ZONA | AMBIENTE | CANTIDAD | USUARIOS | ÁREA M2 | |
| A D M I N I S T R A T I V A | ÁREA DE INFORMACIÓN INTERACTIVA | 1 | 20 | 62.06 | |
| | RECEPCIÓN + SALA DE ESPERA (PLANTA DE SELECCIÓN) | 1 | 10 | 21.41 | |
| | RECEPCIÓN + SALA DE ESPERA (PLANTA DE COMPOSTAJE) | 1 | 5 | 21.28 | |
| | OFICINA DE ATENCIÓN AL CLIENTE Y COMUNIDAD | 1 | 2 | 15.43 | |
| | OFICINA DE GERENCIA | 1 | 3 | 6.38 | |
| | OFICINA DE CONTABILIDAD | 1 | 3 | 6.38 | |
| | S.S. HOMBRES Y MUJERES ADMIN. | 1 | 1 | 1.58 | |
| | S.S. ADMINISTRATIVO (PLANTA DE COMPOSTAJE) | 1 | 2 | 4.71 | |
| | ENFERMERÍA + S.S. (PLANTA DE SELECCIÓN Y COMPOSTAJE) | 2 | 6 | 16.73 | |
| | ÁREA DE CONTROL DE INGRESO Y CÁMARAS + RACK | 2 | 2 | 7.35 | |
| | ÁREA DE CÁMARAS DE VIGILANCIA (PLANTA DE COMPOSTAJE) | 1 | 2 | 6.09 | |
| | ÁREA DE EMPLEADOS ADMINISTRATIVOS (PLANTA DE SELECCIÓN Y COMPOSTAJE) | 2 | 12 | 13.97 | |
| | OFICINA DE CONTABILIDAD (PLANTA DE COMPOSTAJE) | 1 | 1 | 5.03 | |
| | DIRECTOR GENERAL DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE + S.S. | 1 | 3 | 7.67 | |
| | OFICINA TÉCNICA | 1 | 2 | 15.71 | |
| | SALA DE REUNIONES (PLANTA DE SELECCIÓN) | 1 | 8 | 9.61 | |
| | SALA DE REUNIONES (PLANTA DE COMPOSTAJE) | 1 | 8 | 10.37 | |
| | ESTACIONAMIENTO DE AUTOBUSES | 1 | 0 | 70.07 | |
| | ÁREA DE CIRCULACIÓN 25.00% | | 75.45 | | 377.23 |
| | SUBTOTAL | | 21 | 90 | 377.23 |
| | E D U C A T I V A | OFICINA DE ENCARGADO DE PROGRAMA EDUCATIVO | 1 | 3 | 6.85 |
| OFICINA ASISTENTE DE ENCARGADO DE PROGRAMA EDUCATIVO + SALA DE ESPERA | | 1 | 7 | 11.81 | |
| ÁREA DE EXPOSICIONES | | 1 | 50 | 104.85 | |
| SALÓN DE EDUCACIÓN TEÓRICA | | 1 | 24 | 50.93 | |
| SALÓN DE TALLERES | | 1 | 24 | 63.41 | |
| BODEGA DE INSUMOS DIDÁCTICOS | | 1 | 2 | 12.98 | |
| S.S. HOMBRES Y MUJERES | | 1 | 10 | 36.74 | |
| BODEGA DE LIMPIEZA | | 1 | 1 | 2.70 | |
| ÁREA DE REFACCIONES | | 1 | 60 | 178.53 | |
| ÁREA DEMOSTRATIVA DE COMPOSTAJE | | 1 | 15 | 47.21 | |
| JARDÍN POLINIZADOR | | 1 | 10 | 61.70 | |
| SENDERO INTERACTIVO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL | | 1 | 58 | 233.72 | |
| HUERTO URBANO | | 1 | 10 | 47.03 | |
| ANFITEATRO | | 1 | 172 | 382.88 | |
| SENDERO DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL | | 1 | 100 | 979.56 | |
| VIVERO | | 1 | 40 | 130.29 | |
| ZONA DE ENERGÍA RENOVABLE (PANELES SOLARES) | | 1 | 5 | 140.33 | |
| HUMEDAL | | 1 | 50 | 344.21 | |
| ÁREA DE CIRCULACIÓN 25.00% | | 708.92 | | 3544.61 | |
| SUBTOTAL | | 18 | 641 | 3544.61 | |

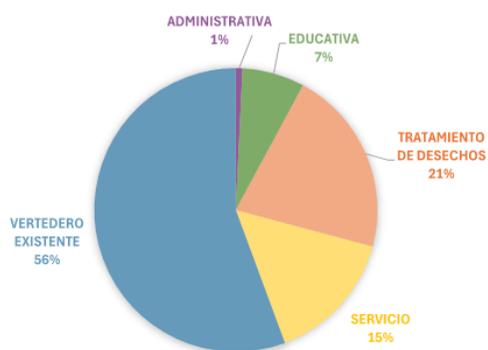
| | | | | |
|--|---|------------|-----------------|-----------------|
| T R A T A M E S I E N T O S D E | ÁREA DE SELECCIÓN (CLASIFICACIÓN PRIMARIA) | 1 | 2 | 69.75 |
| | ÁREA DE SEGREGACIÓN (SEPARACIÓN ACORDE A SUS CARACTERÍSTICAS) | 1 | 8 | 336.20 |
| | ÁREA DE COMPACTACIÓN (LATAS, POLIESTIRENO Y PAPEL Y CARTÓN) | 1 | 3 | 165.35 |
| | ÁREA DE CARGA Y DESCARGA | 1 | 6 | 187.73 |
| | ZONA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSOS | 1 | 3 | 60.47 |
| | ZONA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES RECUPERABLES | 1 | 3 | 100.43 |
| | ZONA DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS | 2 | 3 | 6.94 |
| | ESTACIONAMIENTO PARA CAMIONES Y MONTACARGAS | 1 | 10 | 270.00 |
| | PUENTE DE LAVADO | 1 | 2 | 160.85 |
| | ÁREA DE DESCARGA DE MATERIAL ORGÁNICO | 1 | 3 | 600.00 |
| | ÁREA DE TRITURACIÓN | 1 | 3 | 322.50 |
| | ÁREA DE ALMACENAMIENTO Y RECEPCIÓN DE COMPOSTA | 1 | 3 | 600.00 |
| | ZONA DE PROCESAMIENTO DEL COMPOST (PILAS) | 1 | 8 | 4815.00 |
| | ZONA DE SECADO Y MADURACIÓN DEL COMPOST | 1 | 4 | 787.50 |
| | ÁREA DE CIRCULACIÓN 25.00% | | 2120.68 | 10603.39 |
| SUBTOTAL | 15 | 61 | 10603.39 | |
| S E R V I C I O | GARITA DE CONTROL DE INGRESO DE CAMIONES + DORMITORIO Y S.S. PARA VIGILANTE (PLANTA DE SELECCIÓN) | 1 | 1 | 148.05 |
| | GARITA DE CONTROL DE INGRESO DE CAMIONES (PLANTA DE COMPOSTAJE) | 1 | 2 | 52.65 |
| | ÁREA DE PESO DE CAMIONES Y TESORERÍA (PLANTA DE SELECCIÓN Y COMPOSTAJE) | 2 | 1 | 52.65 |
| | PTAR AGUAS NEGRAS (PLANTA DE SELECCIÓN) | 1 | 2 | 18.75 |
| | ESTACIONAMIENTO GENERAL PARA VISITANTES (PLANTA DE SELECCIÓN) | 1 | 50 | 640.8 |
| | ESTACIONAMIENTO PARA VISITANTES (PLANTA DE COMPOSTAJE) | 1 | 25 | 211.725 |
| | ÁREA DE EMPLEADOS PARA TRABAJADORES DE LA PLANTA DE SELECCIÓN | 1 | 12 | 23.49 |
| | S.S. HOMBRES Y MUJERES + ÁREA DE LUCHAS Y LOCKERS | 1 | 15 | 56.3775 |
| | ÁREA DE EMPLEADOS PARA TRABAJADORES DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE | 1 | 6 | 10.2825 |
| | S.S. HOMBRES Y MUJERES + DUCHA Y VESTIDORES (PLANTA DE COMPOSTAJE) | 1 | 10 | 19.95 |
| | TALLER DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA | 1 | 3 | 260.64 |
| | BODEGA DE HERRAMIENTAS | 1 | 2 | 16.89 |
| | PTAR AGUAS NEGRAS Y PLUVIALES (PLANTA DE COMPOSTAJE) | 1 | 2 | 262.5 |
| | ÁREA DE CIRCULACIÓN 25.00% | | 5807.25 | 7582.01 |
| SUBTOTAL | 14 | 131 | 7582.01 | |
| VERTEDERO EXISTENTE | VERTEDERO EXISTENTE | 1 | 10 | 22170.00 |
| | ÁREA DE CIRCULACIÓN 25.00% | | 5542.50 | 27712.50 |
| | SUBTOTAL | 1 | 10 | 27712.50 |
| TOTAL | 55 | 802 | 49819.74 | |

El terreno destinado para el proyecto, presenta una serie de características que influyen directamente en su desarrollo arquitectónico. En las tablas que se presentan a continuación se observa que, en comparación con el área construida, cuenta con mayor permeabilidad, lo que permite una distribución más eficiente y respetuosa con el entorno natural, así como favorece a la integración de espacios abiertos, promoviendo la circulación del aire.

| PORCENTAJE DE ÁREAS DEL PROYECTO | | |
|----------------------------------|-----------------|----------------|
| ZONA | M2 | % |
| ADMINISTRATIVA | 377.23 | 0.76% |
| EDUCATIVA | 3544.61 | 7.11% |
| TRATAMIENTO DE DESECHOS | 10603.39 | 21.28% |
| SERVICIO | 7582.01 | 15.22% |
| VERTEDERO EXISTENTE | 27712.50 | 55.63% |
| TOTAL | 49819.74 | 100.00% |

Tabla 15 Porcentaje de áreas del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 16 Porcentaje de áreas del proyecto.

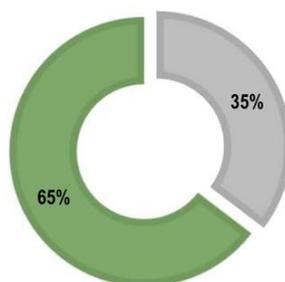
Fuente: Elaboración propia.

| PERMEABILIDAD DEL TERRENO | | |
|-------------------------------|-----------------|----------------|
| DESCRIPCIÓN | M2 | % |
| ÁREA CONSTRUIDA | 16734.26 | 35.37% |
| ÁREA NO CONSTRUIDA | 30577.98 | 64.63% |
| ÁREA TOTAL DEL TERRENO | 47312.24 | 100.00% |

Tabla 16 Permeabilidad del terreno.

Fuente: Elaboración propia.

■ ÁREA CONSTRUIDA ■ ÁREA NO CONSTRUIDA

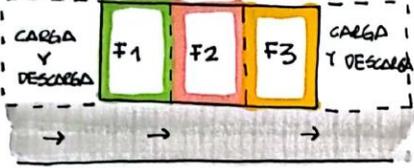
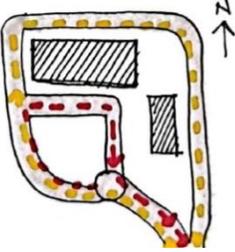
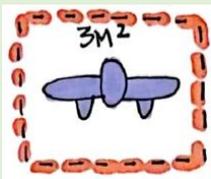


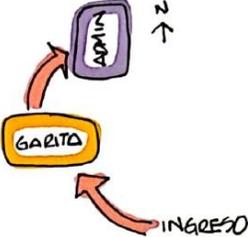
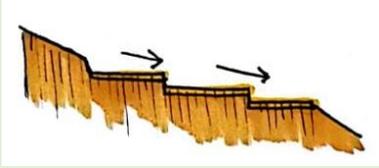
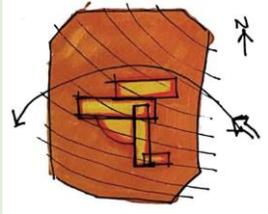
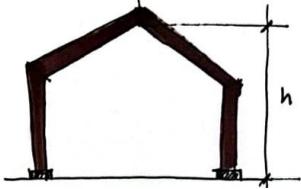
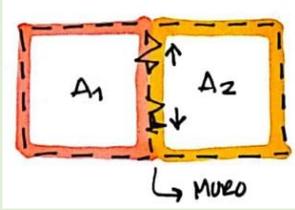
Gráfica 17 Permeabilidad del terreno.

Fuente: Elaboración propia.

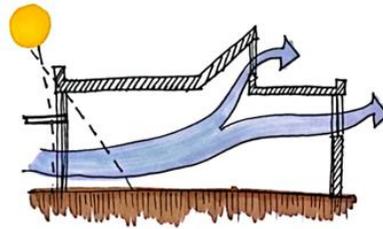
5.4 PREMISAS DE DISEÑO

Las premisas de diseño establecen los lineamientos fundamentales que guían el desarrollo del proyecto arquitectónico. A continuación, se presentan premisas funcionales, morfológicas, ambientales y estructurales derivadas del análisis de sitio, necesidades funcionales del proyecto y el contexto local, con el objetivo de garantizar un diseño eficiente, sostenible y que se adapte al entorno.

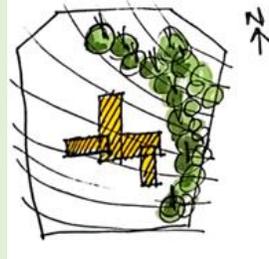
| TIPO | PREMISA | ILUSTRACIÓN |
|--------------------|--|--|
| FUNCIONALES | <p>Optimizar el flujo de trabajo en la separación y segregación de los residuos, manteniendo un sistema lineal que minimice el tiempo de operación y el uso de recursos.</p> |  |
| | <p>Delimitar claramente las áreas de trabajo del tratamiento de desechos para garantizar la seguridad de los operarios.</p> |  |
| | <p>Ubicar el área de atención de emergencias cercano a la zona operativa para garantizar una respuesta rápida y eficiente.</p> |  |
| | <p>Separar la circulación de vehículos pesados y vehículos particulares para evitar embotellamientos y garantizar un flujo de tráfico fluido.</p> |  |
| | <p>Contemplar un área de maniobra de al menos 3.00 m² para permitir a los trabajadores realizar sus actividades de manera cómoda y segura.</p> |  |

| | | |
|---------------------|--|--|
| | <p>Situar el área administrativa cercana al ingreso principal para facilitar el control de acceso.</p> |  |
| <p>MORFOLÓGICAS</p> | <p>Aprovechar la pendiente del terreno para ubicar las plataformas, reduciendo así la necesidad de movimiento de tierras y minimizando el impacto ambiental del proyecto.</p> |  |
| | <p>Aplicar principios de arquitectura sostenible y High Tech para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y mayor eficiencia energética.</p> |  |
| | <p>Asegurar que el diseño y emplazamiento del proyecto se adapten al contexto local, respetando las normativas vigentes y el paisaje urbano y rural.</p> |  |
| | <p>Diseñar ambientes con alturas mayores a 3.00 m. en función del uso, para proporcionar mayor ventilación y confort térmico, considerando las altas temperaturas del lugar.</p> |  |
| | <p>Promover espacios multifuncionales que permitan la realización de capacitaciones ambientales y otras actividades.</p> |  |

Implementar estrategias de climatización pasiva para mitigar la incidencia directa de la radiación solar en las áreas de trabajo.



Ubicar un área de mitigación para reducir la propagación de malos olores y ruidos hacia las comunidades cercanas, utilizando vegetación endémica como barrera natural.



Incluir un área de compostaje para fomentar la economía circular del municipio y el manejo responsable de los residuos orgánicos.



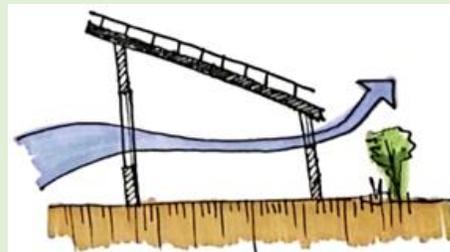
Aprovechar la cubierta del edificio para instalar paneles solares, mejorando así la eficiencia energética del proyecto.

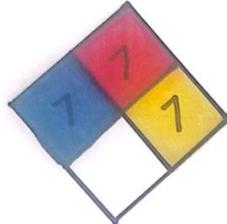
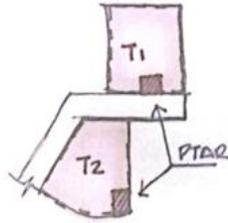
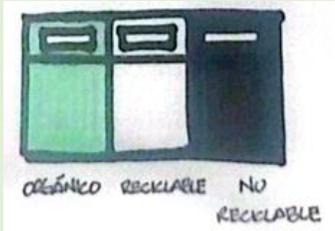
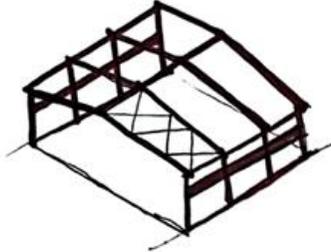
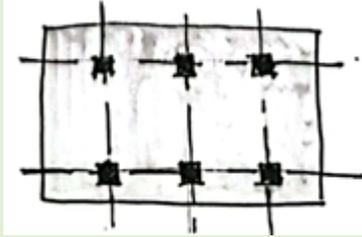


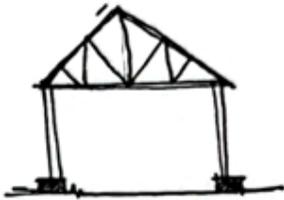
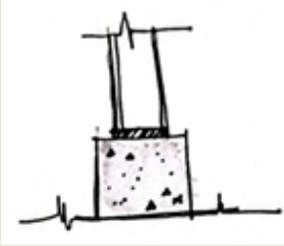
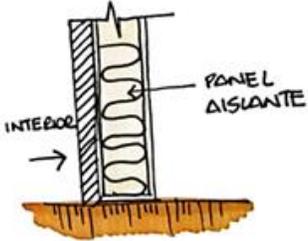
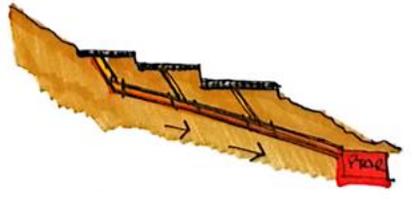
Orientar el proyecto el proyecto a lo largo del eje Norte – Sur para reducir la exposición directa al sol, maximizando la eficiencia energética y mejorando el confort térmico.



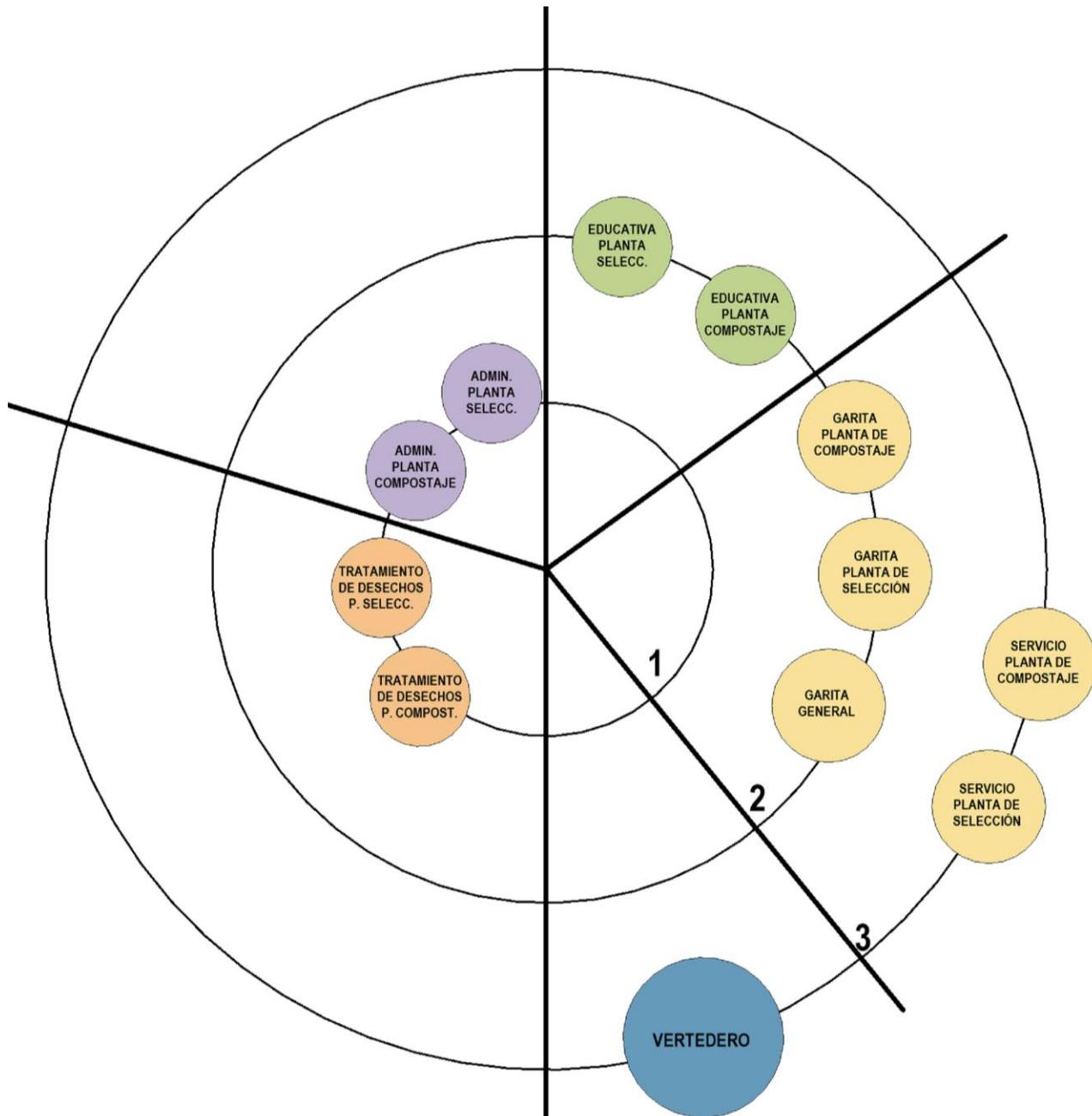
Fomentar la ventilación cruzada en los espacios interiores, lo que reducirá la necesidad de aire acondicionado, por medio de aberturas y celosías estratégicamente ubicadas.



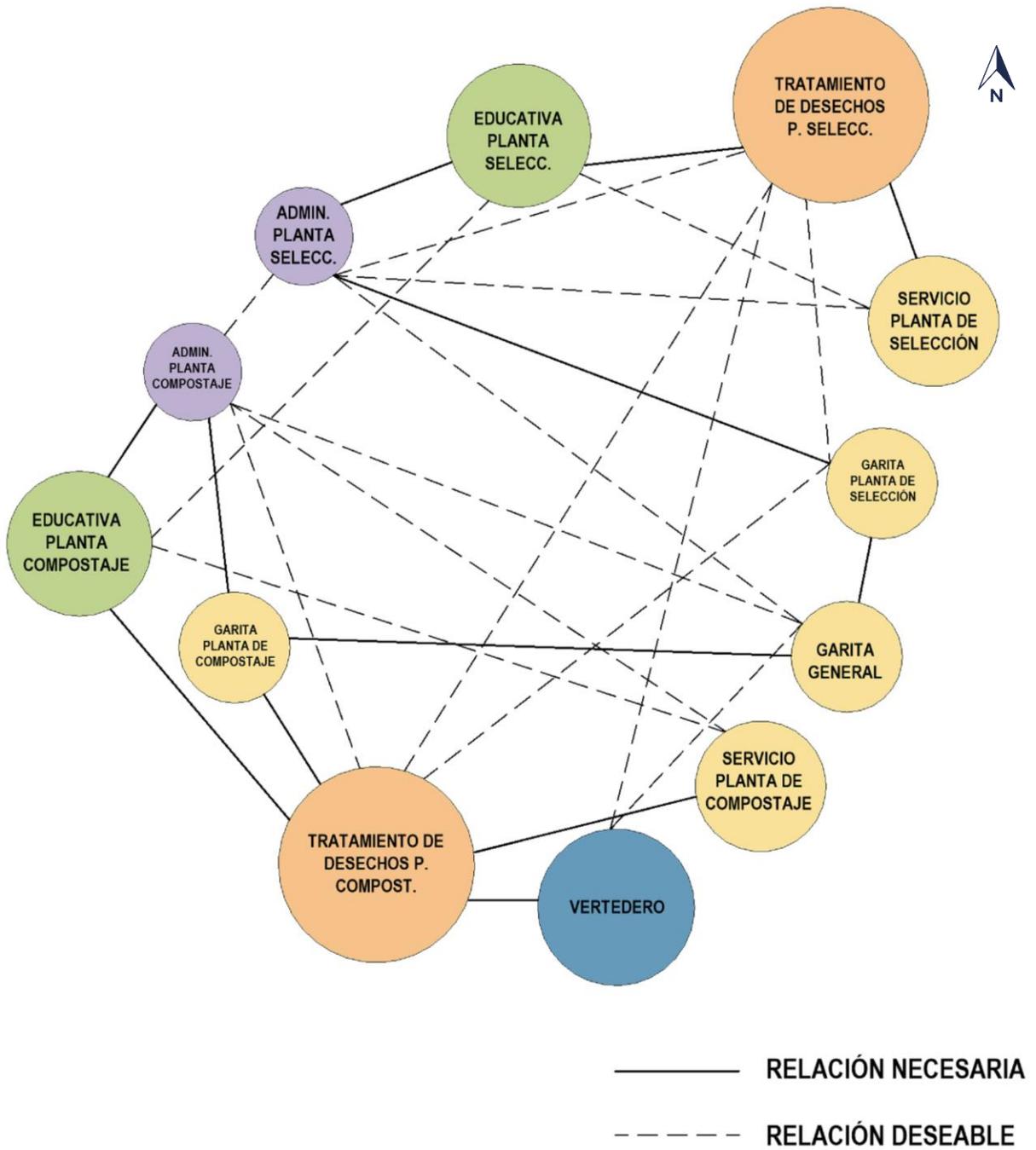
| | | |
|-----------------------------|--|--|
| | <p>Designar un área para el almacenamiento temporal de residuos peligrosos, garantizando su resguardo y posterior traslado a instalaciones autorizadas.</p> |  |
| | <p>Contemplar un área destinada a un humedal artificial para el tratamiento y recirculación de aguas grises.</p> |  |
| | <p>Colocar plantas de tratamiento independientes en los terrenos 1 y 2 para garantizar el manejo adecuado de las aguas residuales generadas en cada sector.</p> |  |
| | <p>Utilizar contenedores para residuos orgánicos, inorgánicos y reciclables, conforme a la normativa del MARN, para facilitar la clasificación y recolección de los desechos generados en el conjunto.</p> |  |
| <p>ESTRUCTURALES</p> | <p>Utilizar un sistema de marcos rígidos de acero en el área de tratamiento de desechos para que permitan una fácil modulación y futuras expansiones del proyecto.</p> |  |
| | <p>Diseñar espacios con claros amplios y sin columnas intermedias en las áreas operativas para facilitar el flujo continuo de maquinaria y trabajadores.</p> |  |

| | |
|--|--|
| <p>Emplear cubiertas metálicas ligeras para reducir el peso de la estructura y facilitar la integración de paneles solares, para contribuir a un diseño eficiente y sostenible.</p> |  |
| <p>Implementar materiales como acero galvanizado y concreto reforzado que resistan la humedad, los cambios climáticos extremos y el desgaste por el uso continuo del área operativa.</p> |  |
| <p>Utilizar materiales para aislante térmico en las fachadas, para mejorar el confort en las áreas de trabajo y reducir la incidencia solar directa.</p> |  |
| <p>Utilizar la pendiente natural del terreno para la colocación de drenajes, de tal manera que el sistema funcione por gravedad.</p> |  |

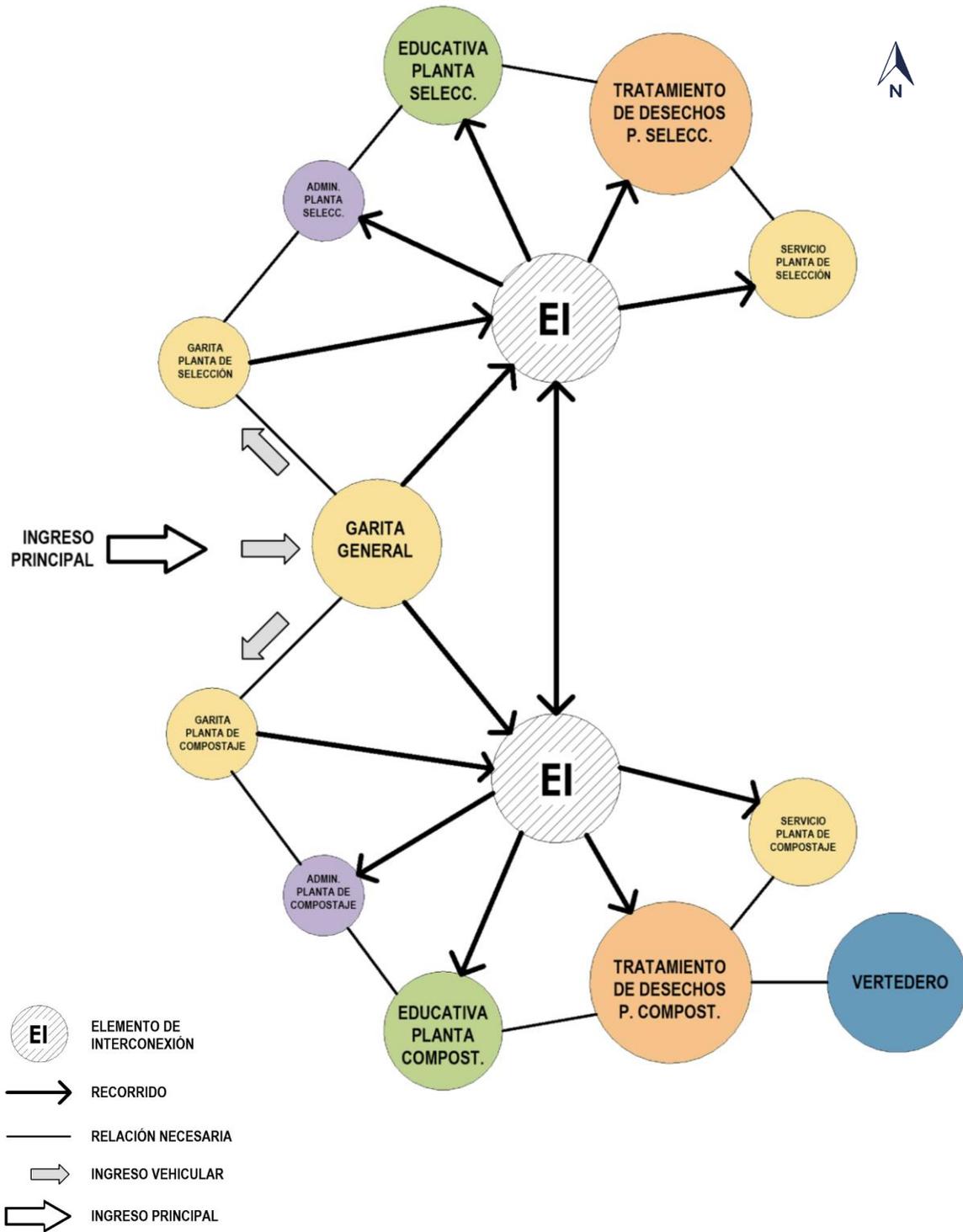
5.5.2 DIAGRAMA DE PREPONDERANCIA



5.5.3 DIAGRAMA DE RELACIONES



5.5.4 DIAGRAMA DE CIRCULACIONES



5.5.5 DIAGRAMA DE BLOQUES

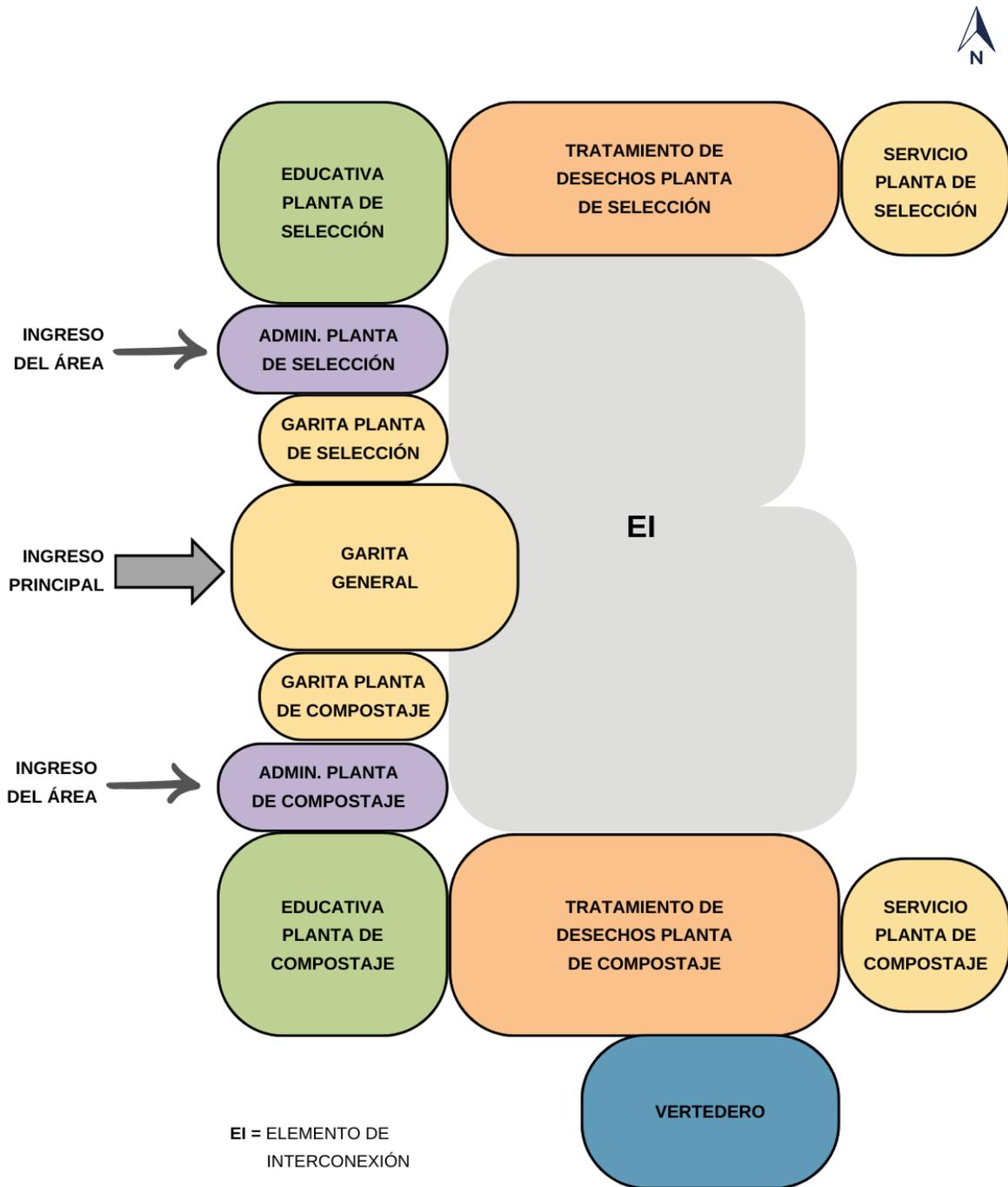


DIAGRAMA DE RELACIONES

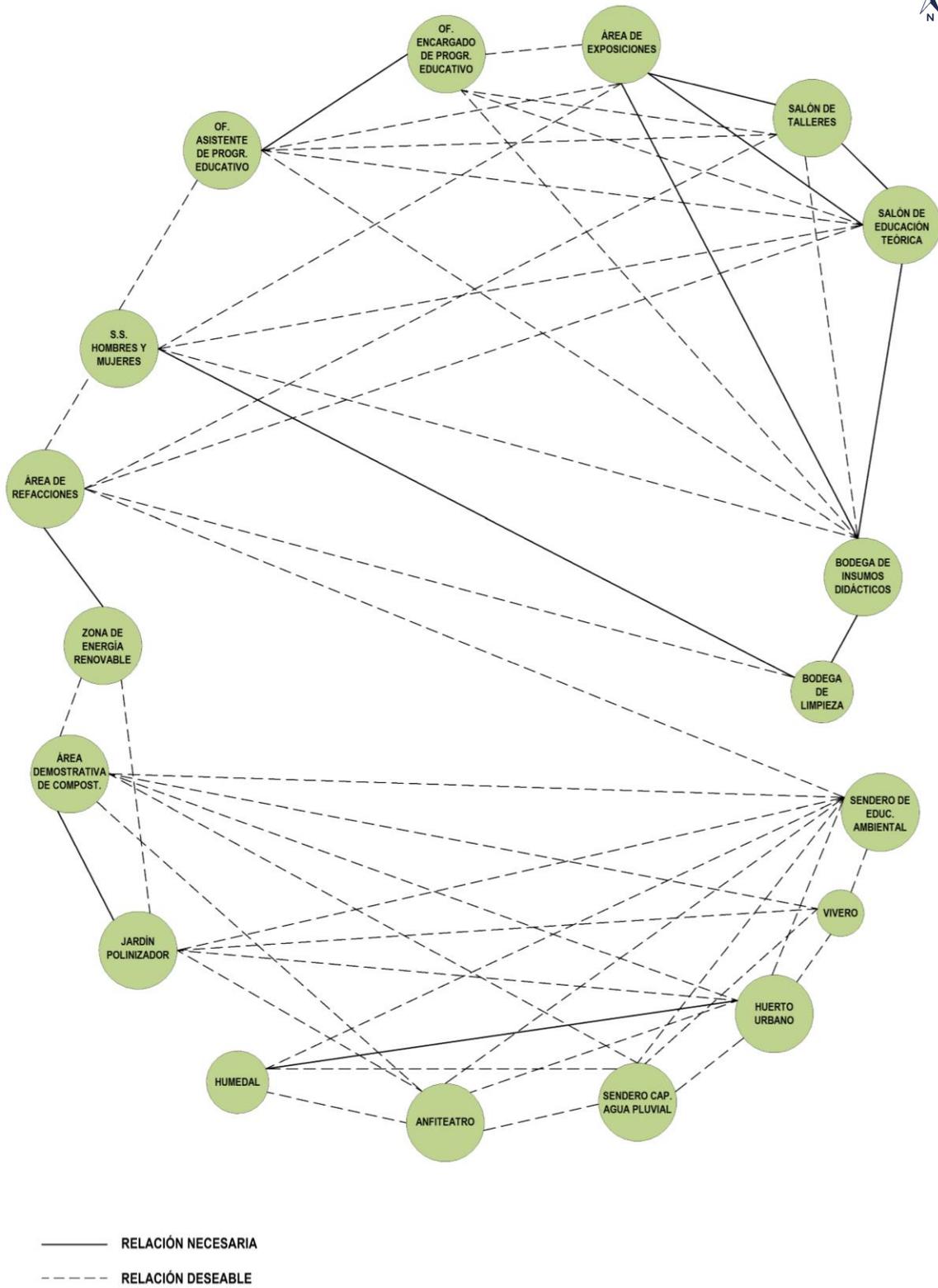
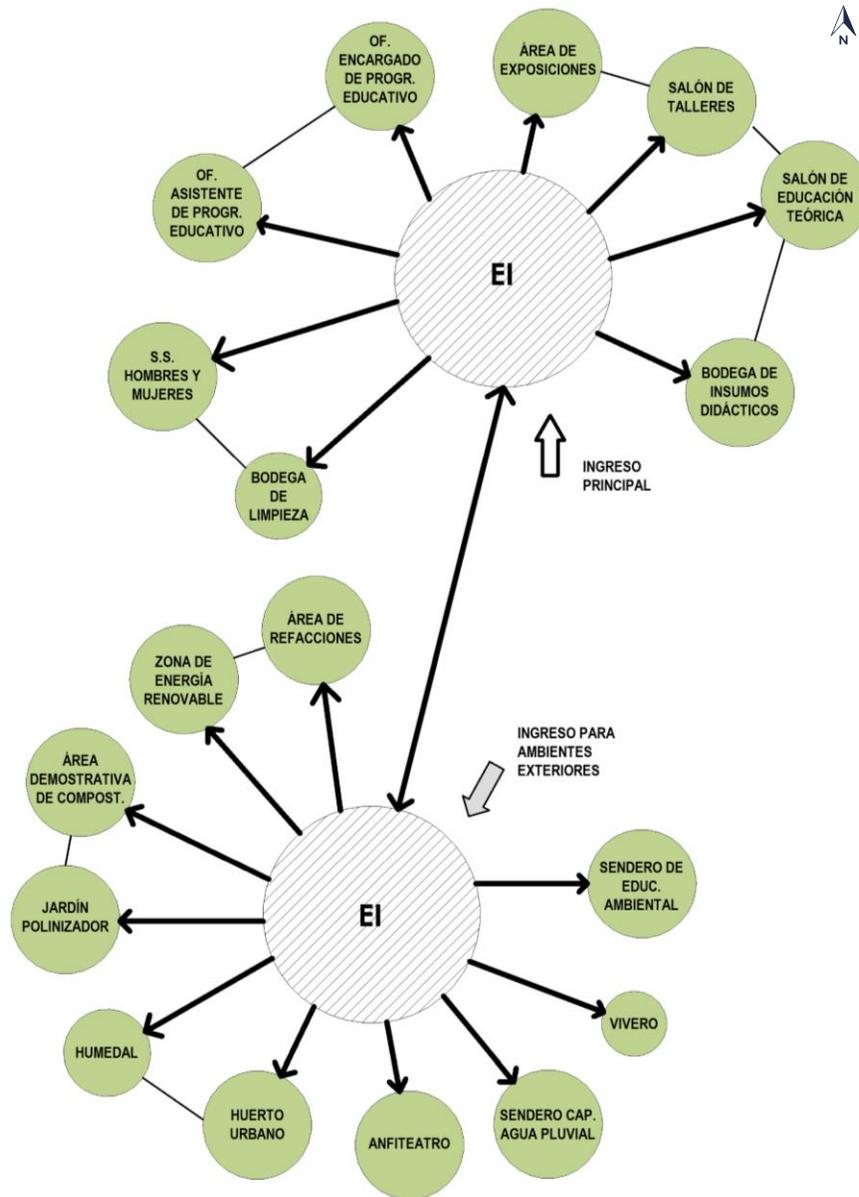


DIAGRAMA DE CIRCULACIONES



- ELEMENTO DE INTERCONEXIÓN
- RECORRIDO
- RELACIÓN NECESARIA
- INGRESO PRINCIPAL
- INGRESO VEHICULAR

DIAGRAMA DE RELACIONES

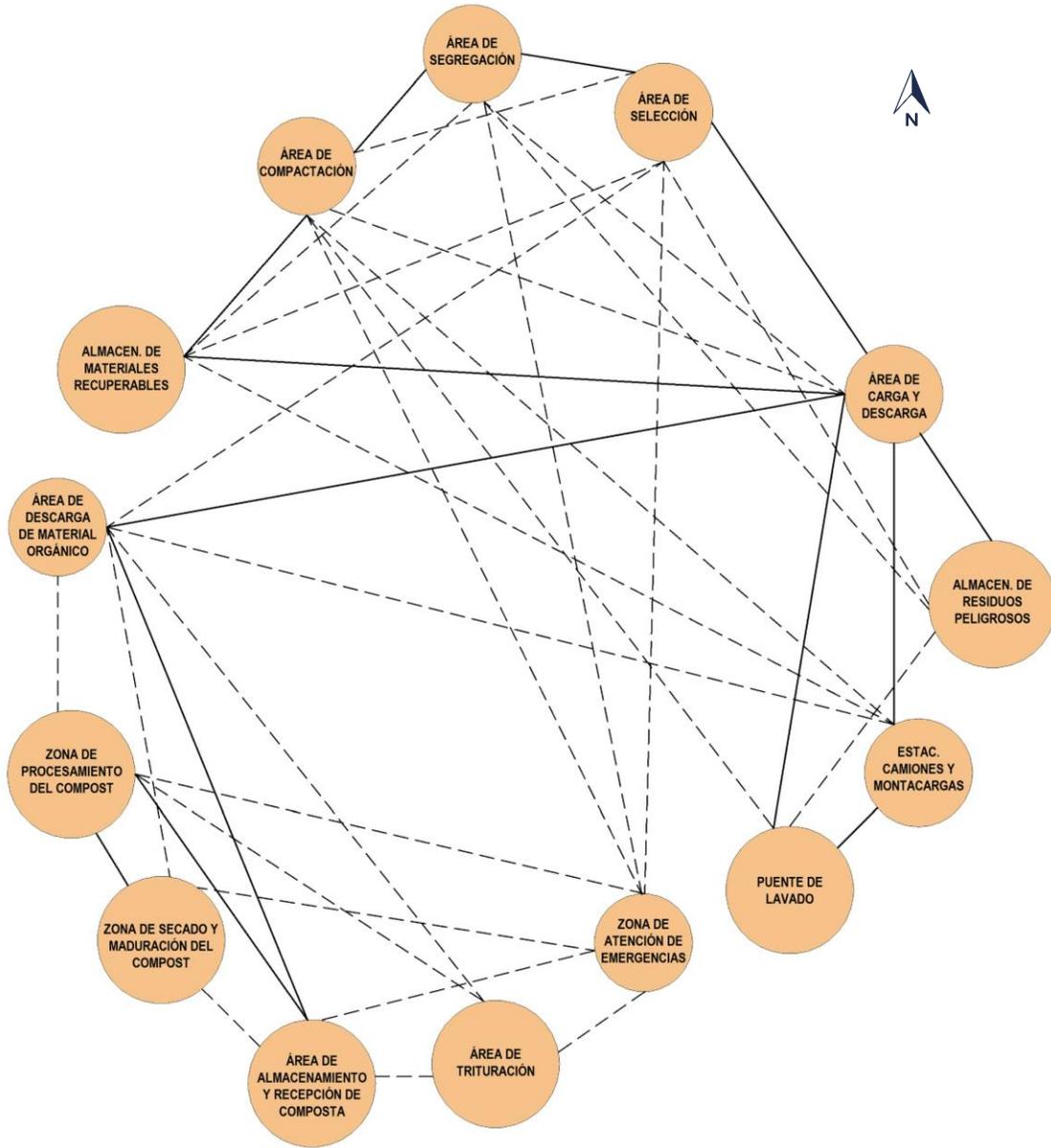


DIAGRAMA DE CIRCULACIONES

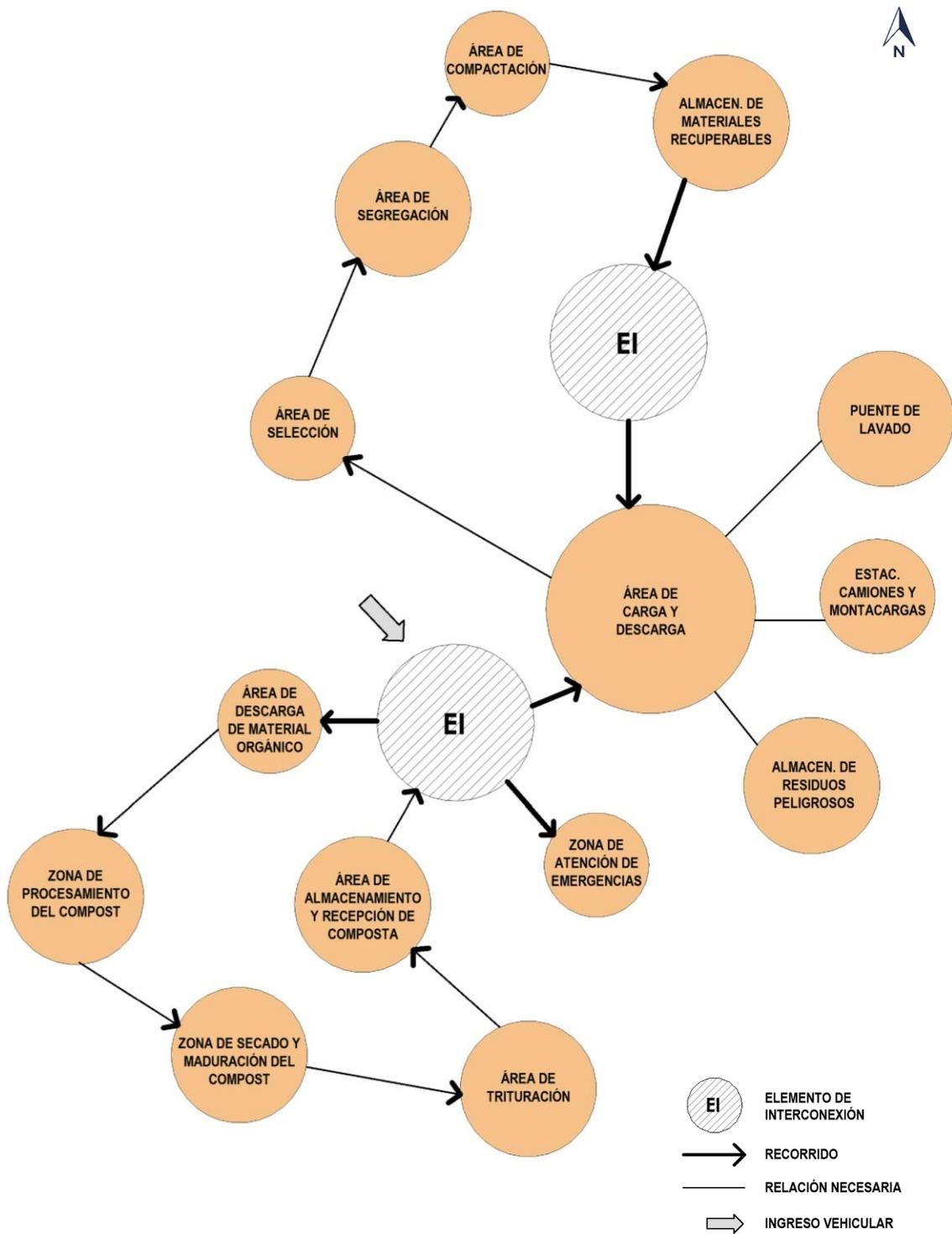


DIAGRAMA DE RELACIONES

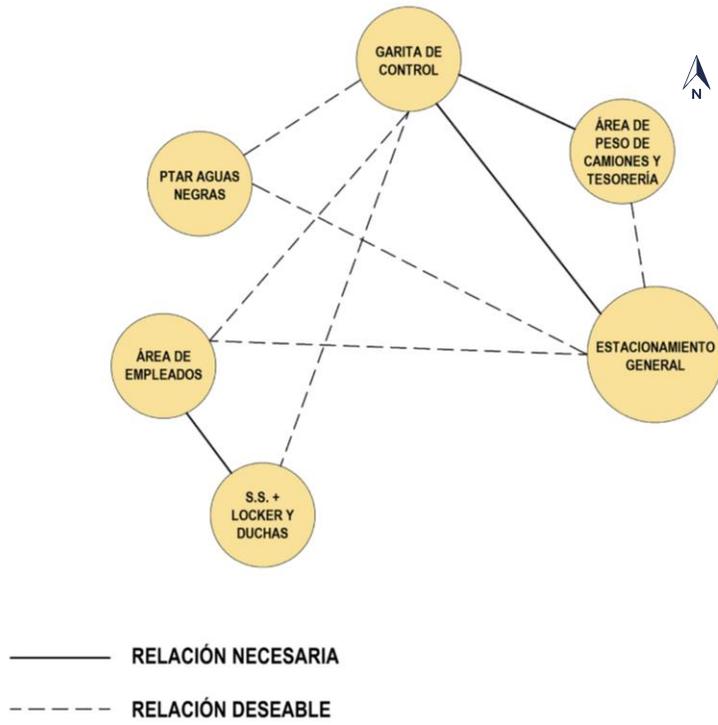


DIAGRAMA DE CIRCULACIONES

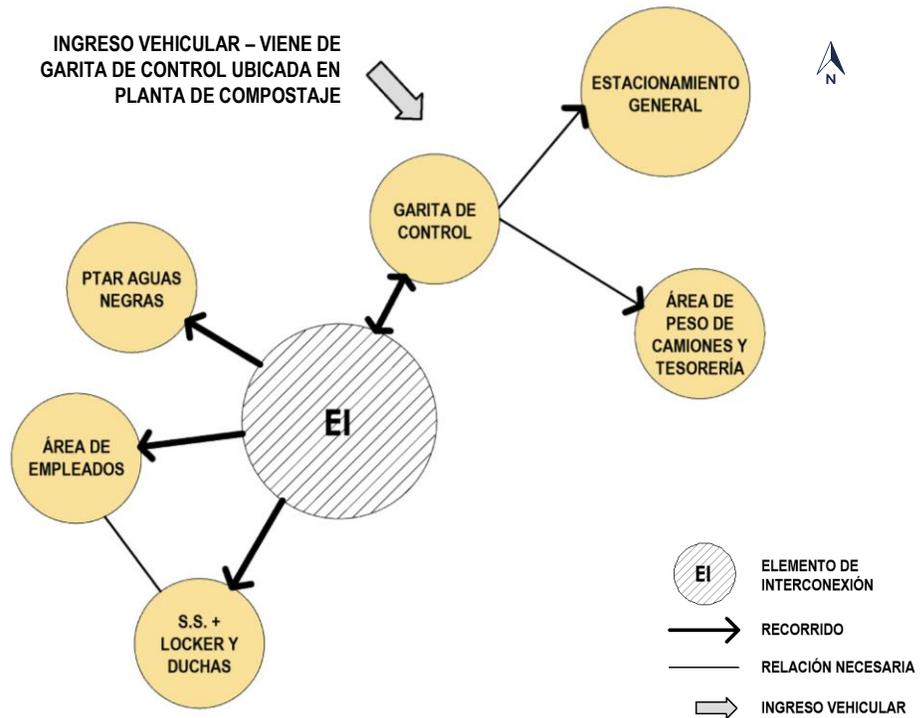


DIAGRAMA DE RELACIONES

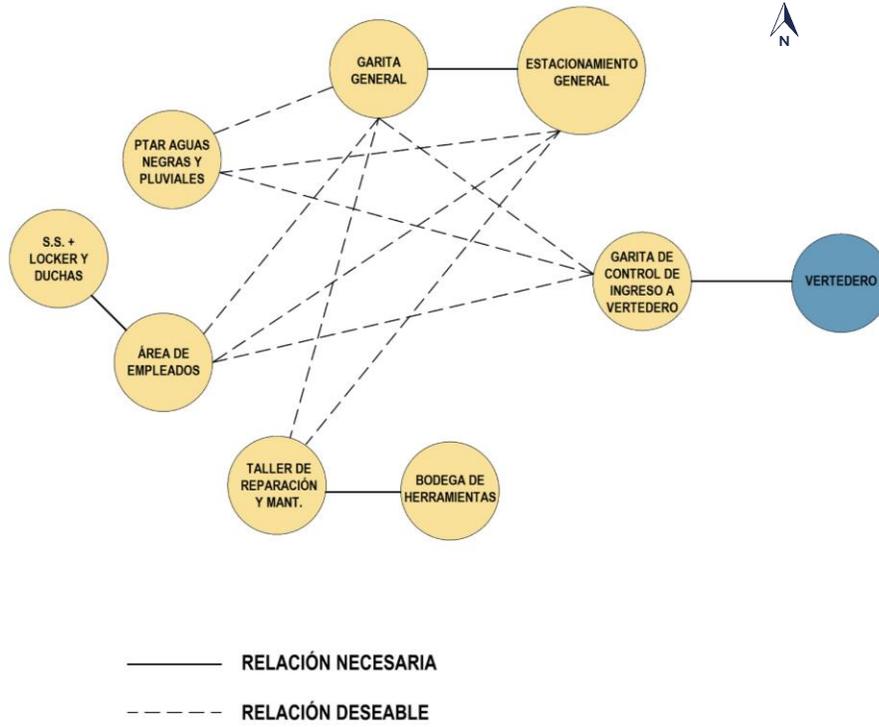
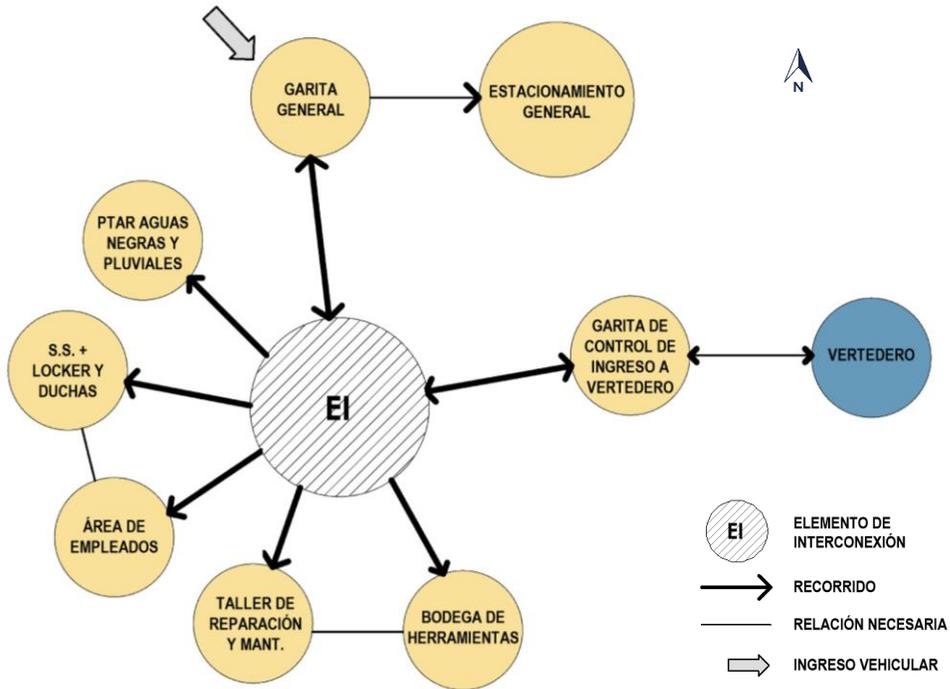


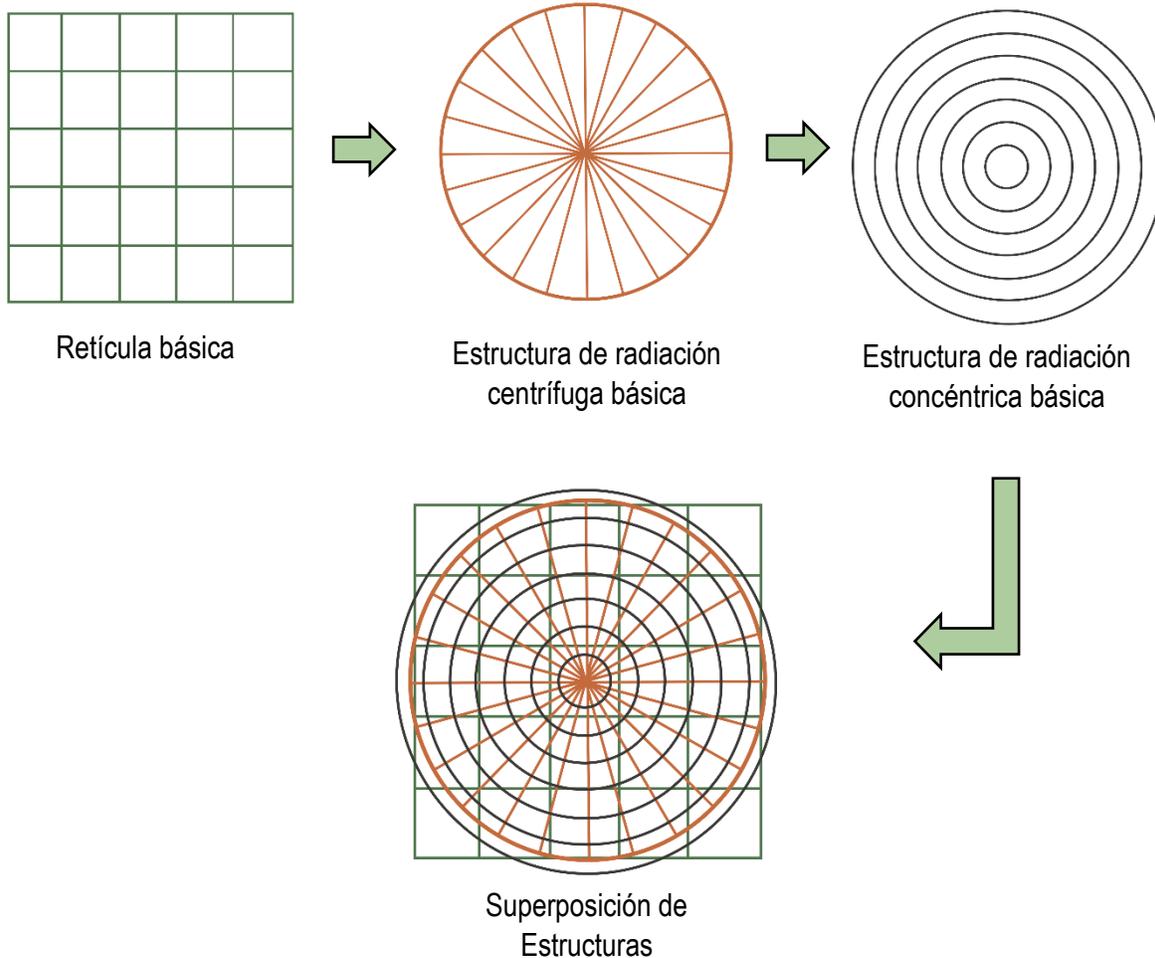
DIAGRAMA DE CIRCULACIONES



5.12 CONCEPTUALIZACIÓN FORMAL

Como señala Wucius Wong en *Fundamentos del diseño* “Casi todos los diseños tienen una estructura. La estructura debe gobernar la posición de las formas en un diseño”. Además, destaca que “La estructura, por regla general, impone un orden y predetermina las relaciones internas de las formas de un diseño”⁴⁸. Tomando estos conceptos como referencia, se utiliza como técnica de diseño la **Superposición de Estructuras**. Esta consiste en colocar una estructura sobre otra sin alterar su forma general, sirviendo, así como punto de partida para la distribución espacial.

Se optó por utilizar estructura formal de radiación y repetición, la cual se caracteriza por su división en segmentos iguales o rítmicos, lo que permite una organización con una sensación de regularidad y equilibrio.



Al emplear esta técnica de diseño se logra una mejor organización del espacio optimizando su funcionalidad y distribución. Además de integrarse con el entorno natural permitió la adaptación a la topografía del terreno y la unificación de ambos lotes para evitar que se percibieran como elementos

⁴⁸ Wong, Wucius. 1993. *Fundamentos del diseño*. Barcelona: Ediciones Gustavo Gili.

aislados. La conexión fluida entre los espacios refuerza la cohesión del conjunto y mejora la experiencia del usuario dentro del proyecto.

La retícula básica representada por líneas verdes estableció un orden en la distribución inicial del proyecto, además que sirvió para establecer ejes de diseño, con base en la orientación solar y vientos predominantes. Las líneas diagonales, pertenecientes a la retícula de radiación centrífuga básica, responden a ejes visuales y circulaciones estratégicas que aportan dinamismo a la composición. Por otro lado, la retícula de radiación concéntrica básica refuerza la jerarquización del espacio y la relación entre los distintos elementos del diseño. En conjunto, esta superposición de estructuras permite una solución arquitectónica con mejor adaptación al contexto.

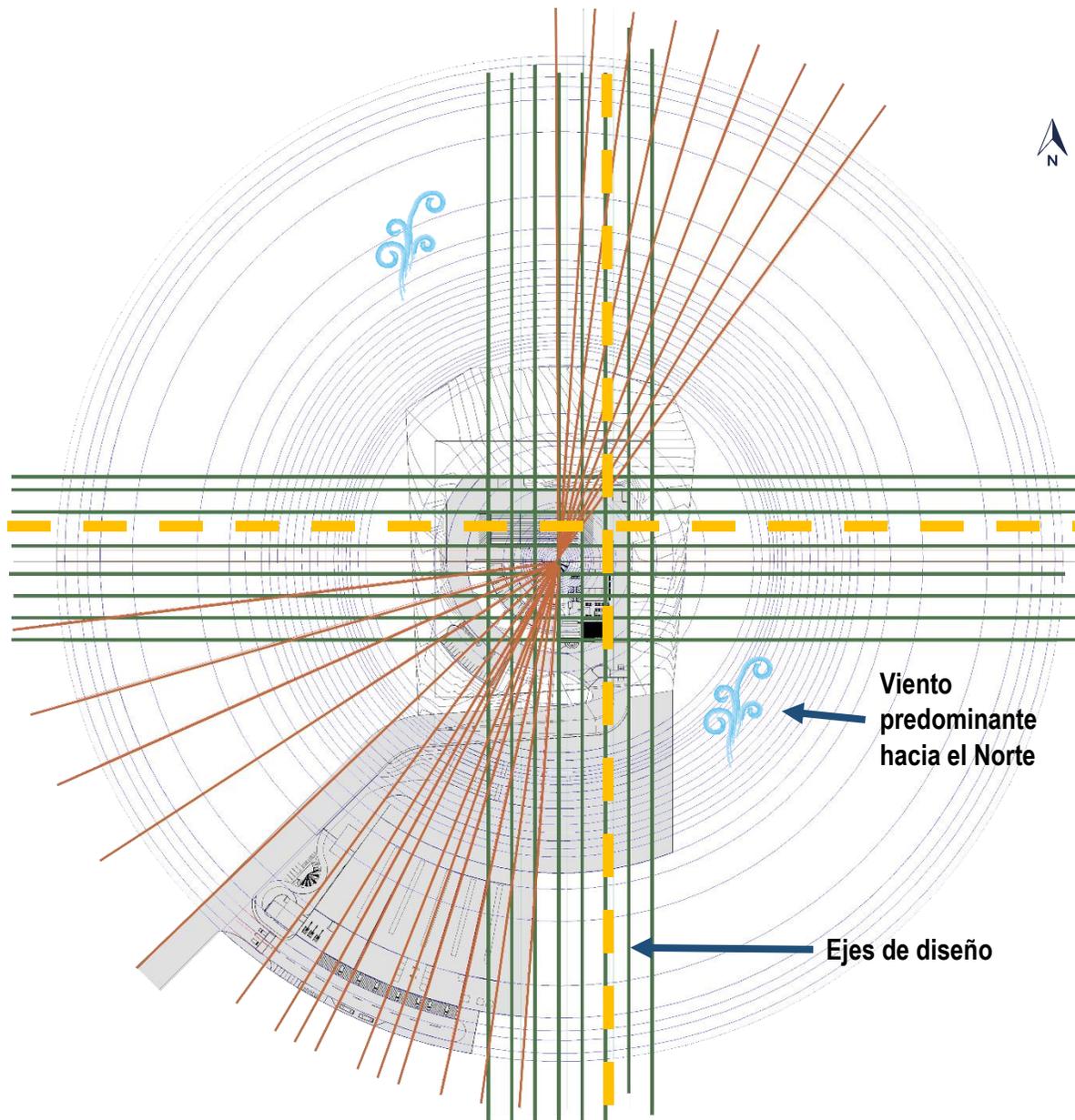


Ilustración 46 Superposición de Estructuras en la Planta Conjunto.
Fuente: Elaboración Propia.

5.13 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO V

- Con base en el estudio de caracterización de residuos proporcionado por la Municipalidad de Río Hondo se realizó el predimensionamiento de las áreas necesarias para el tratamiento de residuos. Esto permitió definir una distribución eficiente de los espacios de tal manera que no interfiera en el funcionamiento del proyecto, generación de desechos y el crecimiento poblacional.
- La zonificación de la planta separa las áreas operativas de las zonas educativas, asegurando que las actividades de clasificación de desechos y tratamiento, no afecten la experiencia de los visitantes.
- La planta no solo representa una solución para la gestión de residuos, sino que se consolida como un elemento arquitectónico que refuerza la identidad urbana y la conciencia ambiental del municipio, promoviendo la educación y participación ciudadana.

*Aldea Monte Grande, Río Hondo, Zacapa.
Fuente: Mónica Esquivel.*





6. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA



6.1 PROPUESTA ARQUITECTÓNICA PARA PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA

UBICACIÓN: ALDEA PANALUYA, RÍO HONDO, ZACAPA

TEMA: MANEJO AMBIENTAL Y GESTIÓN DE RIESGOS

ÁREA: 69 482.24 m².

DISEÑO: JANICE FLORES

AÑO: 2025

El proyecto se desarrolló en un área total de 69 482.24 m² (9.85 manzanas), resultado de la integración de tres sectores: un terreno inicial proporcionado por la municipalidad de 21 169 m², identificado e incorporado tras el proceso de investigación y diagnóstico sobre la generación de residuos en el municipio, y el área correspondiente al vertedero municipal existente, que abarca 22 170 m². Esta unión permite una intervención más integral y estratégica en la gestión de desechos sólidos de Río Hondo, Zacapa.

Se propone una Planta de Selección y Clasificación de Desechos Sólidos Domiciliars con el objetivo de mejorar la gestión de residuos, reducir su impacto ambiental y fomentar la economía circular. El recorrido operativo inicia en una garita general con báscula y control administrativo, luego los camiones ingresan a la planta de compostaje y continúan hacia la planta de clasificación donde se separan los desechos reciclables y no reciclables. Estos últimos son trasladados al vertedero municipal a través de una garita interna, en el cual se recomienda que se utilice como un relleno sanitario controlado con muro perimetral, para mejorar la seguridad y gestión de los desechos.

Cada área del proyecto cuenta con zonas administrativas y educativas, consolidando un enfoque técnico y de conciencia comunitaria. El diseño incorpora principios de sostenibilidad y arquitectura High Tech, además se utilizan estructuras modulares, senderos interpretativos, zonas verdes, un edificio de educación ambiental y espacios de interacción comunitaria.

Se prioriza el uso de vegetación endémica para proporcionar sombra, confort térmico y mitigación de impactos, integrando el paisaje natural del bosque húmedo subtropical templado.

En cuanto al emplazamiento, se ha realizado un análisis detallado de las condiciones del terreno, identificando sus potencialidades y limitaciones. Como resultado, el diseño aprovecha la pendiente natural del sitio, minimizando el movimiento de tierra y colocando las plataformas de manera escalonada. Esta estrategia, además de reducir costos de construcción, preserva la topografía original en su mayoría y mantiene las vistas panorámicas del área. Un ejemplo de esta adaptación es el anfiteatro propuesto, que se integra de manera armoniosa al terreno.

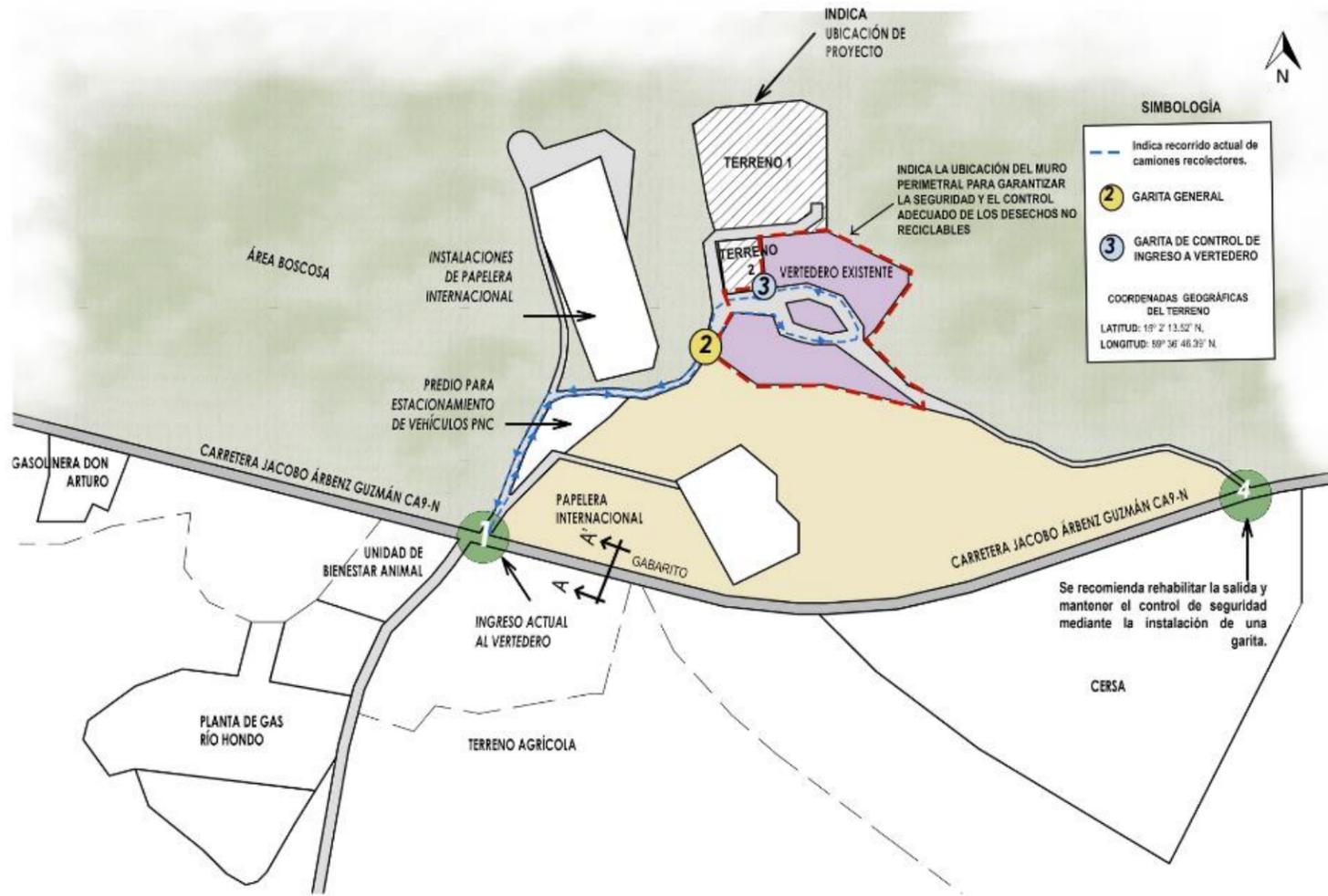
Desde el punto de vista morfológico, se ha empleado la técnica de superposición de estructuras para garantizar la unidad del proyecto y su integración con el entorno. La doble piel del edificio inspirada en

los cactus característicos del departamento de Zacapa, junto con la paleta de color alusiva al “Reino Ecológico de Oriente”, refuerza la identidad del municipio dentro del diseño arquitectónico. Asimismo, se han seleccionado materiales locales y sostenibles como el bambú, que puede obtenerse en plantaciones cercanas, producto del recurso hídrico del municipio y la estructura metálica, cuya disponibilidad en la zona industrial del municipio facilita la adquisición del material y la contratación de mano de obra calificada, reduciendo los tiempos de ejecución.

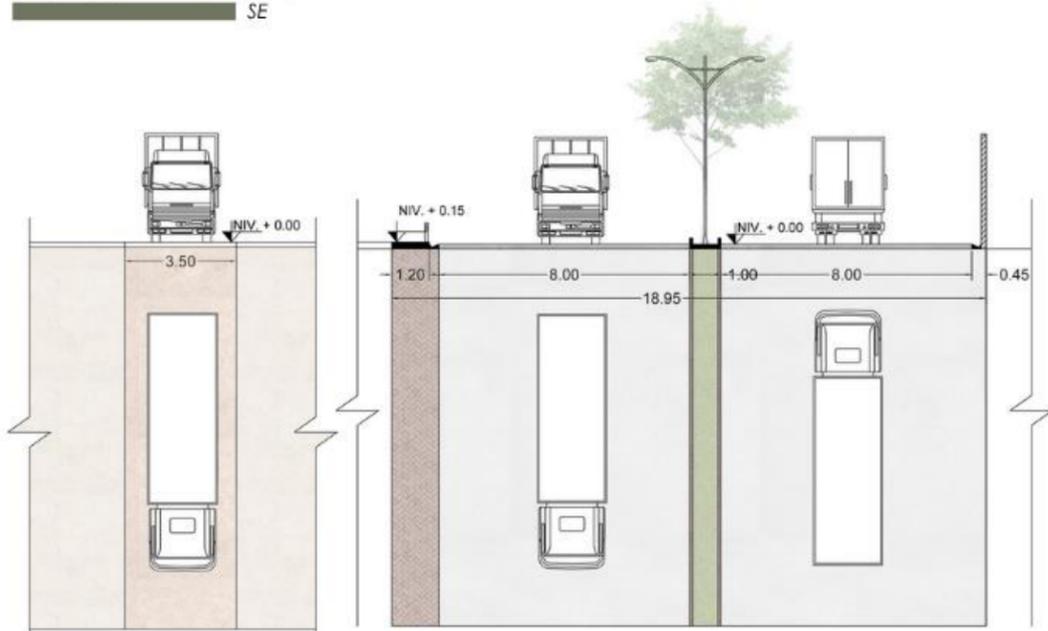
La distribución espacial del proyecto responde a un análisis detallado del Reglamento de la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Domiciliarios (Acuerdo Gubernativo 164-2021), asegurando su operatividad y eficiencia. Las áreas para circulación vehicular y peatonal han sido diseñadas para evitar interferencias entre las zonas del conjunto, iniciando desde la garita general, que servirá como punto de control y tesorería y distribuyéndose hacia las distintas áreas de la planta.

El proyecto incorpora diversas estrategias para minimizar el impacto ambiental e incluye la integración de energía renovable mediante paneles solares en las cubiertas, la recolección y reutilización de agua pluvial, optimización de la ventilación natural y el uso eficiente de la iluminación natural para reducir el consumo energético.

Se espera que este proyecto se convierta en un referente para la gestión sostenible de residuos en la región, promoviendo la educación ambiental y la participación comunitaria, reforzando la identidad del municipio como el “Reino Ecológico de Oriente”.

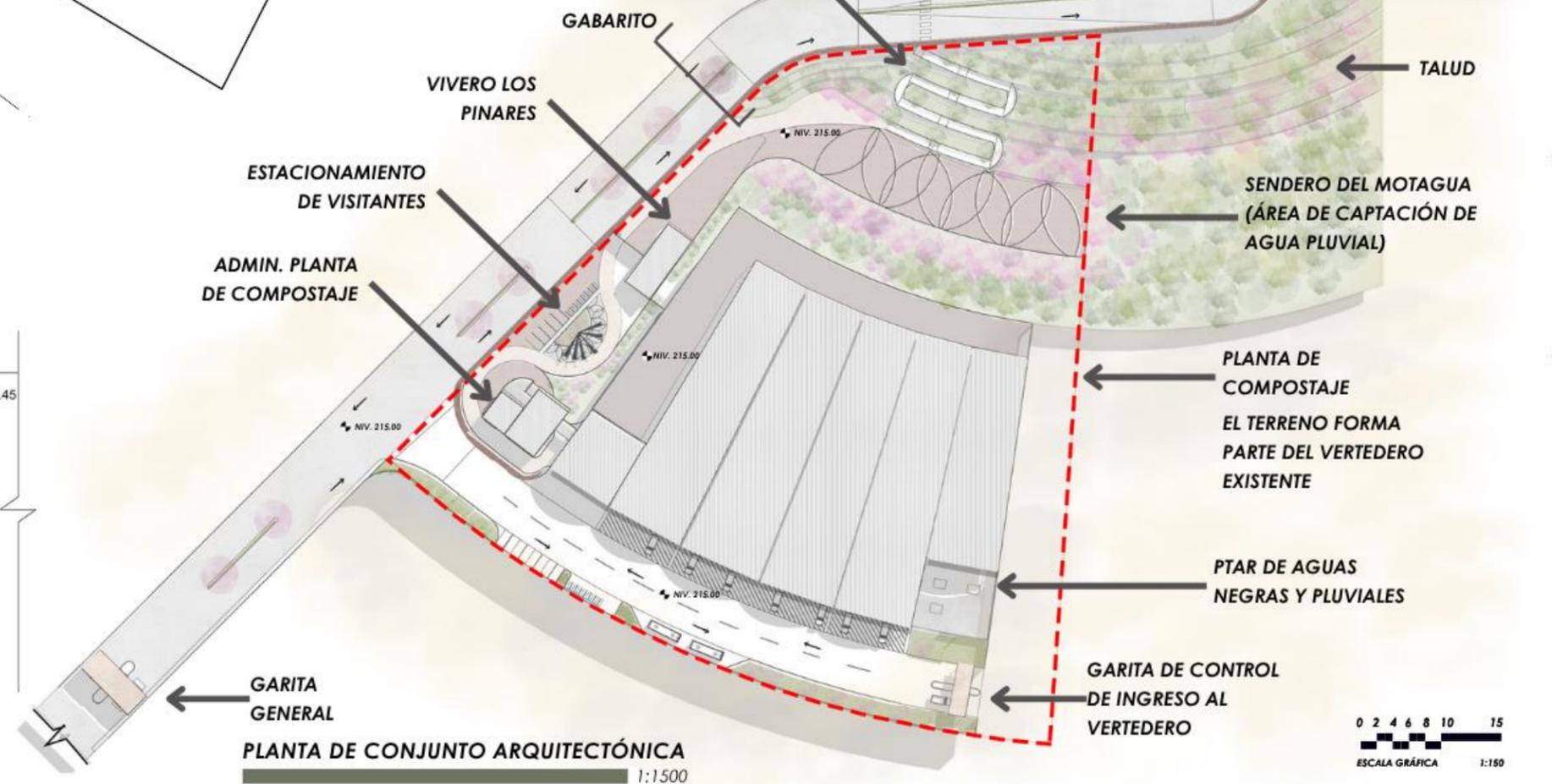


INGRESO A PROYECTO
SE



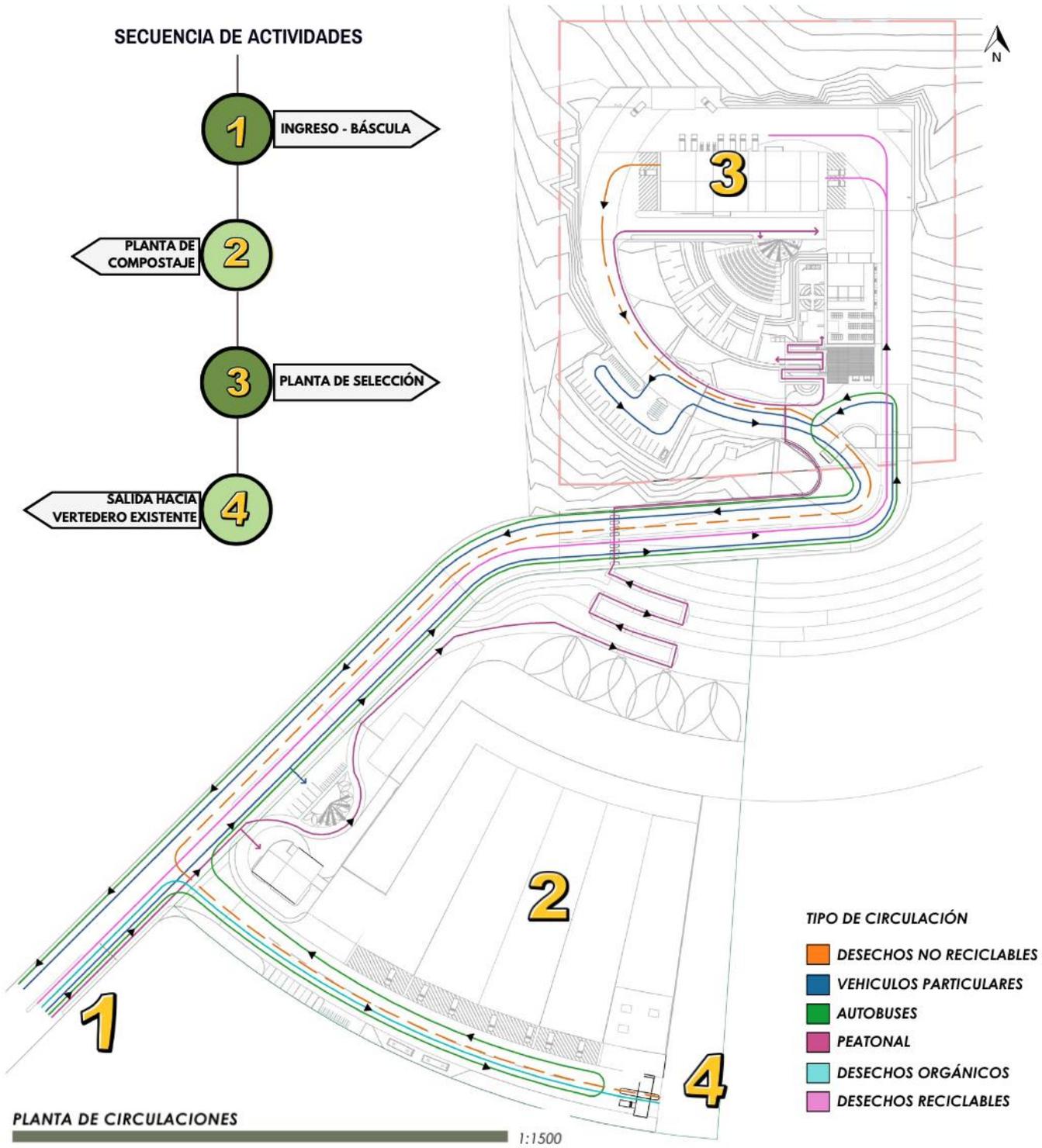
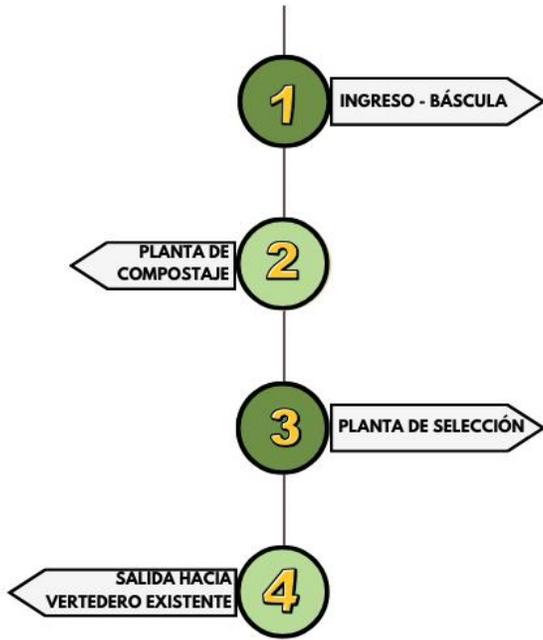
GABARITO ACTUAL
SE

GABARITO PROPUESTO
SE



0 2 4 6 8 10 15
ESCALA GRÁFICA 1:150

SECUENCIA DE ACTIVIDADES

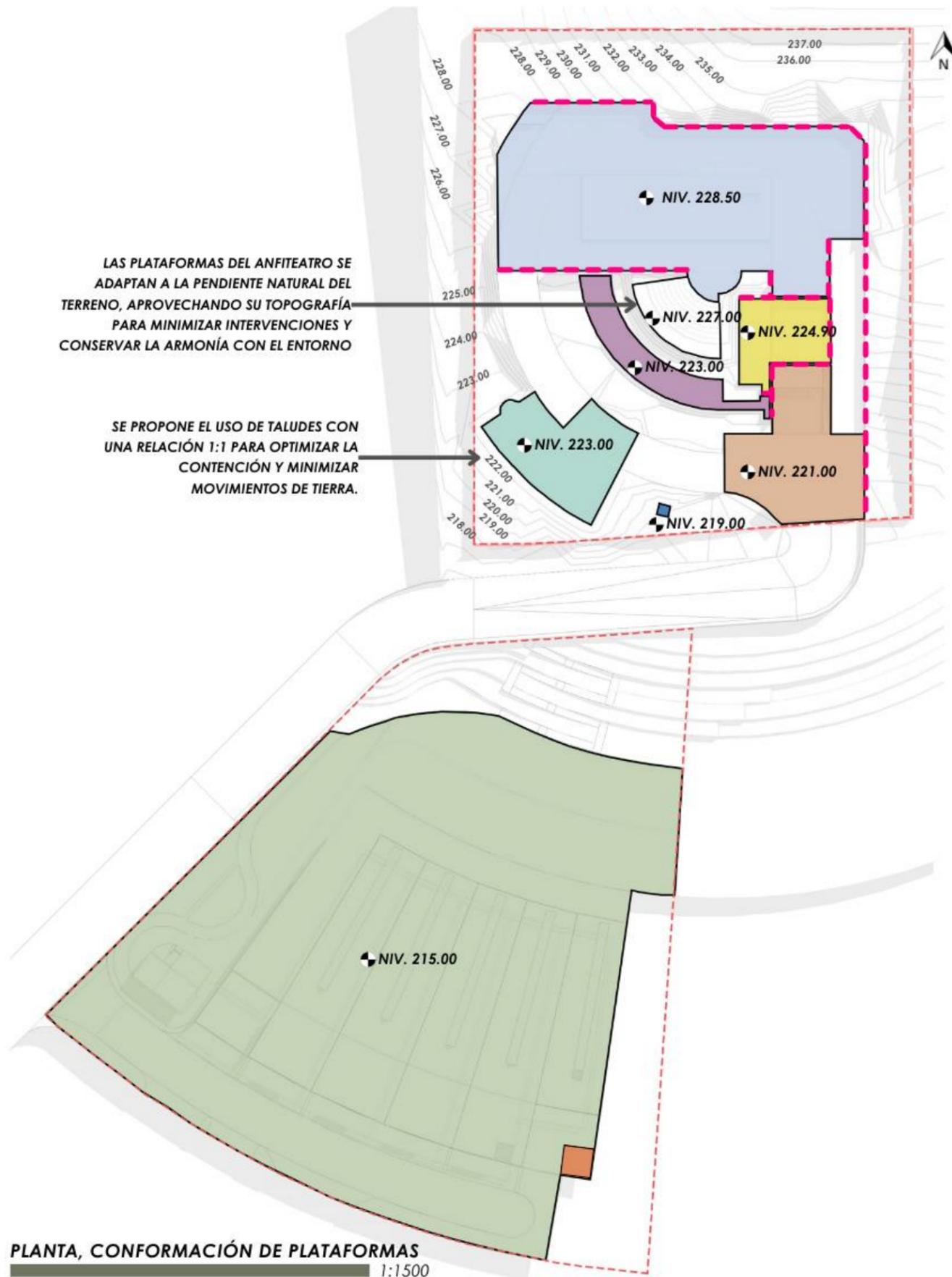


TIPO DE CIRCULACIÓN

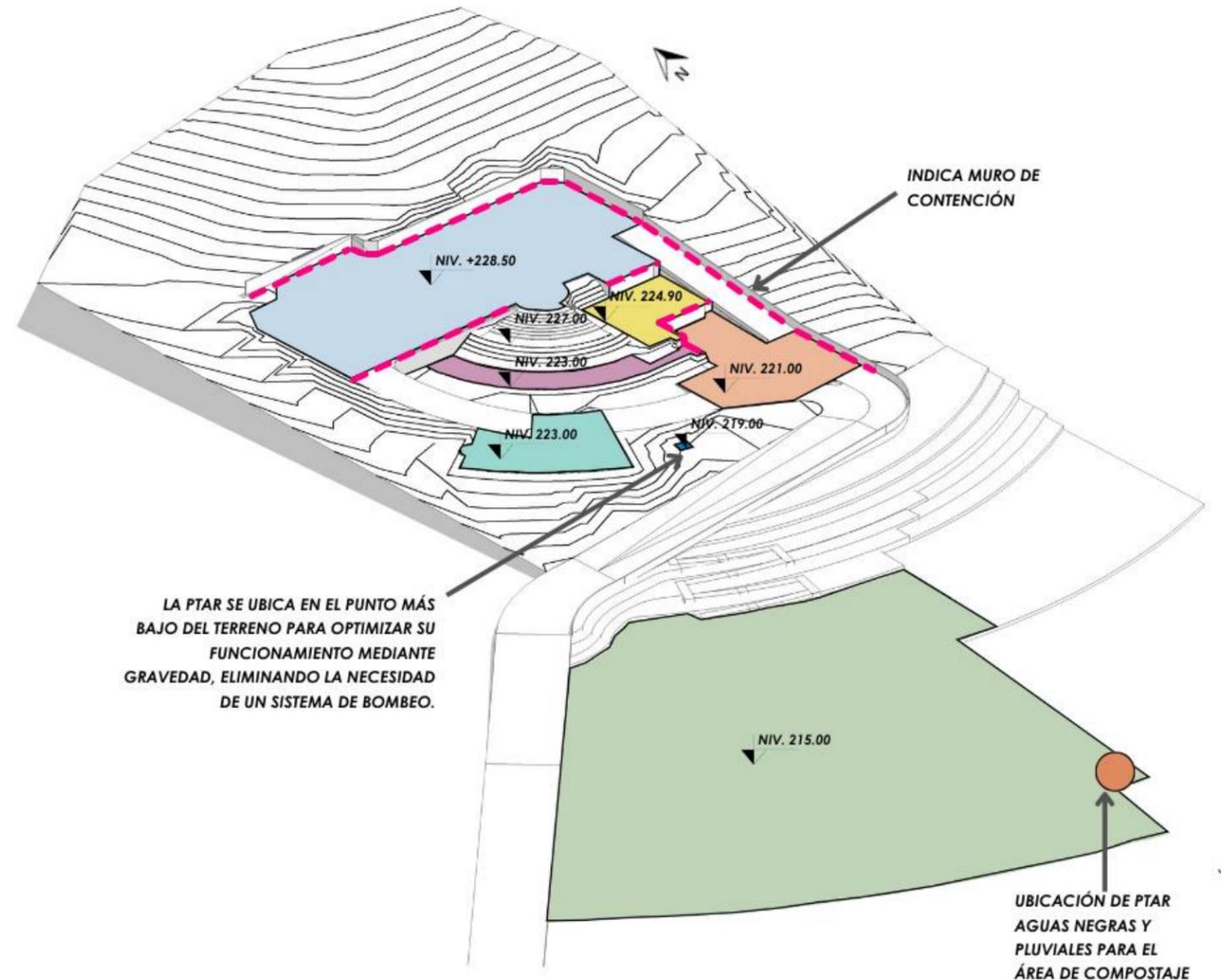
- DESECHOS NO RECICLABLES
- VEHICULOS PARTICULARES
- AUTOBUSES
- PEATONAL
- DESECHOS ORGÁNICOS
- DESECHOS RECICLABLES

PLANTA DE CIRCULACIONES

1:1500

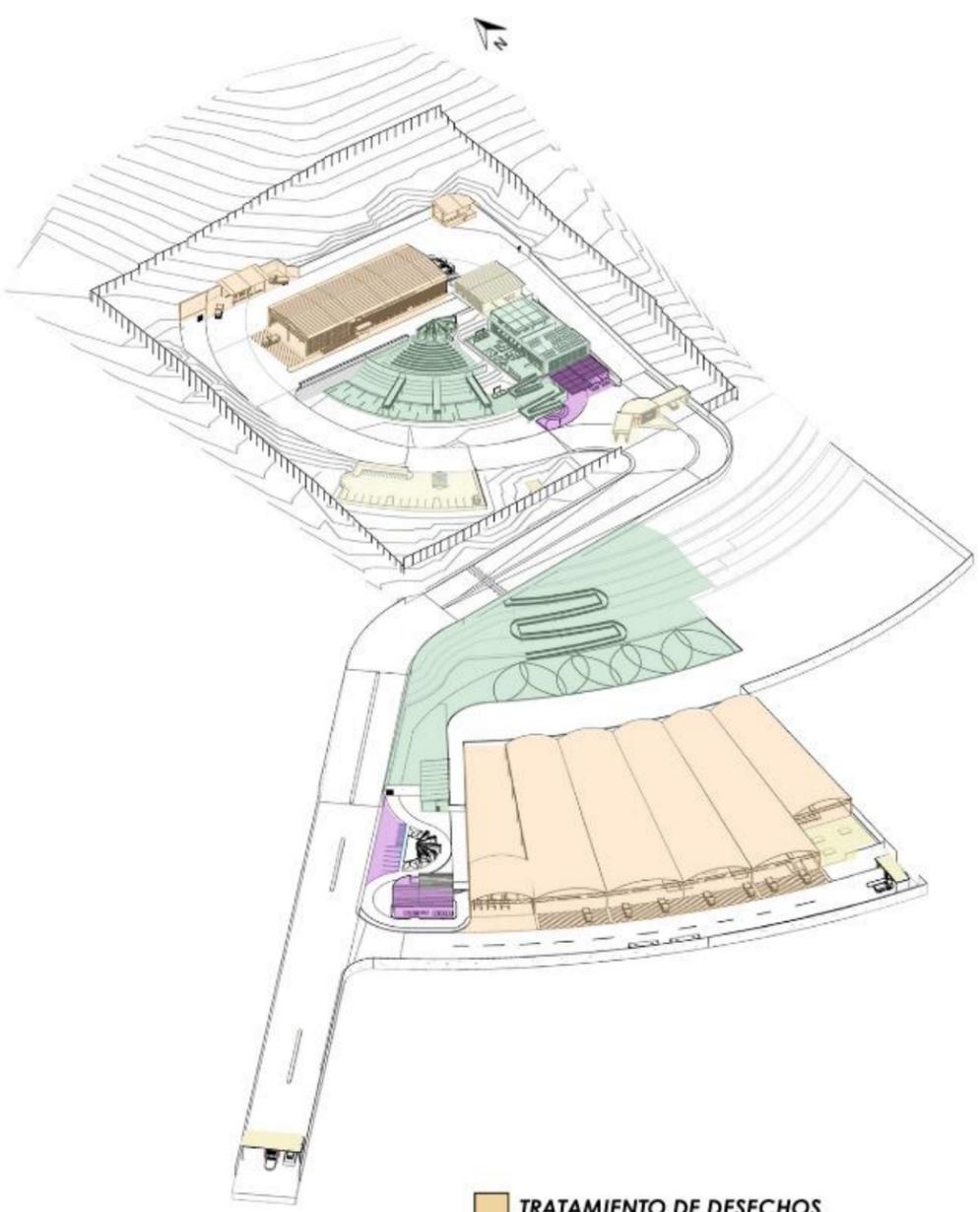
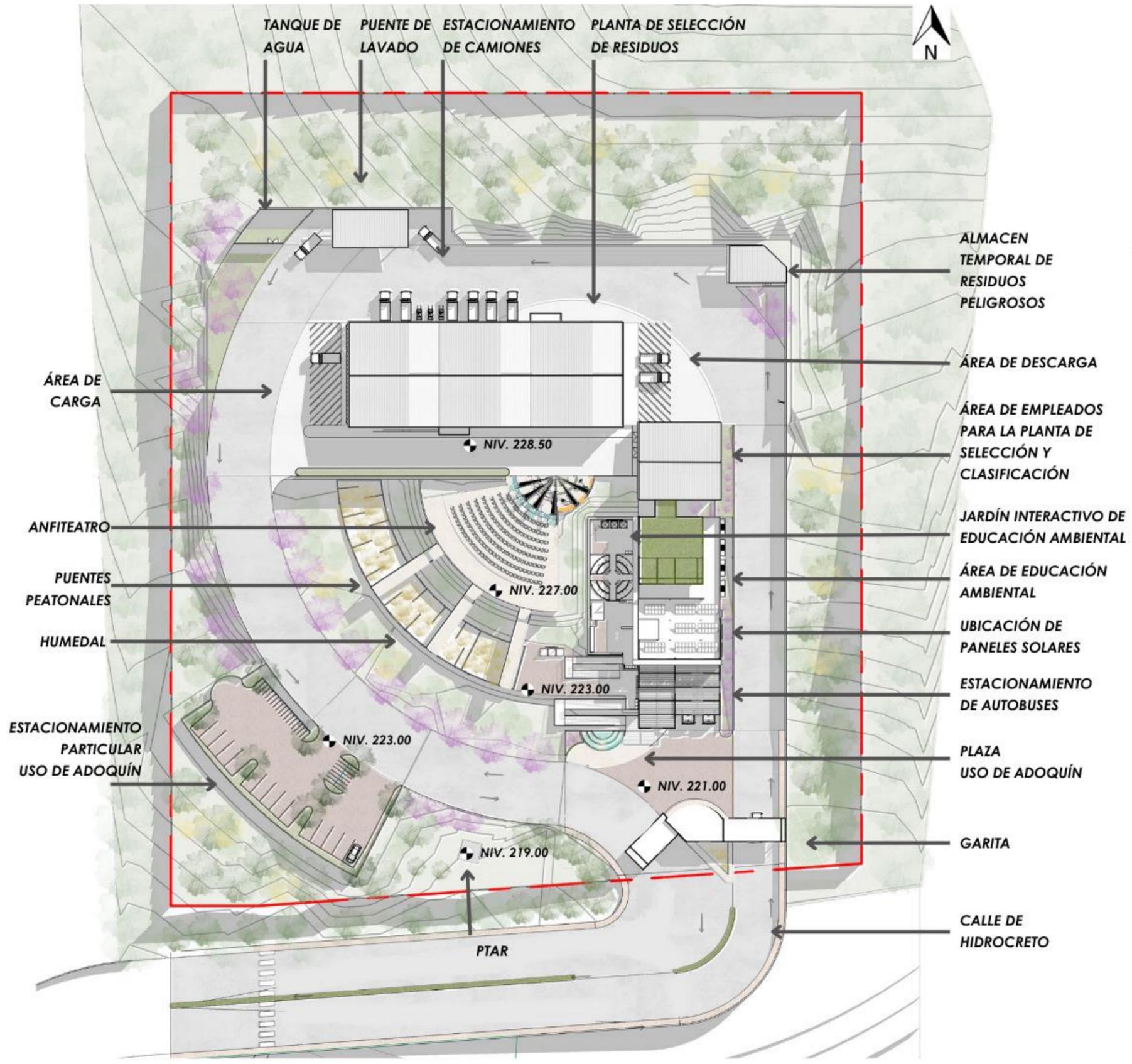


PLANTA, CONFORMACIÓN DE PLATAFORMAS
1:1500

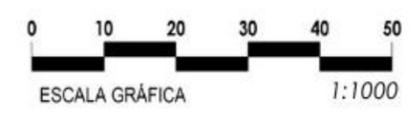


ISOMÉTRICO, CONFORMACIÓN DE PLATAFORMAS
1:1000

| TABLA DE PLANIFICACIÓN TOPOGRÁFICA | | |
|------------------------------------|--------------|------------------|
| RELLENO | CORTE | ÁREA DEL TERRENO |
| 10,036.94 M3 | 11,187.56 M3 | 47,312.24 M2 |

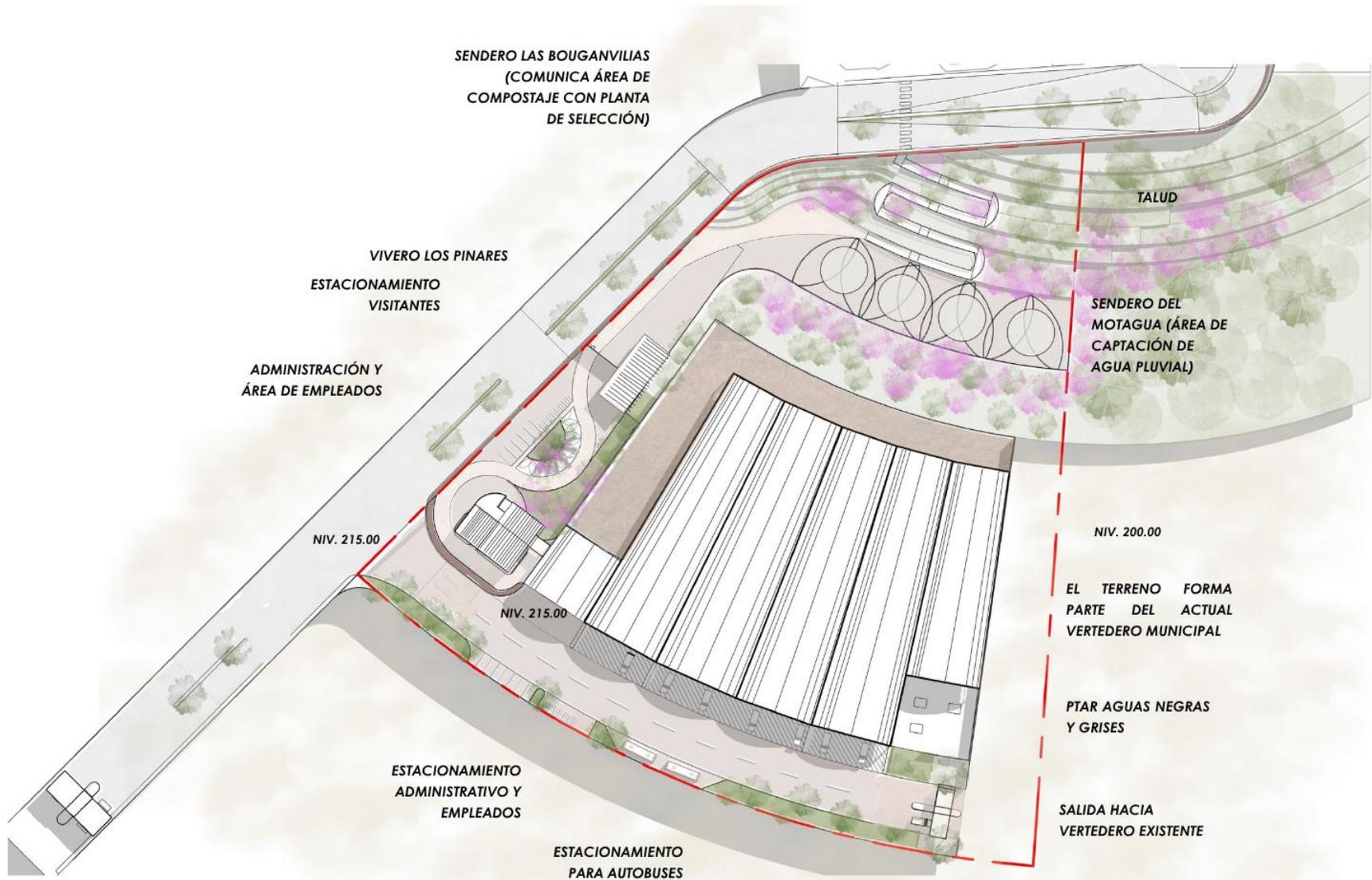


ISOMÉTRICO DE ZONIFICACIÓN

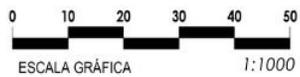


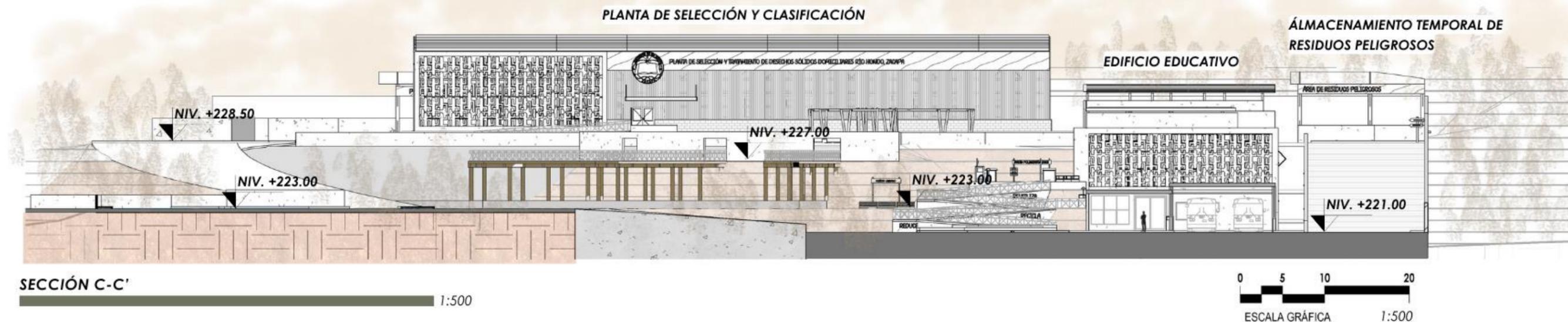
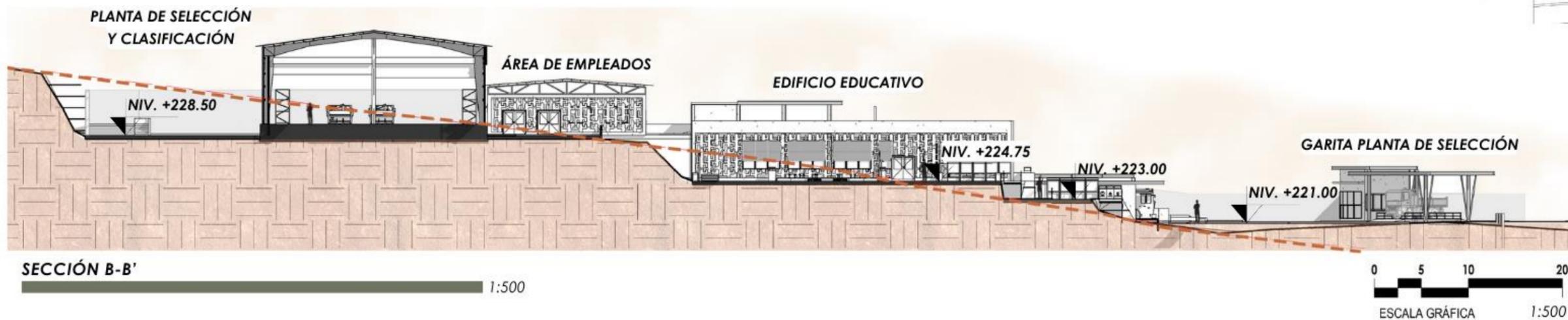
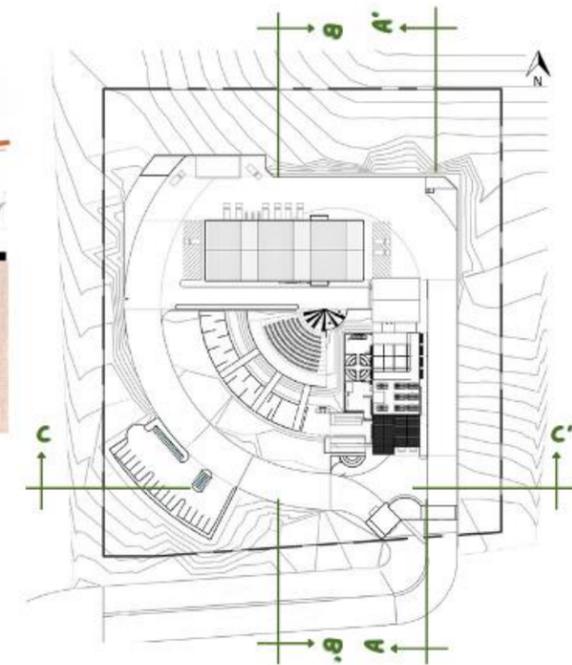
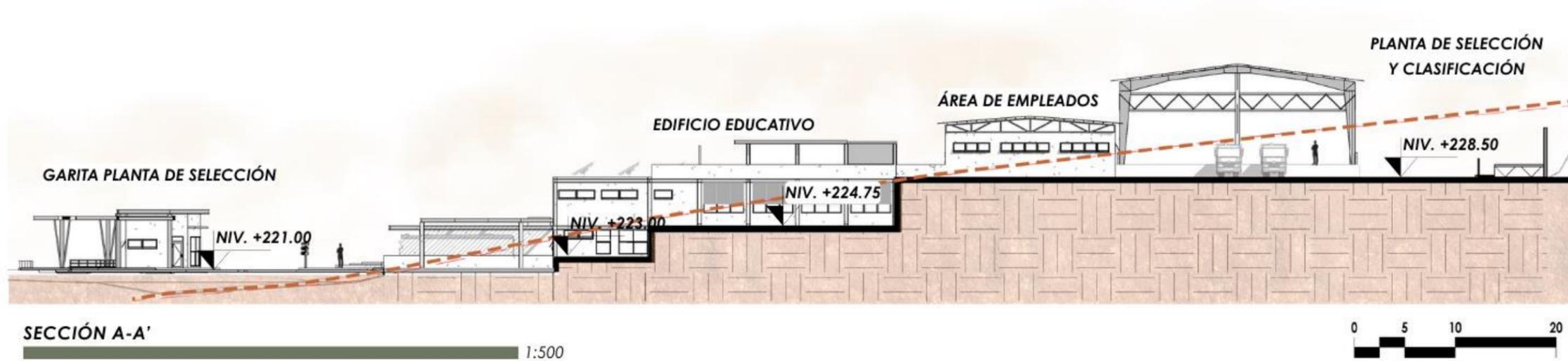
PLANTA DE CONJUNTO ARQUITECTÓNICA, PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

1:1000



PLANTA DE CONJUNTO ARQUITECTÓNICA, PLANTA DE COMPOSTAJE
1:1000





6.2 PALETA VEGETAL

Río Hondo se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo subtropical templado, una zona que combina condiciones de humedad relativa con estaciones marcadamente secas, lo cual permite el desarrollo de especies vegetales tanto endémicas como adaptadas a estos microclimas. En el marco del presente proyecto, se ha propuesto la incorporación de vegetación nueva, conformada por especies endémicas que aportan valor ornamental y funcional al entorno. La elección de estas especies responde a criterios de adaptación climática, resistencia a la sequía, control de erosión, generación de sombra, atracción de polinizadores y facilidad de mantenimiento, contribuyendo así al equilibrio ambiental y a la integración paisajística del diseño.

| PALETA VEGETAL | | | |
|----------------|--|--|--|
| ESTRATO ALTO | <p>GUAYACÁN (Guaiacum Sanctum L.)</p> | <p>Especie nativa del departamento de Zacapa, El Progreso, Suchitepéquez, Retalhuleu. De uso ornamental y de sombra, crecimiento moderado, atrae polinizadores y es ideal para mitigar el calor. (20 m de altura).</p> |  <p><i>Ilustración 47 Guayacán.</i> Fuente: Roberto del Cid, Facebook, 16 de marzo, 2021. https://www.facebook.com/groups/83723428145/permalink/10160756392713146/</p> |
| | <p>PALO BLANCO (Tabebuia donnell-smithii)</p> | <p>Uso ornamental y de sombra, resistente a la sequía. (miden hasta 30 m. de altura).</p> |  <p><i>Ilustración 48 Palo Blanco.</i> Fuente: SalvaNatura Fundación Ecológica, Facebook, 14 de febrero, 2021. https://www.facebook.com/salvanatura/posts/4116709208368580</p> |

| | | |
|--|--|---|
| <p>MATILISGUATE (<i>Tabebuia rosea</i>)</p> | <p>Árbol tropical capaz de adaptarse y crecer bajo diferentes condiciones climáticas, tolera suelos secos e inundaciones. (10 - 30 m.)</p> |  <p>Ilustración 49 Matilisguate. Fuente: Explorando Zacapa, Facebook, 21 de marzo, 2025. https://www.facebook.com/explorzacapa/photos/d41d8cd9/1078373751000231/</p> |
| <p>CAOBA (<i>Swietenia macrophylla</i> King)</p> | <p>Árbol de copa frondosa, nativo de bosques tropicales, puede llegar a medir hasta 70 m de altura y 3 m de diámetro.</p> |  <p>Ilustración 50 Caoba. Fuente: INAB Guatemala, Facebook, 12 de agosto, 2024. https://www.facebook.com/10006499833</p> |
| <p>MANGO (<i>Mangifera indica</i> L. Anacardiaceae)</p> | <p>Árbol de hoja perenne de altura de 10 - 45 m.</p> |  <p>Ilustración 51 Árbol de Mango. Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA), "El mango, fruta valorada por su sabor, versatilidad y valor nutricional," 4 de noviembre de 2024, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación de Guatemala, https://www.maga.gob.gt/el-mango-fruta-valorada-por-su-sabor-versatilidad-y-valor-nutricional/</p> |

| | | |
|--|---|--|
| <p>ENCINO (<i>Quercus oleoides</i>)</p> | <p>Su altura varía de 10 - 12 m. presenta corteza rugosa gris o negra. Crece en zonas cálidas, tolerante a suelos secos.)</p> |  <p>Ilustración 52 Árbol de Encino. Fuente: Flyhawk, comentario en "MÉXICO Debate de la Megadiversidad Climas, Flora, Fauna, Ecosistemas, Biomas," SkyscraperCity, 12 de diciembre de 2017, en la página acerca de encinos como <i>Quercus canbyi</i>, <i>Q. polymorpha</i>, etc. https://www.skyscrapercity.com/threads/m%C3%89xico-debate-de-la-megadiversidad-climas-flora-fauna-ecosistemas-biomas.1828044/page-36</p> |
| <p>CEIBA (<i>Ceiba pentandra</i> L. (Gaertner) Malvaceae)</p> | <p>Árbol que supera los 60 a 70 m. de altura y posee 3 m. de diámetro. Proporciona sombra y es resistente.</p> |  <p>Ilustración 53 Ceiba pentandra. Fuente: Rocío Cetino, Aprende Guatemala, "La Ceiba, Árbol Nacional de Guatemala," 02 de agosto, 2024. https://aprende.guatemala.com/cultura-guatemalteca/civismo/la-ceiba-arbol-nacional-de-guatemala/</p> |

| | | |
|---|--|---|
| <p>FLOR DE IZOTE (<i>Yucca gigantea</i>)</p> | <p>Planta versátil, utilizada para controlar la erosión del suelo y como cerca viva. Así como de uso ornamental.</p> |  <p>Ilustración 54 Flor de Izote. Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA), "Izote, una planta común cuya flor es comestible," 22 de noviembre, 2025. https://www.maga.gob.gt/izote-una-planta-comun-cuya-flor-es-comestible/</p> |
|---|--|---|

| | | | |
|----------------------|---|---|---|
| ESTRATO MEDIO | <p>CORALILLO (Russelia Equisetiformis)</p> | <p>Alcanza de 80 - 120 cm de alto. Uso ornamental.</p> |  <p>Ilustración 55 Coralillo. Fuente: INaturalisticEC, "Coralillo (Hamelia patens)," https://ecuador.inaturalist.org/taxa/126305-Hamelia-patens</p> |
| | <p>LANTANA CAMARA</p> | <p>Uso ornamental para plantar en maceta o en grupo.</p> |  <p>Ilustración 56 Lantana Camara. Fuente: Syngenta Flowers, Cut Flowers 2025 Assortment, sitio web de Syngenta Flowers North America. https://www.syngentaflowers.com/ams/</p> |
| | <p>BOUGAINVILLEA (Bougainvillea)</p> | <p>Árbol de tamaño mediano de tronco leñoso, puede florecer todo el año y necesita de mucho sol, alcanzando altura de 10 - 12 metros.</p> |  <p>Ilustración 57 Bougainvillea. Fuente: Albamaria1986, tablero "Boganvillas," Pinterest, 27 de febrero de 2021. https://ar.pinterest.com/albamaria1986/b</p> |
| | <p>PASCUITA (Euphorbia leucocephala Lotsy Euphorbiaceae)</p> | <p>Alcanza hasta 4 m. de alto, de uso ornamental.</p> |  <p>Ilustración 58 Pascuita. Fuente: Usuario de Facebook Marketplace, "Arbustos Euphorbia leucocephala," Facebook Marketplace, publicaciones de venta, consultado el 08 de junio de 2025, https://www.facebook.com/marketplace/item/1231828887881260/</p> |

| | | | |
|---------------------|---|---|---|
| ESTRATO BAJO | <p>CABUYA (Furcraea cabuya)</p> | <p>Planta suculenta, resistente a climas cálidos y secos. Tolera sequías extremas, suelos pobres y poca agua.</p> |  <p>Ilustración 59 Cabuya. Fuente: Adobe Stock, "Cabuya," Adobe Stock, consultado el 8 de junio de 2025. https://stock.adobe.com/es/search/imagenes?k=cabuya</p> |
| | <p>DURANTA (Duranta erecta)</p> | <p>Atrae polinizadores, resistente a sequías y de bajo mantenimiento. Puede utilizarse como cerco vivo.</p> |  <p>Ilustración 60 Duranta. Fuente: Valls Garden, "Duranta repens Aurea," consultado el 8 de junio de 2025. https://catalogovallsqarden.com.ar/producto/duranta-repens-aurea/</p> |
| | <p>SALVIA (Salvia Officinalis)</p> | <p>Es una planta herbácea aromática, resistente y de múltiples usos medicinales.</p> |  <p>Ilustración 61 Salvia. Fuente: Vivero Los Boldos, "Salvia Leucantha," consultado el 8 de junio de 2025. https://viverolosboldos.cl/products/salvia-</p> |

| | | |
|--|--|--|
| <p>ALBAHACA (Ocimum Basilicum)</p> | <p>Hierba comestible y aromática, su crecimiento puede darse en climas cálidos.</p> |  <p>Ilustración 62 Albahaca. Fuente: Amazon México, "Semi di piante di basilico Dolce Fresca," consultado el 8 de junio de 2025. https://www.amazon.com.mx/Semi-piante-basilico-Dolce-Fresca/dp/B0BQMVDTFQ</p> |
| <p>LAVANDA (Lavandula Angustifolia)</p> | <p>Arbusto pequeño, atrae polinizadores, utilizado en jardines sensoriales por su fragancia.</p> |  <p>Ilustración 63 Lavanda. Fuente: Green Depot Guatemala, "Lavanda Fragancia," consultado el 8 de junio de 2025. https://greendepotgt.com/products/lavanda-fragancia</p> |
| <p>ROMERO (Rosmarinus Officinalis)</p> | <p>Arbusto bajo, idea para suelos secos, posee propiedades culinarias y medicinales.</p> |  <p>Ilustración 64 Romero. Fuente: Directo al Paladar, "Romero, hierba aromática: puro sabor mediterráneo," consultado 8 de junio de 2025, https://www.directoalpaladar.com/ingredientes-y-alimentos/romero-hierba-aromatica-puro-sabor-mediterraneo-propiedades-beneficios-15-</p> |



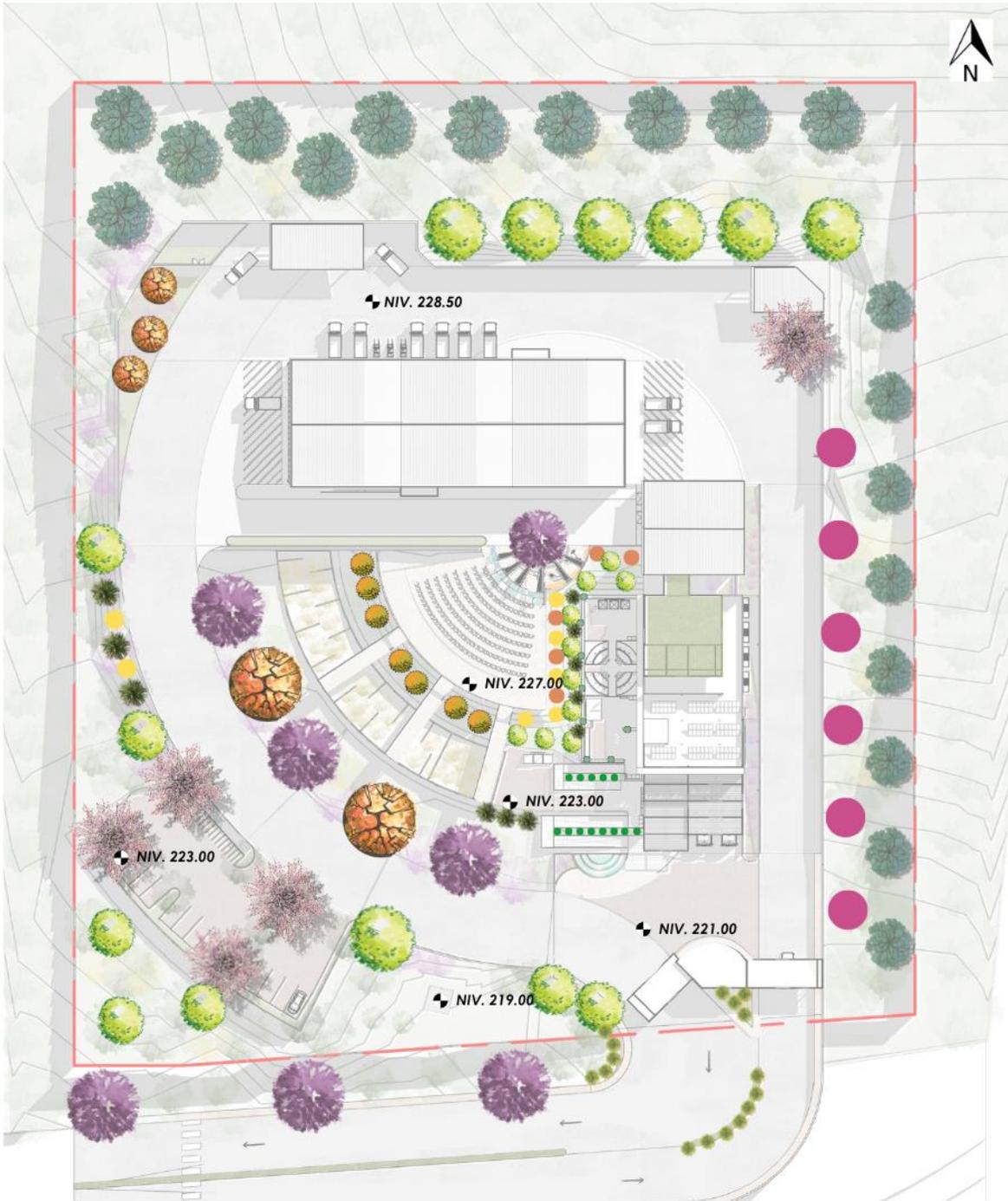
PLANTA DE SELECCIÓN Y
CLASIFICACIÓN DE
DESECHOS

PLANTA DE
COMPOSTAJE

GARITA DE CONTROL DE
INGRESO AL VERTEDERO

GARITA GENERAL

PERSPECTIVA DE CONJUNTO



PLANTA DE UBICACIÓN DE VEGETACIÓN, PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS SE

VEGETACIÓN ENDÉMICA DEL BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL TEMPLADO

- | | | | | | | |
|---|---|--|---|--|--|---|
|  GUAYACÁN |  PALO BLANCO |  MATILISGUATE |  CAOBA |  MANGO |  ENCINO |  CEIBA |
|  FLOR DE IZOTE |  CORALILLO |  LANTANA CAMARA |  BOUGAINVILLEA |  PASCUITA |  CABUYA |  DURANTA |

VEGETACIÓN ENDÉMICA DEL BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL TEMPLADO

-  PALO BLANCO
-  MANGO
-  CORAILLO
-  PASCUITA
-  CAOBA
-  ENCINO
-  BOUGAINVILLEA
-  CABUYA
-  MATLISGUATE
-  CEIBA
-  LANTANA CAMARA
-  DURANTA
-  GUAYACÁN
-  FLOR DE IZOTE



PLANTA DE UBICACIÓN DE VEGETACIÓN, PLANTA DE COMPOSTAJE SE



PERSPECTIVA DE CONJUNTO PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN





PERSPECTIVA DE CONJUNTO,
PLANTA DE COMPOSTAJE



6.3 MOBILIARIO URBANO

El mobiliario urbano desempeña un papel fundamental en la funcionalidad y estética de los espacios públicos, promoviendo la comodidad, sostenibilidad e interacción social. Para este proyecto se implementó mobiliario fabricado con materiales reciclados y elementos ecológicos, en concordancia con los principios de conservación ambiental.

Entre los elementos propuestos destacan las mesas y bancas fabricadas con troncos de árboles, así como sillas hechas con neumáticos reutilizados, que aportan un carácter rústico y sustentable, además de brindar zonas de descanso para los visitantes. A lo largo del recorrido, especialmente en el edificio educativo y el jardín interactivo, se han incorporado mupis informativos para mejorar la orientación dentro del área, mientras que los recipientes de basura con su respectiva clasificación (orgánicos, no reciclables y reciclables) promueven una adecuada gestión de los residuos.

El huerto urbano, integrado al espacio educativo, permite la interacción con la naturaleza y fomenta la agricultura urbana. Además, la captación de agua pluvial, ubicada en el área de compostaje, complementa estas iniciativas al optimizar el uso del recurso hídrico, reforzando así el enfoque ambiental del proyecto.





ÁREA PARA INFORMACIÓN INTERACTIVA



HUERTO URBANO



SENDERO DEL MOTAGUA



SENDERO LAS BOUGANVILIAS

6.4 PLANTA DE COMPOSTAJE

La zona de tratamiento de desechos es el núcleo operativo del proyecto, en donde se realizan los procesos de selección y clasificación de residuos, fundamentales para una gestión sostenible y eficiente. El recorrido inicia cuando el camión recolector accede por la garita principal, equipada con una báscula para el pesaje de los camiones y un punto de control administrativo que incluye una oficina de tesorería, encargada de registrar y verificar el ingreso.

Tras ese control, el camión se dirige hacia la planta de compostaje en donde se realiza la primera descarga. En esta etapa, los residuos orgánicos son depositados sobre una placa de concreto con sistema de drenaje especializado para el manejo de lixiviados, lo que permite controlar adecuadamente los líquidos derivados de los residuos. En esta etapa, se lleva a cabo un proceso de preselección para eliminar posibles contaminantes ya que, a pesar de la separación en el origen, los residuos aún pueden contener materiales no orgánicos.

Completada esta fase, inicia el proceso de compostaje, el cual tiene una duración aproximada de 20 a 25 días. Este proceso es aerobio ya que requiere oxígeno; termófilo, debido a que alcanza temperaturas de 60°C – 70°C y oxidativo, pues transforma la materia orgánica en compost mediante la acción de microorganismos. El diseño de esta planta incluye una cubierta metálica, considerando que las condiciones climáticas del municipio no son favorables para realizar el compostaje a la intemperie. La cubierta protege el proceso de factores externos que podrían alterar su desarrollo, además de mejorar el confort y seguridad de los trabajadores.

La planta incluye el diseño de un área administrativa destinada al control y supervisión de las operaciones. Asimismo, se contempla una plaza de acceso y estacionamientos tanto para visitantes como para el personal de la planta, además de un área específica para el estacionamiento de autobuses, que brinda servicio a la zona educativa del proyecto.

Dicha área educativa está integrada por un vivero denominado “Los Pinares”, el sendero ecológico “El Motagua”, que además sirve como un sistema de captación de agua pluvial, y el sendero “Las Bouganvillas”, que conecta de forma peatonal a las diferentes zonas del proyecto y ofrece un recorrido con vegetación endémica, aportando valor ambiental y paisajístico. Cabe resaltar que se determinaron estos nombres para las áreas del proyecto, haciendo alusión a elementos emblemáticos del municipio.

Estas áreas convergen con los servicios complementarios como la planta de tratamiento de aguas negras y pluviales y una garita secundaria que regula el acceso hacia el vertedero existente. En este espacio se prevé que se depositen los desechos no reciclables, recomendando que esté cercado y funcione como un relleno sanitario controlado, según los lineamientos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. El cerramiento y control de acceso buscan evitar que personas externas descarten desechos sin pasar por el proceso de selección y tratamiento del proyecto y garantizar la seguridad del área. Cabe destacar que en esta zona también se ha previsto la salida del recorrido, restringida a vehículos operativos autorizados.



VER PLANTA DE VIVIERO EN INCISO 6.4 ZONA EDUCATIVA

VER PLANTA ADMINISTRATIVA ÁREA DE COMPOSTAJE

VER PLANTA DE SENDERO DEL MOTAGUA Y SENDERO LAS BOUGANVILIAS (ÁREA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL) EN INCISO 6.4 ZONA EDUCATIVA

VEREDERO MUNICIPAL
NIV. 200.00

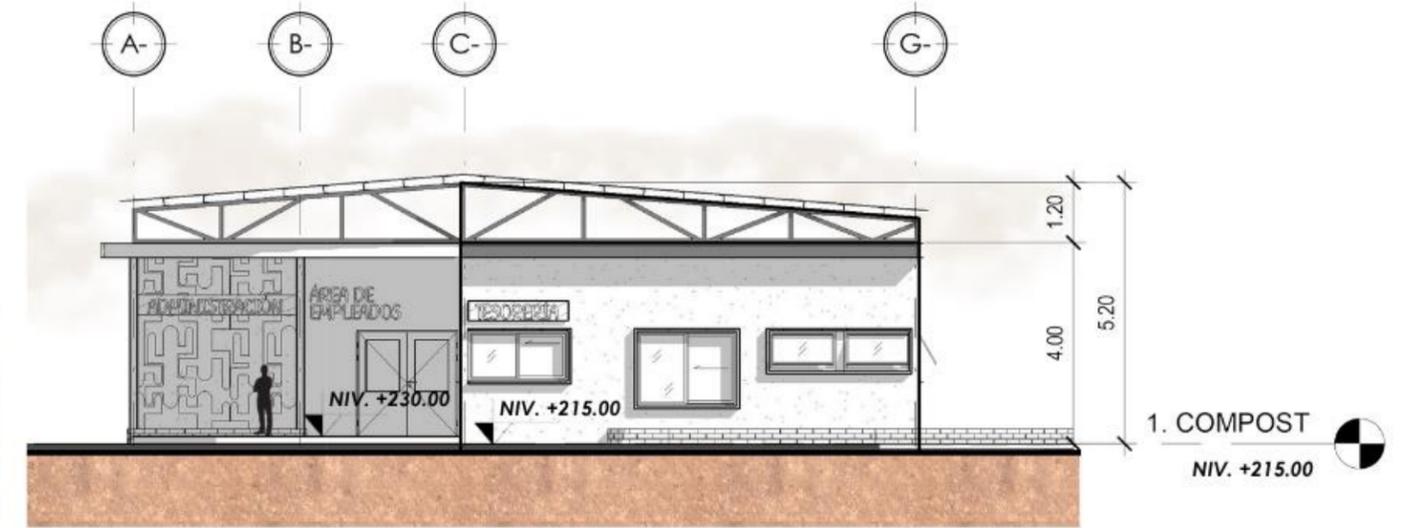
GARITA DE SALIDA HACIA VEREDERO EXISTENTE

- 1 ÁREA DE TRITURACIÓN
- 2 ÁREA DE DESCARGA
- 3 ÁREA DE ALMACENAMIENTO Y RECEPCIÓN DE COMPOSTA
- 4 ESTACIONAMIENTO DE MAQUINARIA Y BODEGA DE HERRAMIENTAS
- 5 ESTACIONAMIENTO DE AUTOBUSES

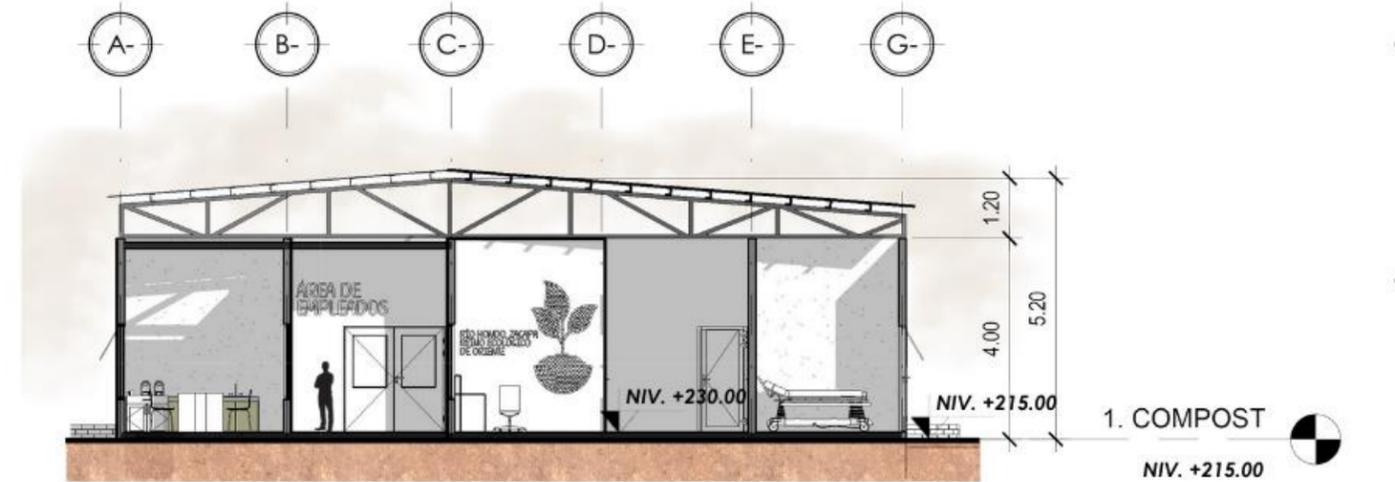
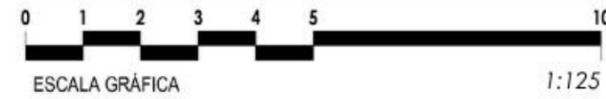
PLANTA ARQUITECTÓNICA DE COMPOSTAJE 1:500



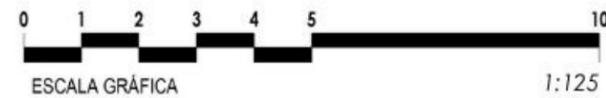
- 1 OFICINA DE CONTABILIDAD
- 2 DIRECTOR GENERAL DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE + S.S.
- 3 ENFERMERÍA + S.S.
- 4 S.S. ADMINISTRACIÓN
- 5 OFICINA TÉCNICA
- 6 ÁREA DE EMPLEADOS ADMIN.
- 7 SALA DE REUNIONES
- 8 ÁREA DE CÁMARAS DE VIGILANCIA
- 9 RECEPCIÓN + SALA DE ESPERA
- 10 ÁREA DE EMPLEADOS DE LA PLANTA
- 11 S.S. + DUCHA Y VESTIDORES
- 12 ESTACIONAMIENTO VISITANTES
- 13 PLAZA



ELEVACIÓN OESTE - ADMINISTRACIÓN PLANTA DE COMPOSTAJE
1:125

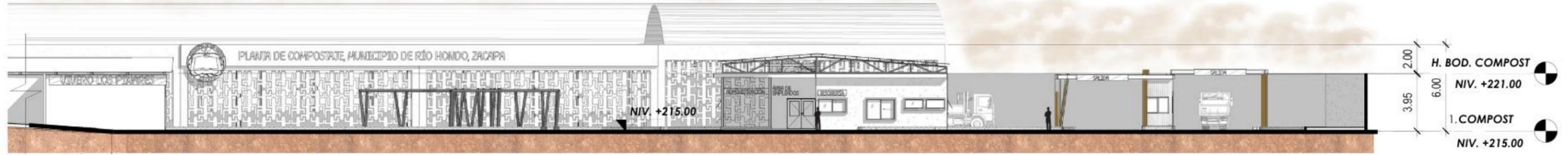


SECCIÓN F-F'
1:125



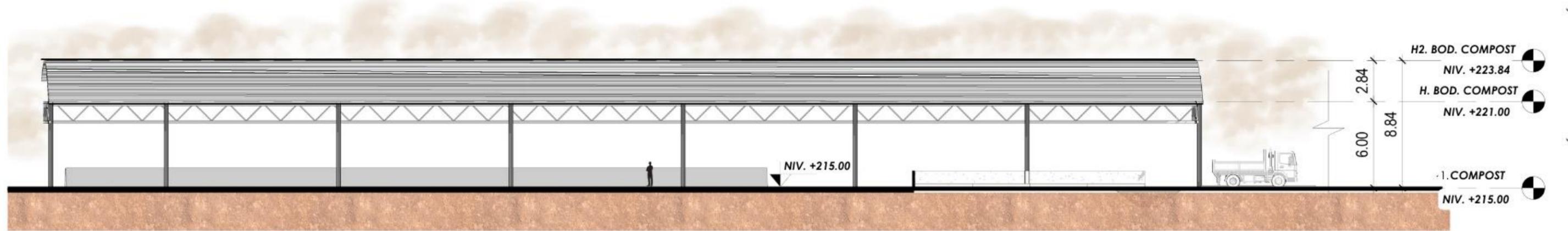
PLANTA ARQUITECTÓNICA, ADMINISTRACIÓN PLANTA DE COMPOSTAJE
1:500





ELEVACIÓN OESTE - PLANTA DE COMPOSTAJE

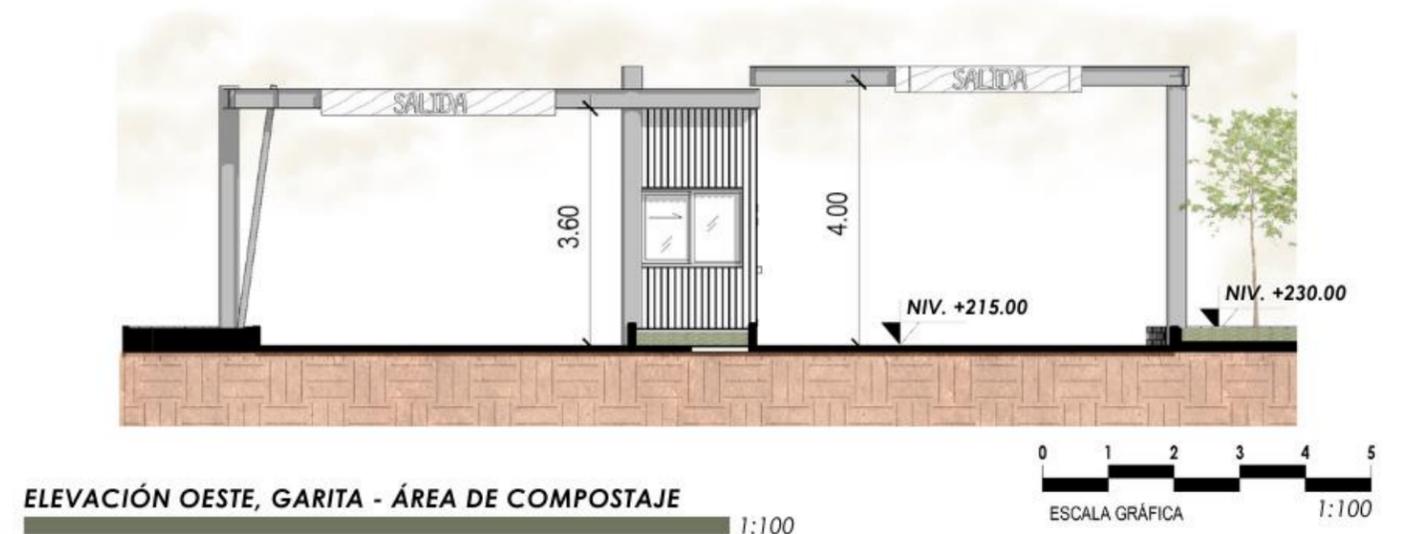
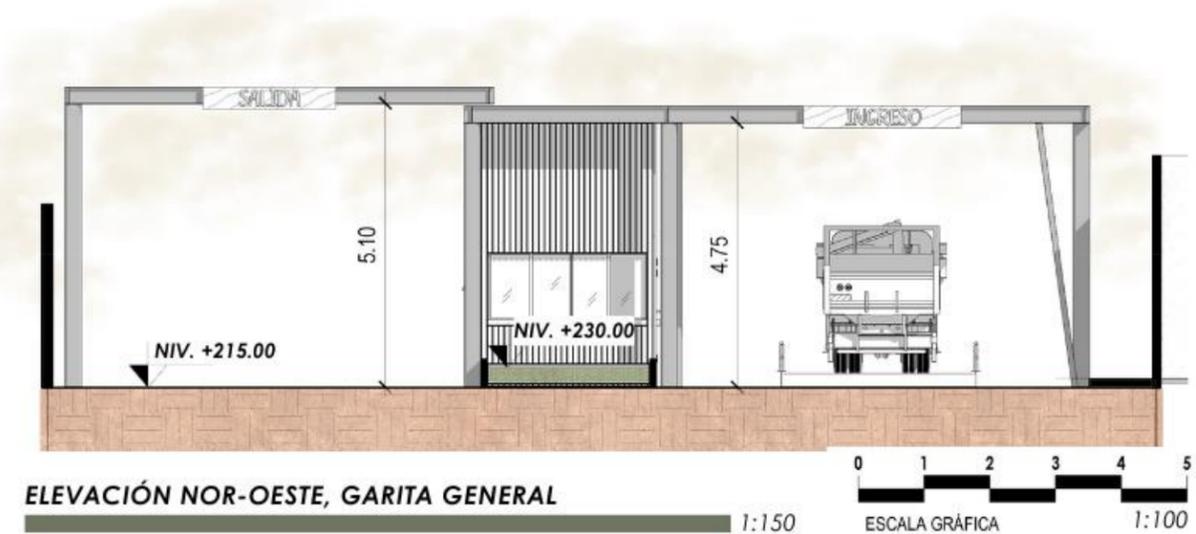
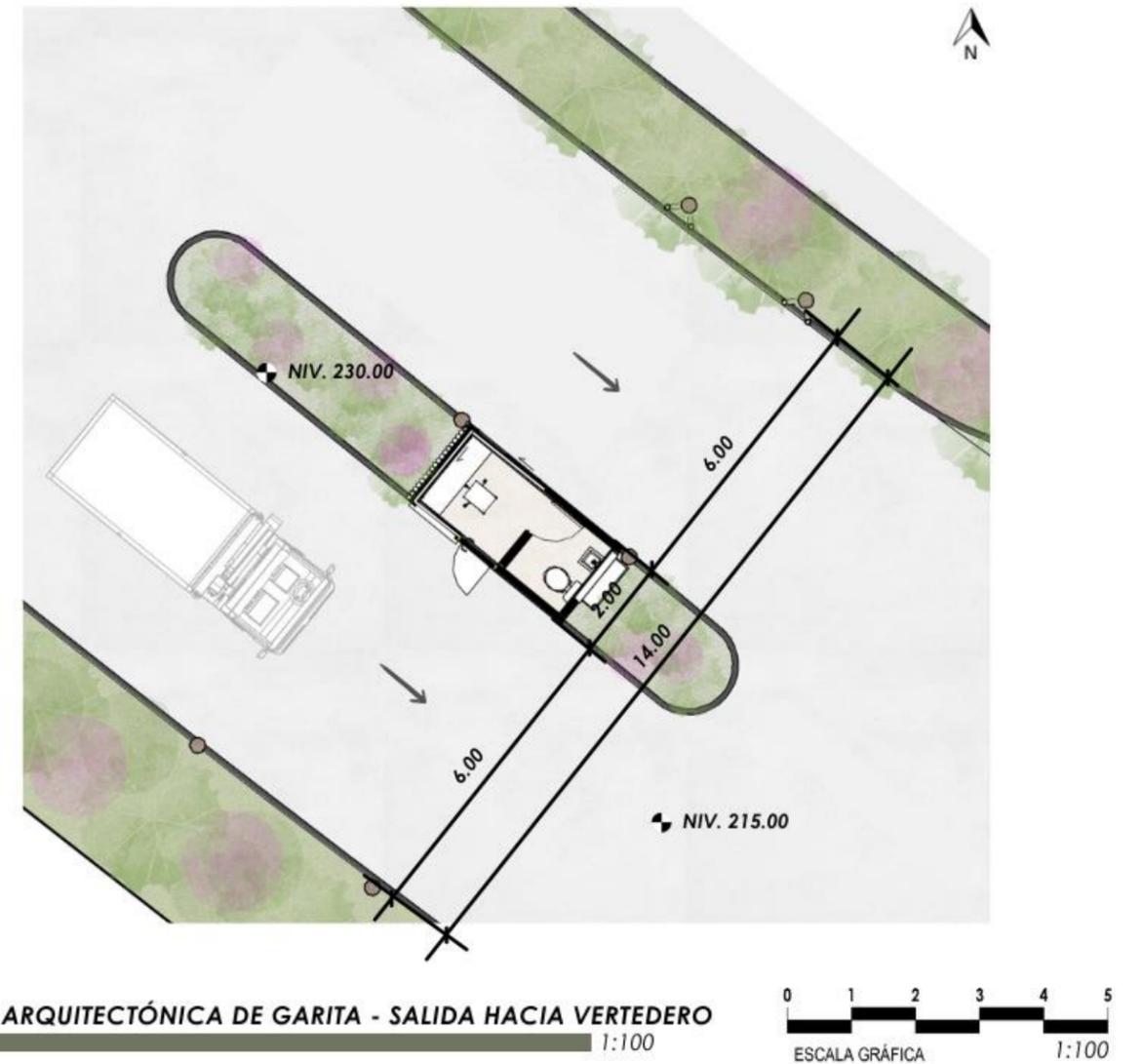
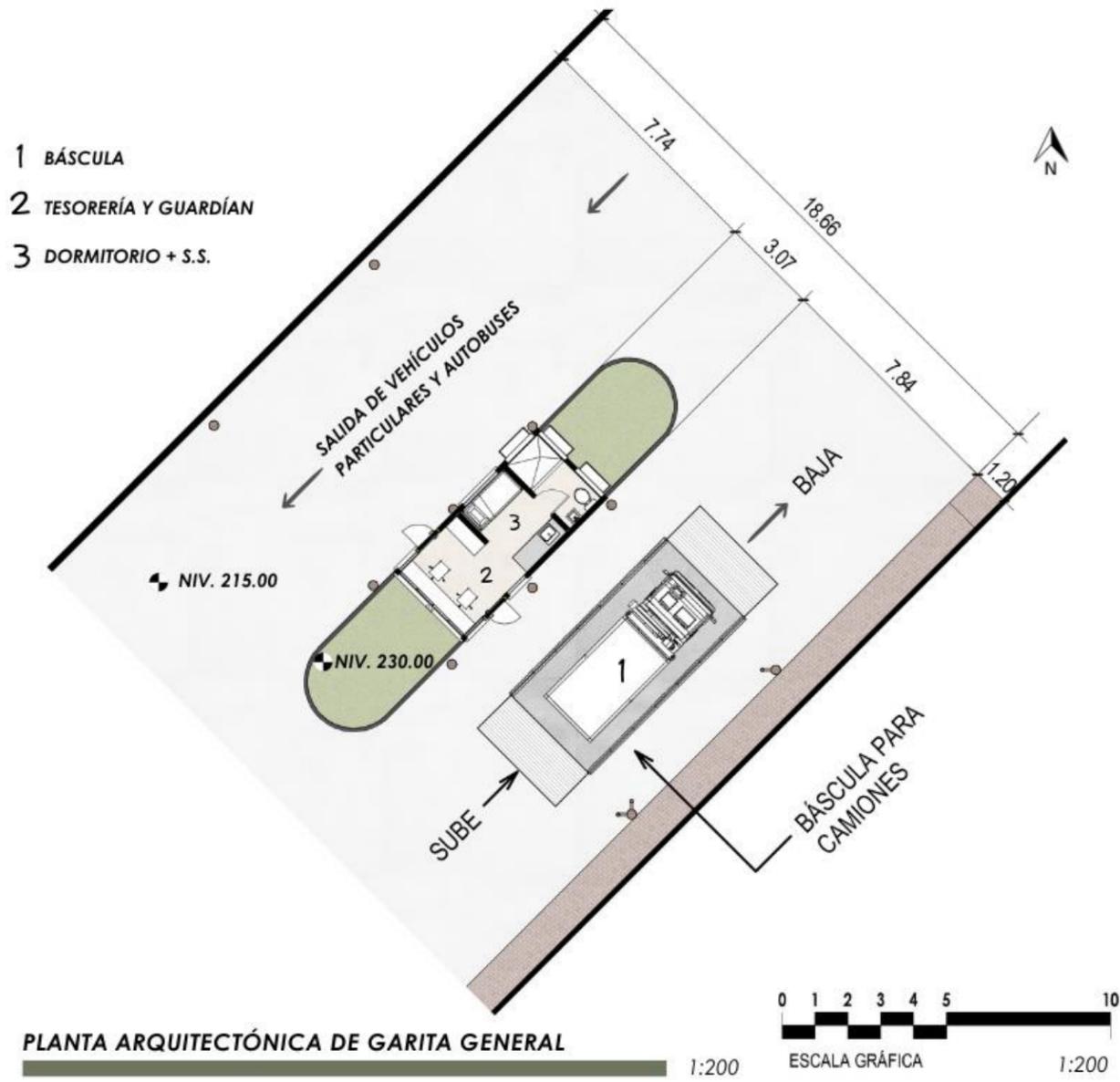
1:250

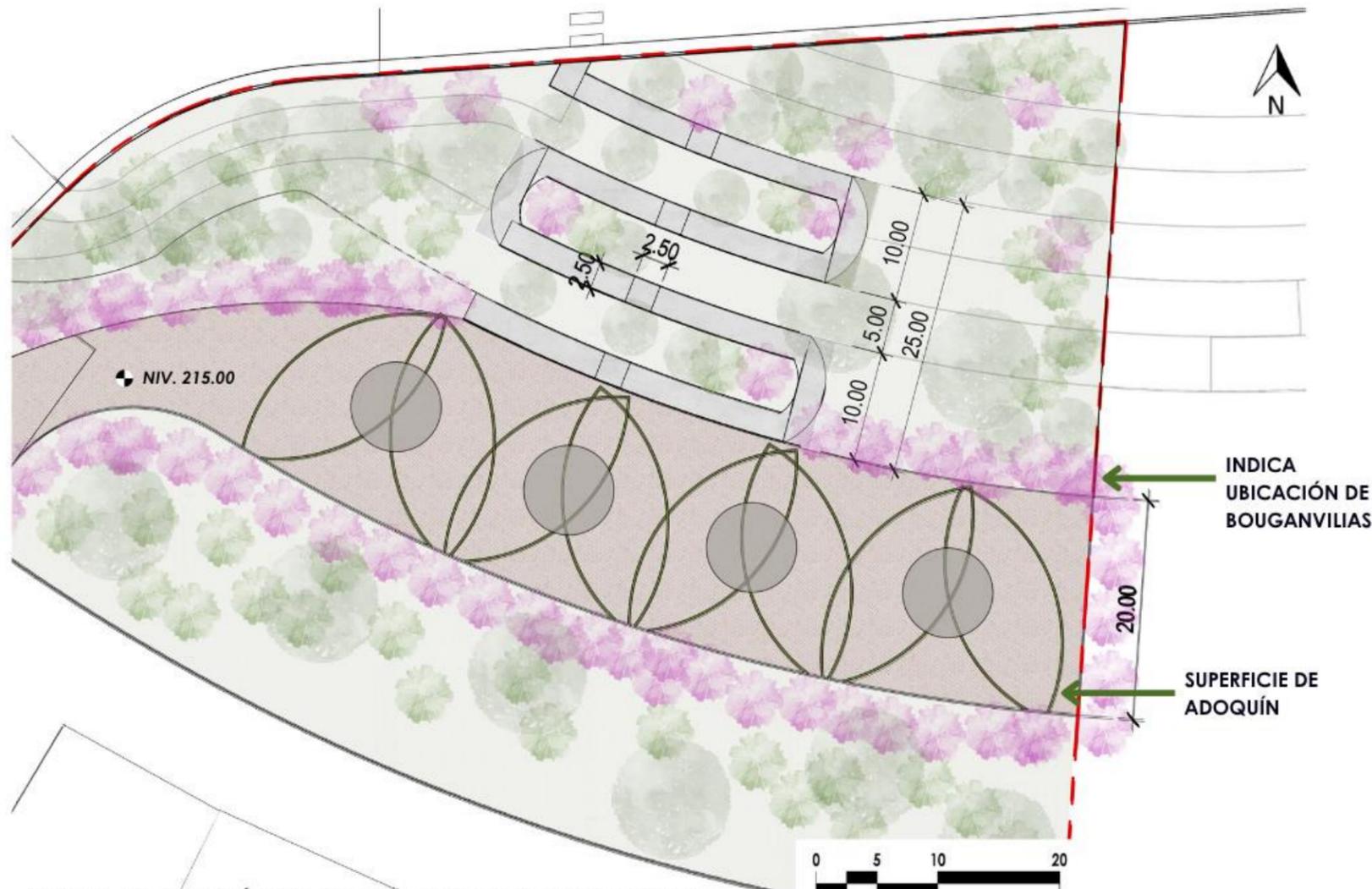


SECCIÓN G - G'

1:250

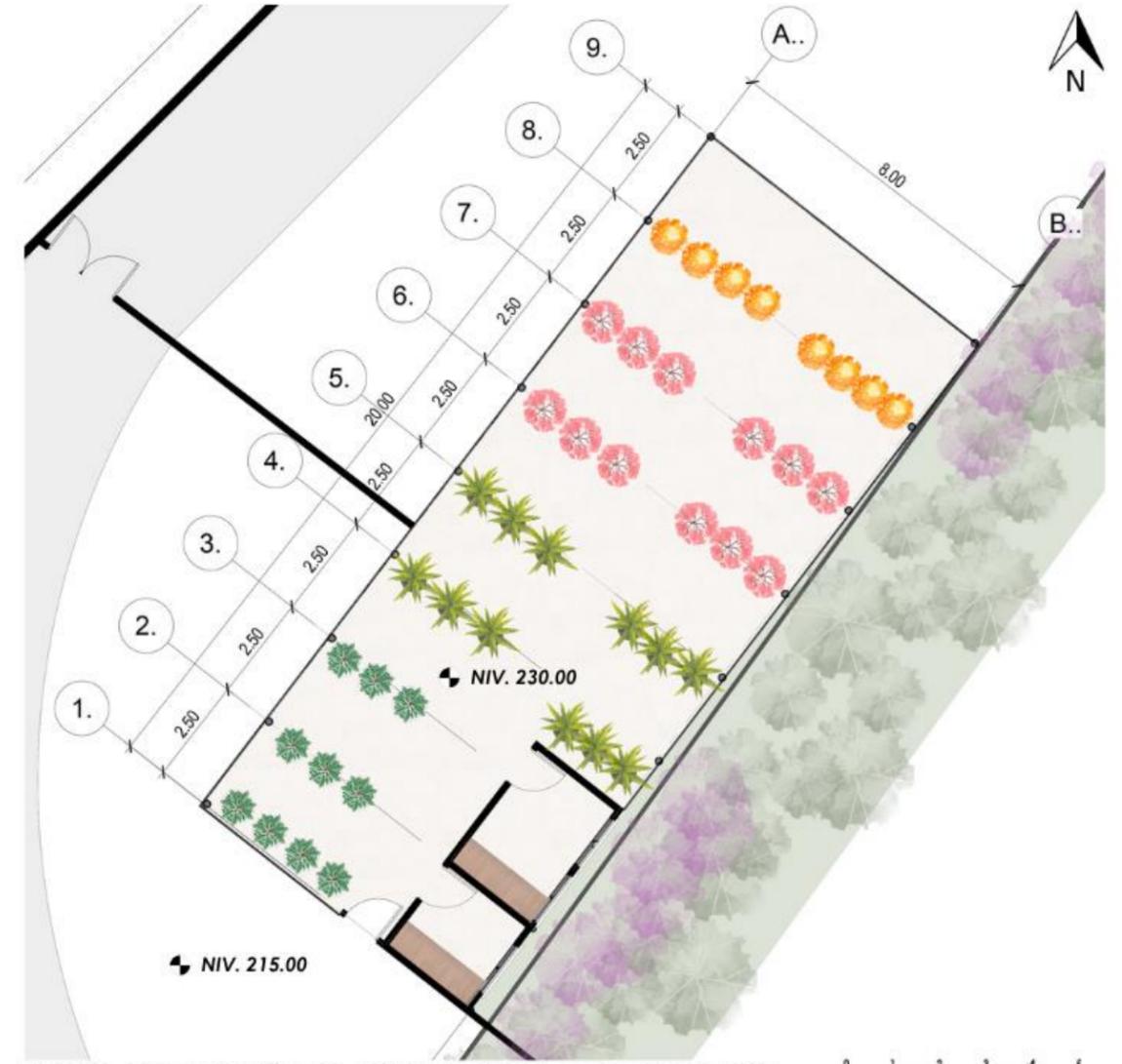






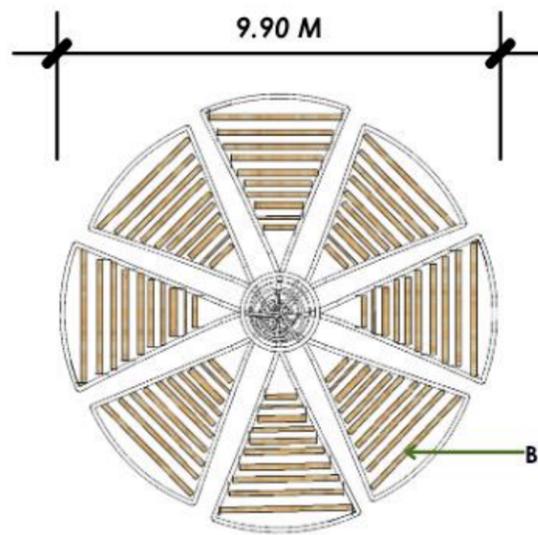
PLANTA ARQUITECTÓNICA, SENDERO PLANTA DE COMPOSTAJE 1:500

ESCALA GRÁFICA 1:500



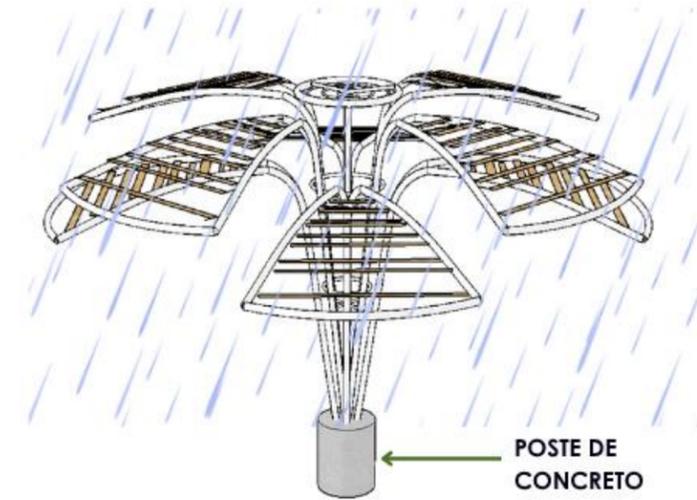
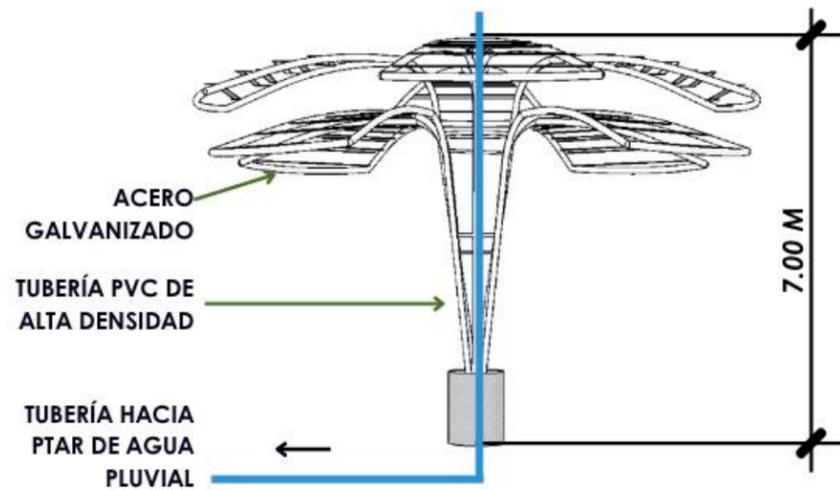
PLANTA ARQUITECTÓNICA, VIVERO PLANTA DE COMPOSTAJE 1:100

ESCALA GRÁFICA 1:100



DETALLE - CAPTADOR DE AGUA PLUVIAL

SE





FACHADA OESTE DE EDIFICIO ADMINISTRATIVO - PLANTA DE COMPOSTAJE



ESTACIONAMIENTO DE VISITANTES - PLANTA DE COMPOSTAJE



PLANTA DE COMPOSTAJE



ÁREA DE DESCARGA - PLANTA DE COMPOSTAJE



ÁREA DE TRITURACIÓN - PLANTA DE COMPOSTAJE



RECEPCIÓN DE COMPOST - PLANTA DE COMPOSTAJE



ÁREA DE EMPLEADOS DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE



VIVERO - PLANTA DE COMPOSTAJE

6.5 PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN

La planta de selección y clasificación en Río Hondo, Zacapa se complementa con áreas clave que garantizan su operatividad, funcionalidad y propósito educativo: el área administrativa, educativa, tratamiento de desechos y los espacios de servicio.

El **área administrativa**, ubicada en el primer nivel del edificio principal, está contigua al estacionamiento de autobuses para facilitar el acceso de estudiantes y visitantes. Incluye la oficina de atención al cliente y comunidad, oficinas de gerencia y contabilidad, una sala de reuniones, áreas para el personal, un espacio para control de ingreso y cámaras, y un cuarto de rack que centraliza los equipos tecnológicos y de comunicación. En la entrada, se ha dispuesto un punto de información interactiva como recurso estratégico para brindar orientación y contenido educativo a los visitantes.

En el segundo nivel se encuentra el **área educativa**, concebida como un espacio dinámico para el aprendizaje y la sensibilización ambiental. Comienza en la recepción, seguida por servicios sanitarios y una bodega de limpieza. Luego se accede al área de exposiciones, destinada a presentar información sobre medio ambiente, zonas de vida, gestión de residuos y sostenibilidad.

La zona central alberga dos salones: uno para talleres prácticos y otro para clases teóricas, conectados por un muro flexible que permite unificarlos para actividades de mayor escala. También se incluye una bodega para almacenamiento de material didáctico.

Esta área se extiende hacia un jardín interactivo que enlaza diversos espacios lúdicos y educativos: mupis informativos, juegos didácticos, zonas demostrativas de reciclaje y compostaje, un jardín polinizador, un huerto urbano y el acceso al humedal artificial.

Como punto de encuentro y reflexión, se ha diseñado una plaza con anfiteatro, cuya estructura se adapta a la pendiente natural del terreno. Sus asientos, hechos con neumáticos reutilizados, promueven la sostenibilidad. Esta plaza se conecta con otra área bajo una pérgola de bambú que ofrece sombra y confort a los visitantes.

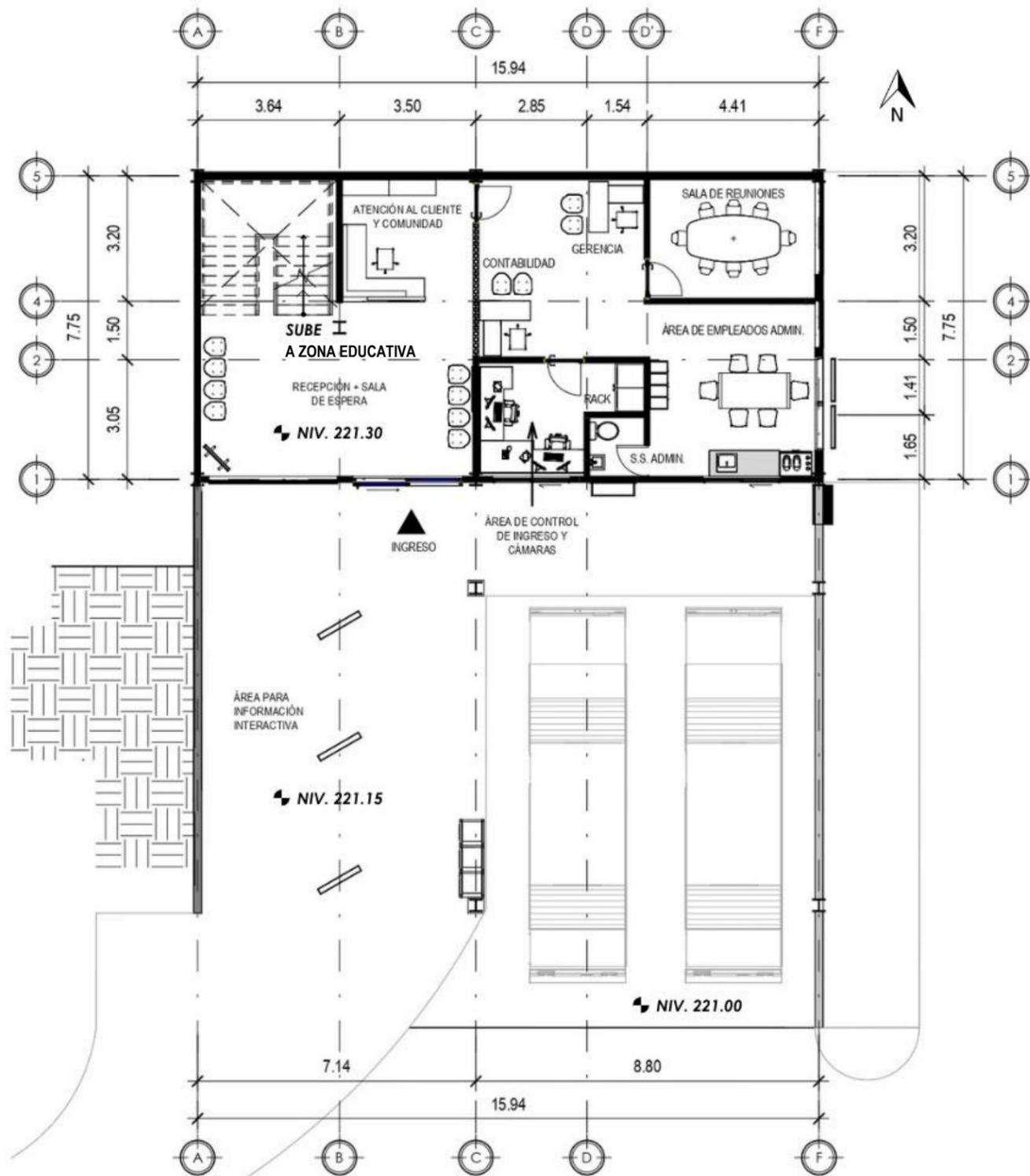
El **área de servicio**, destinada al personal operativo, incorpora instalaciones que aseguran condiciones adecuadas de higiene, seguridad y eficiencia en el trabajo. Incluye servicios sanitarios con duchas, vestidores y lockers; una bodega de herramientas; una sala de control (Control No. 2) para la supervisión interna de procesos; y una enfermería para atención inmediata. También cuenta con una garita de seguridad para el control de ingreso y salida, un estacionamiento para empleados y vehículos operativos, y plantas de tratamiento de aguas con una capacidad de 43.00 m³.

Considerando que el municipio actualmente carece de un sistema eficiente de manejo de residuos, la planta propone un proceso estructurado en cuatro fases para el área de **tratamiento de residuos**:

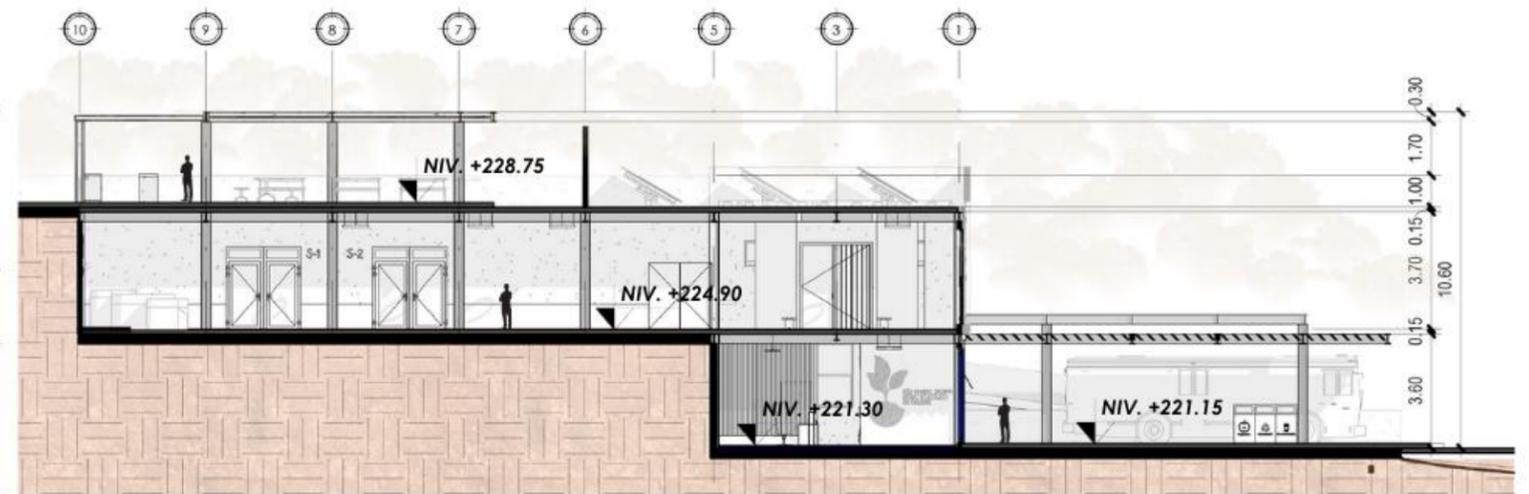
- **Fase 1 – Clasificación primaria:** separación inicial en residuos orgánicos, reciclables y no reciclables.
- **Fase 2 – Segregación:** separación detallada por tipo de material y su potencial de aprovechamiento.

- **Fase 3 – Compactación:** reducción del volumen de residuos mediante equipos especializados.
- **Fase 4 – Disposición o reaprovechamiento:** destino final o reutilización de los materiales clasificados.

Este conjunto integral de espacios y procesos busca no solo mejorar la gestión de residuos en Río Hondo, sino también generar conciencia ambiental y fortalecer la educación para la sostenibilidad.



PLANTA ARQUITECTÓNICA, ÁREA ADMINISTRATIVA

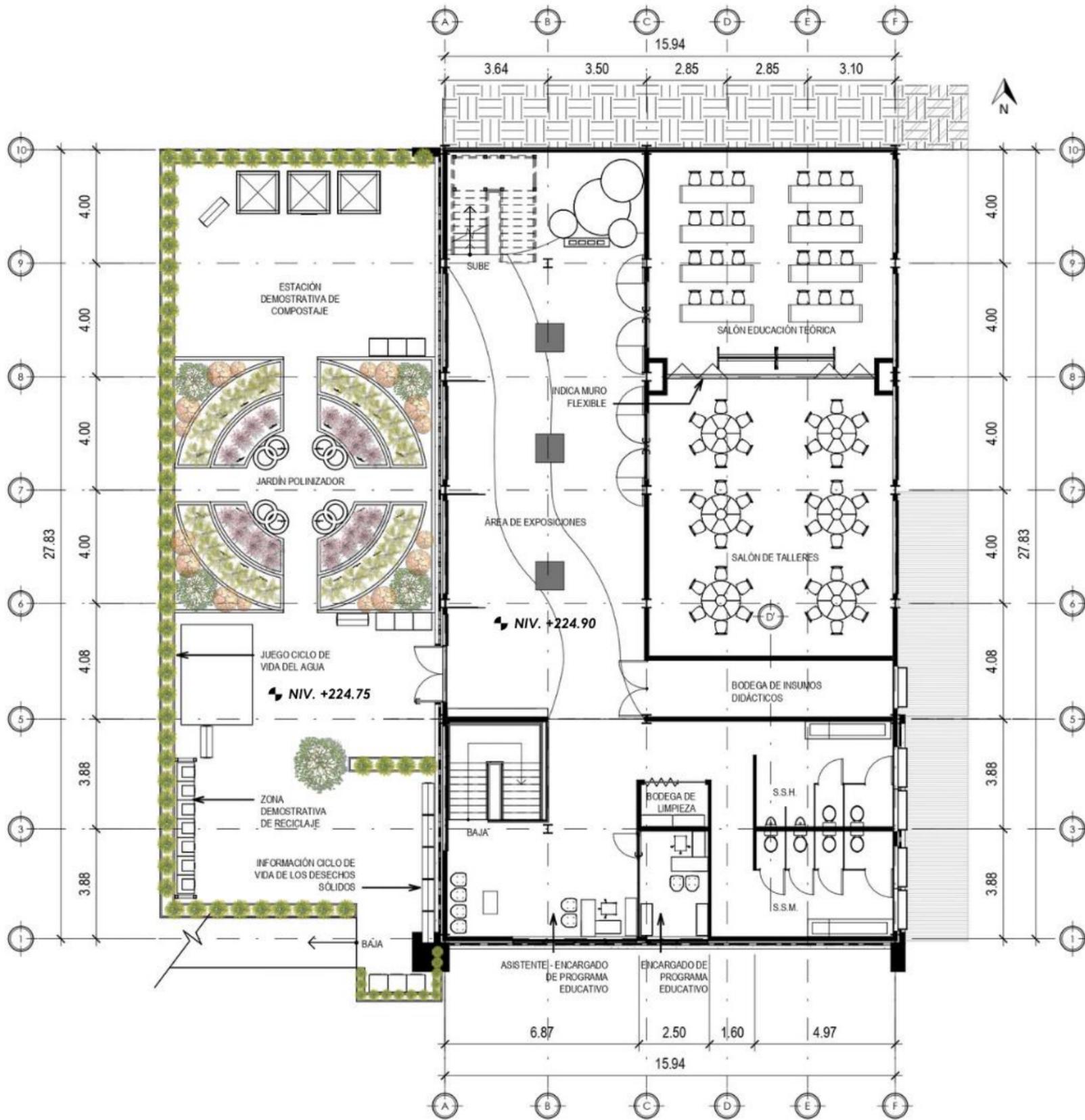


SECCIÓN D-D'



SECCIÓN E-E'





PLANTA ARQUITECTÓNICA, SEGUNDO NIVEL

1:125

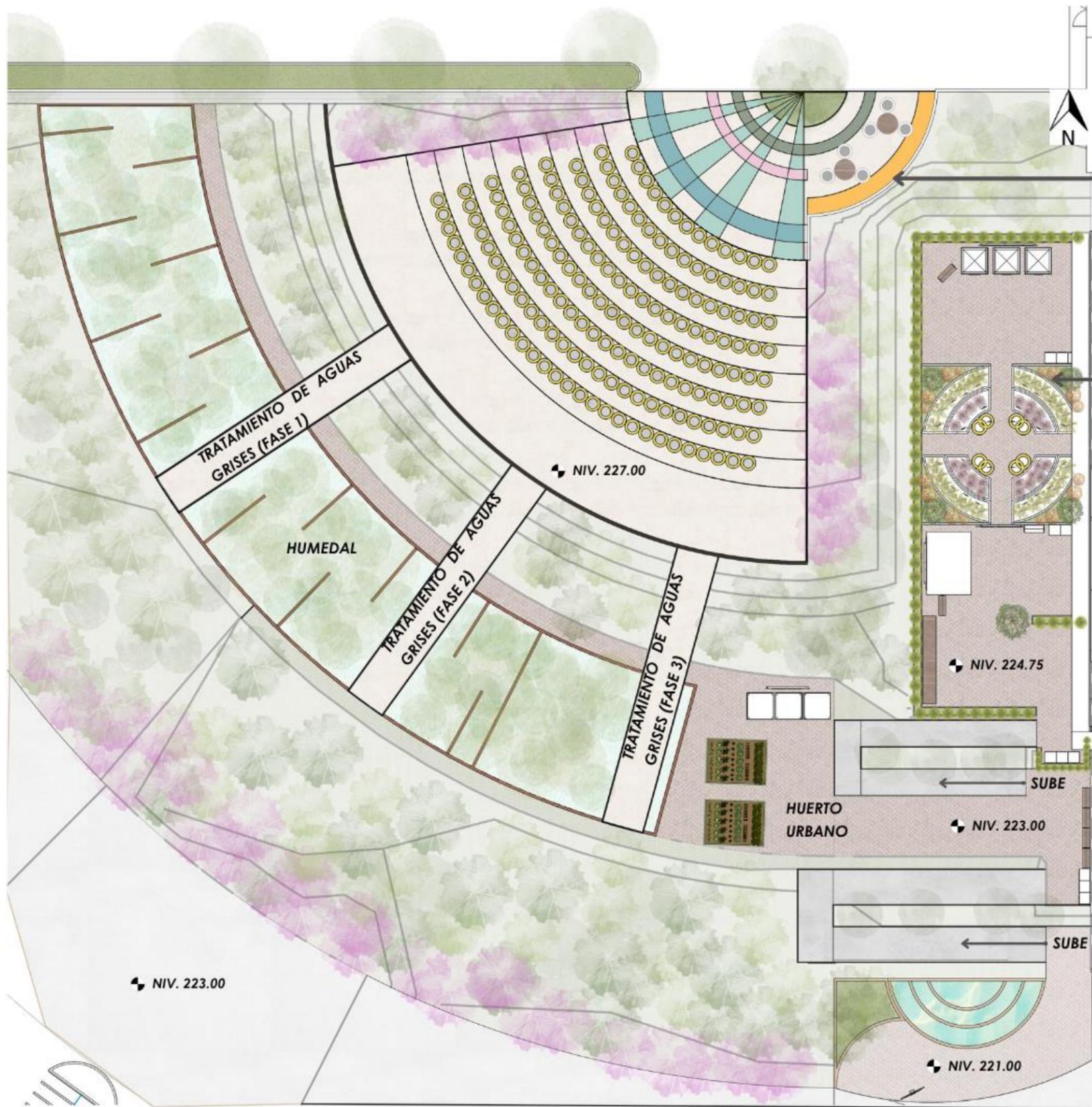


PLANTA ARQUITECTÓNICA, TERCER NIVEL

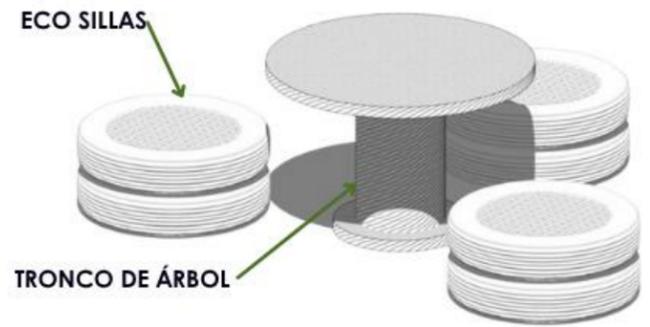
1:125



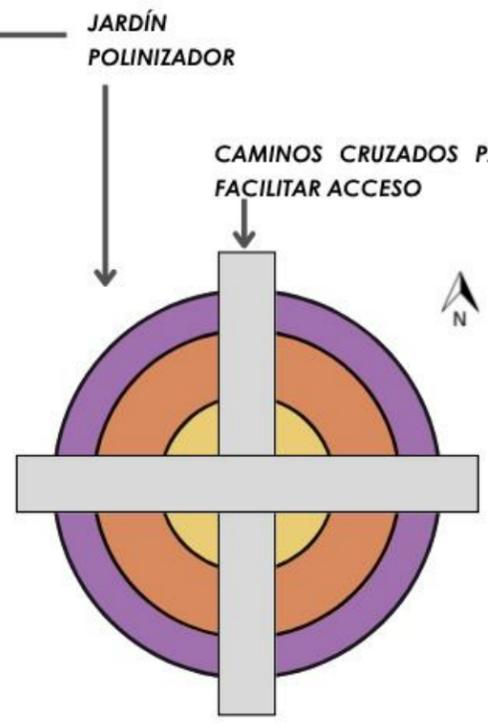
1:125



PLANTA ARQUITECTÓNICA, ÁREA EDUCATIVA EXTERIOR 1:250



MOBILIARIO ECOLÓGICO SE



ESQUEMA DE JARDÍN POLINIZADOR 1:100

ZONA CENTRAL



FLOR DE IZOTE
(*Yucca Elephantiipes* Regel)

ZONA MEDIA



CORALILLO
(*Hamelia Patens*)



LANTANA
(*Camara Flor*)

ZONA EXTERIOR



SALVIA
(*Salvia Officinalis*)



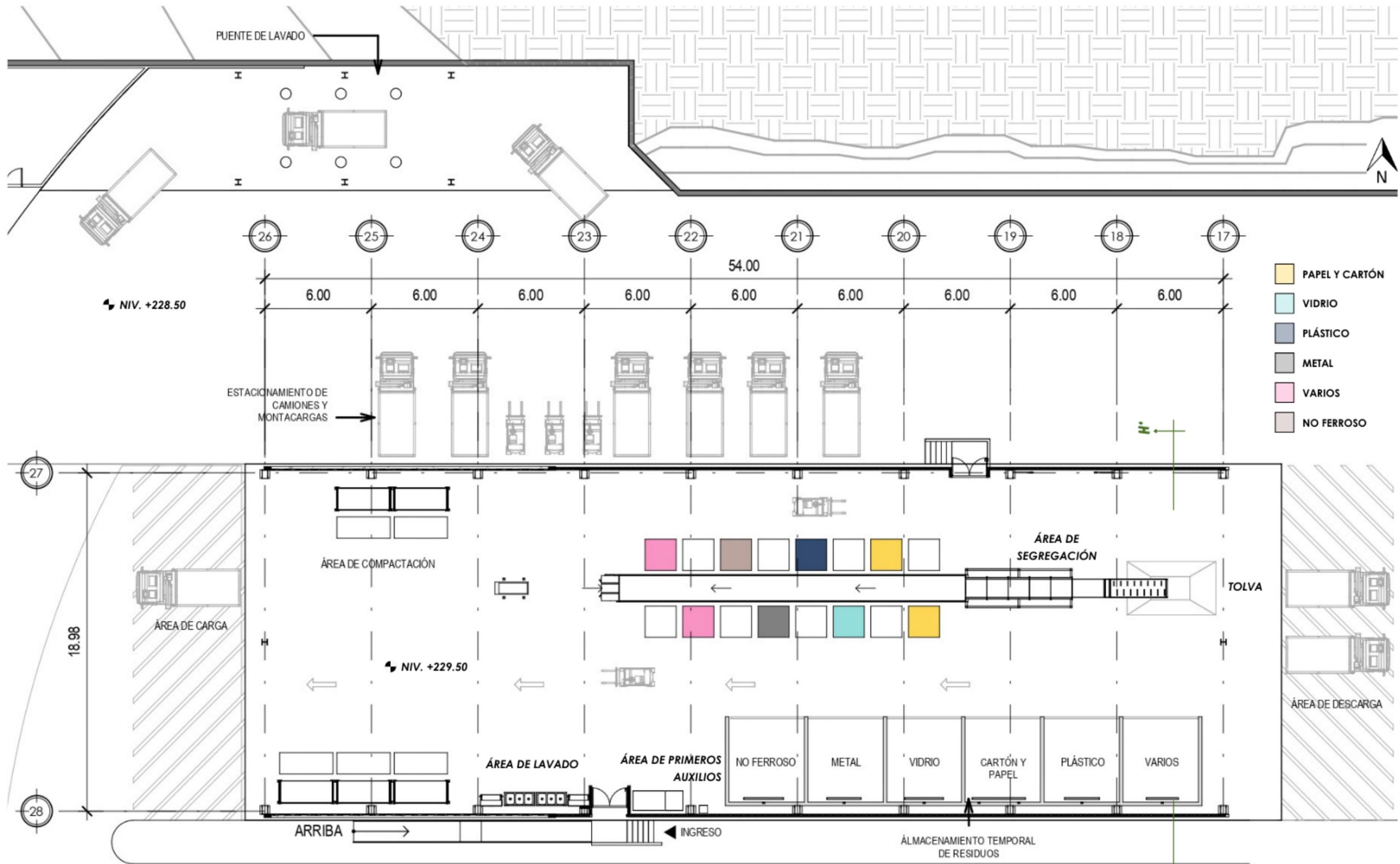
ALBAHACA
(*Ocimum Basilicum* L.)



LAVANDA
(*Lavandula*)



ROMERO
(*Rosmarinus officinalis*)

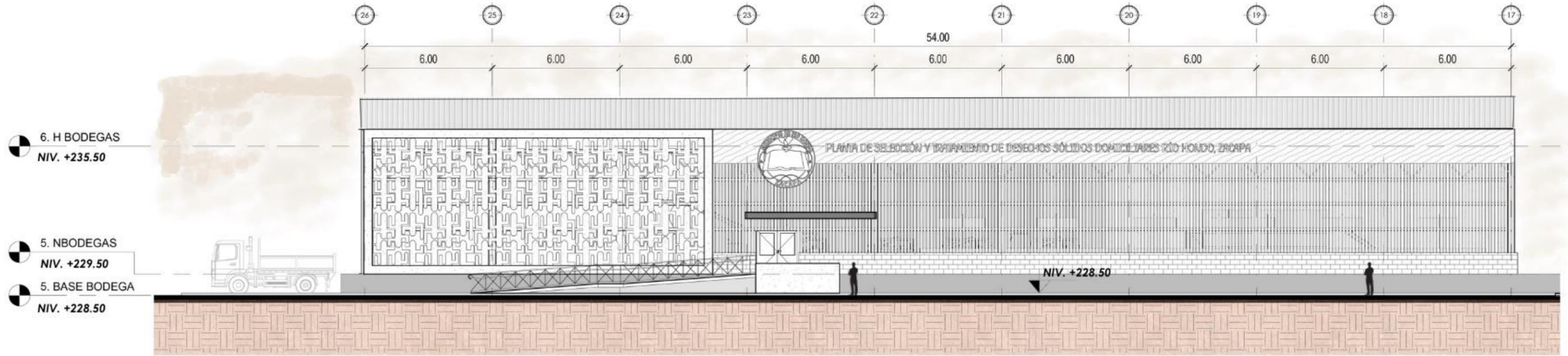


PLANTA ARQUITECTÓNICA, PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN

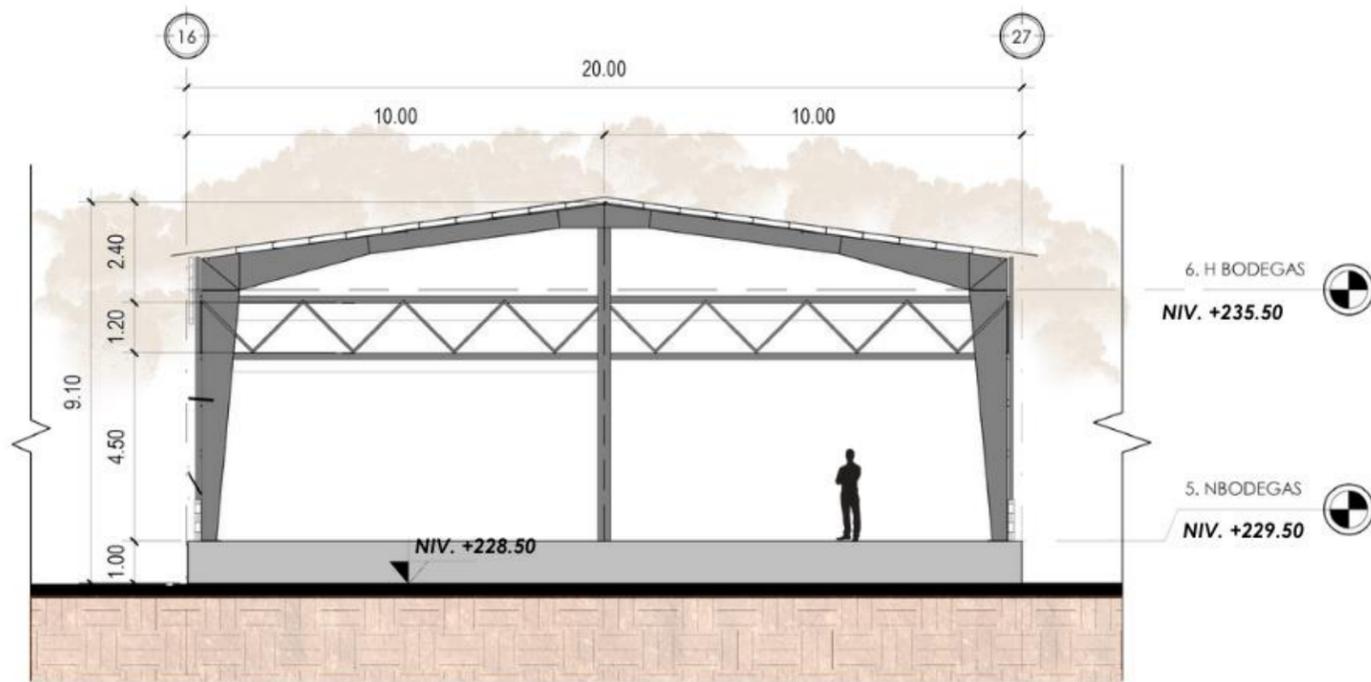
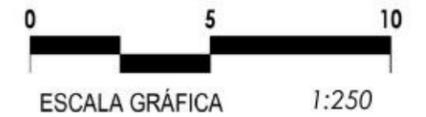
1:250

NIV. +228.50

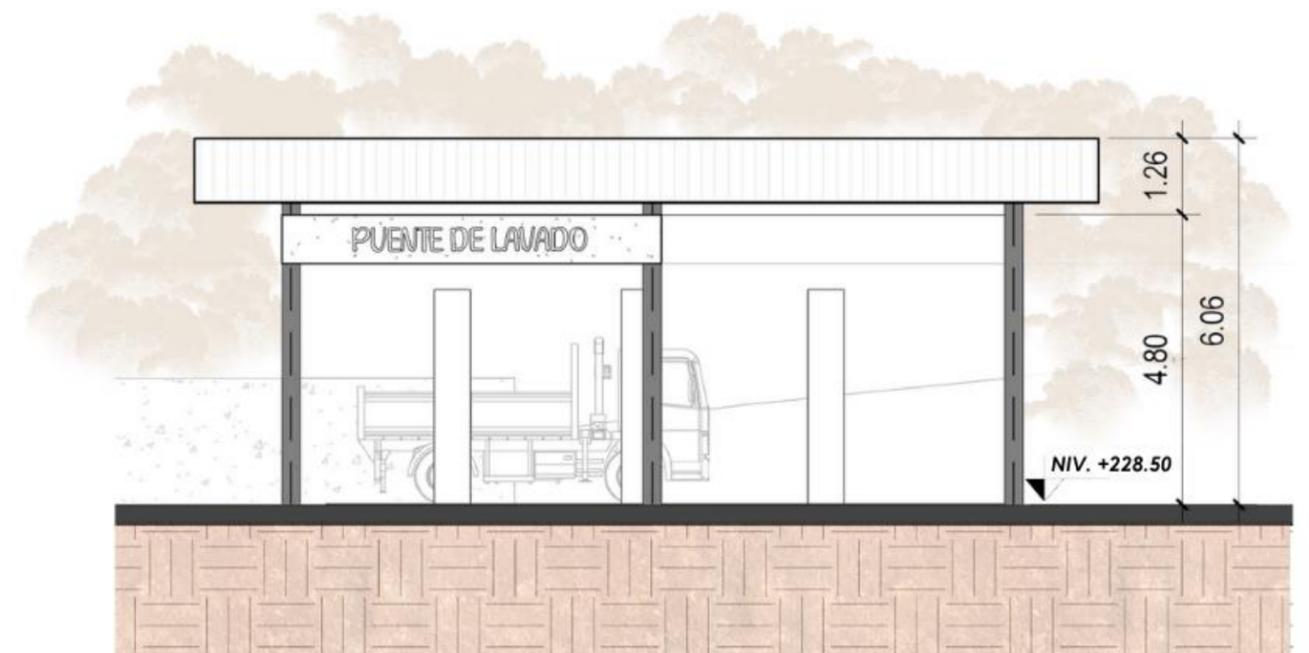
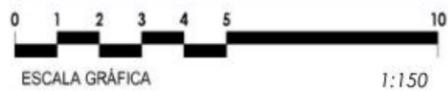




ELEVACIÓN SUR - PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN
1:250

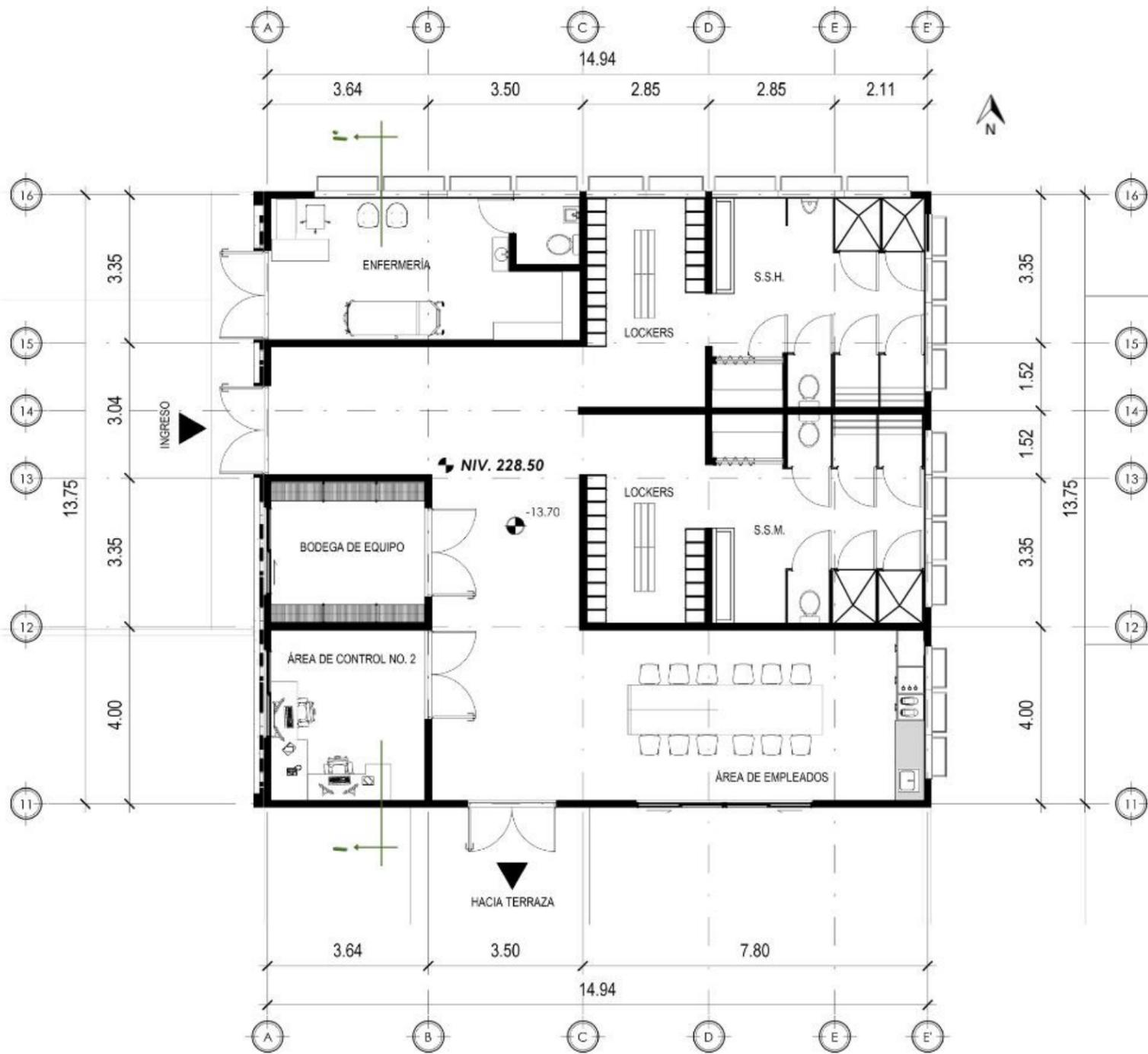


SECCIÓN H-H'
1:150

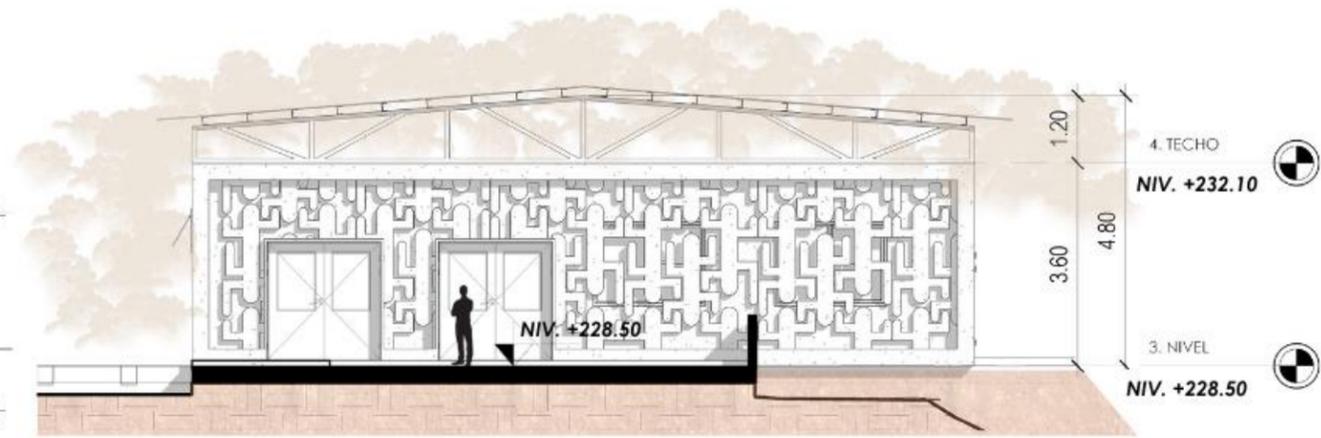


ELEVACIÓN SUR - PUENTE DE LAVADO
1:150





PLANTA ARQUITECTÓNICA, ÁREA DE EMPLEADOS DE LA PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN
 ESCALA GRÁFICA 1:100

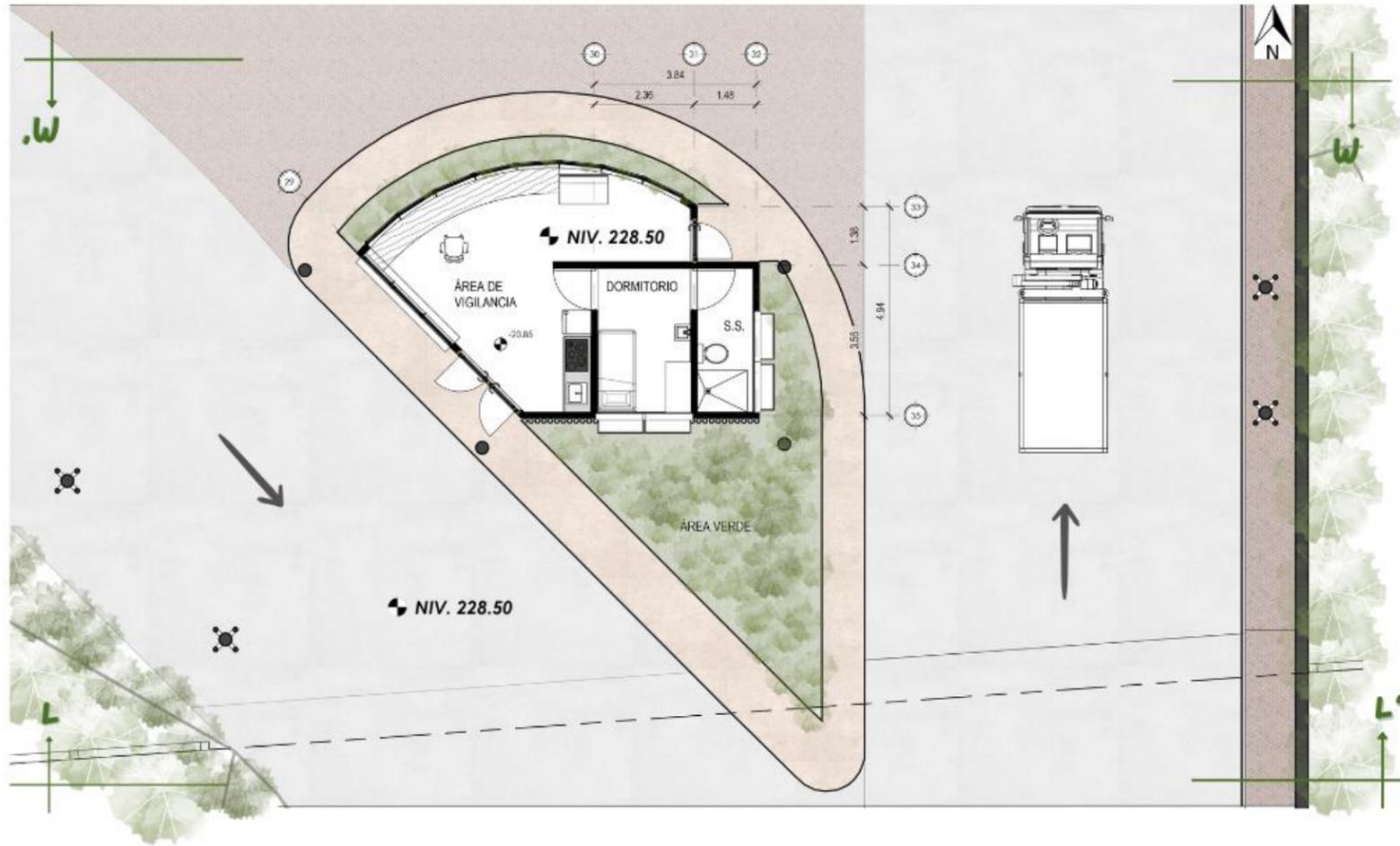


ELEVACIÓN - ÁREA DE EMPLEADOS



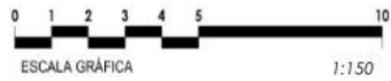
SECCIÓN I-I'





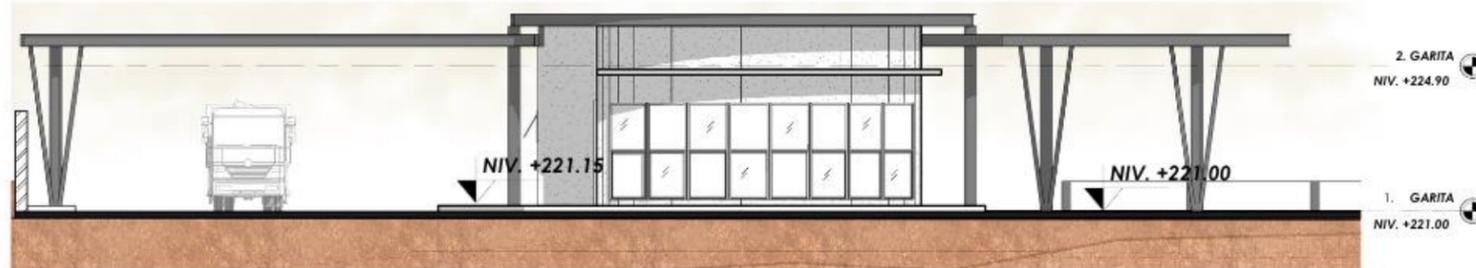
PLANTA ARQUITECTÓNICA DE GARITA

1:150



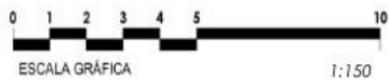
PLANTA ARQUITECTÓNICA DE ESTACIONAMIENTO

SE



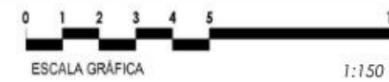
SECCIÓN L-L'

1:150



SECCIÓN M-M'

1:150





PLAZA INGRESO - EDIFICIO EDUCATIVO



RECEPCIÓN EDIFICIO EDUCATIVO



RECEPCIÓN EDIFICIO EDUCATIVO



OFICINA DE GERENCIA Y CONTABILIDAD



ÁREA DE EMPLEADOS ADMINISTRATIVOS



SEGUNDO NIVEL, EDIFICIO EDUCATIVO - OFICINA DE ENCARGADO DE PROGRAMA EDUCATIVO Y ASISTENTE



OFICINA DE ENCARGADO DE PROGRAMA EDUCATIVO Y ASISTENTE



ÁREA DE EXPOSICIONES



ÁREA DE EXPOSICIONES



SALÓN DE TALLERES



SALÓN DE TALLERES



SALÓN DE EDUCACIÓN TEÓRICA



ÁREA DE REFACCIONES



ZONA DEMOSTRATIVA DE RECICLAJE / JUEGO CICLO DE VIDA DEL AGUA



JARDÍN POLINIZADOR



JARDÍN POLINIZADOR / ESTACIÓN DEMOSTRATIVA DE COMPOSTAJE



ANFITEATRO



PLAZA



FACHADA SUR - PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN





ÁREA DE CARGA - PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN





ÁREA DE SEGREGACIÓN DE DESECHOS



ÁREA DE DESCARGA - PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN



ÁREA DE RESIDUOS PELIGROSOS



ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES Y MONTACARGAS



PUENTE DE LAVADO



GARITA GENERAL



GARITA - PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN



ÁREA DE EMPLEADOS DE LA PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN



ÁREA DE EMPLEADOS DE LA PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN



ESTACIONAMIENTO DE VISITANTES Y PERSONAL ADMINISTRATIVO - PLANTA DE SELECCIÓN

6.6 ESTRUCTURA

6.6.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

6.6.1.1 PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESECHOS

El sistema estructural del proyecto, contempla el uso de materiales y técnicas constructivas que garanticen la durabilidad y resistencia, tomando en cuenta las condiciones climáticas y sísmicas de la región, se propone el uso de marcos estructurales que garantizan la flexibilidad, resistencia y rapidez en la construcción.

La elección del sistema de marcos de acero, responde a las necesidades de secuencia y frecuencia de actividades, ya que para un funcionamiento óptimo de las mismas es crucial evitar apoyos intermedios, además de facilitar una ejecución rápida del proyecto. El municipio de Río Hondo, presenta un alto porcentaje de suelo industrial, lo que facilita la obtención de mano de obra calificada para este tipo de sistema constructivo. Los marcos estructurales están diseñados para resistir cargas verticales y horizontales, lo que les permite trabajar a compresión y comportarse como un sistema unitario, compartiendo deformaciones. Sin embargo, el marco articulado no puede utilizarse de manera aislada, ya que sería inestable ante cargas perpendiculares a su plano.

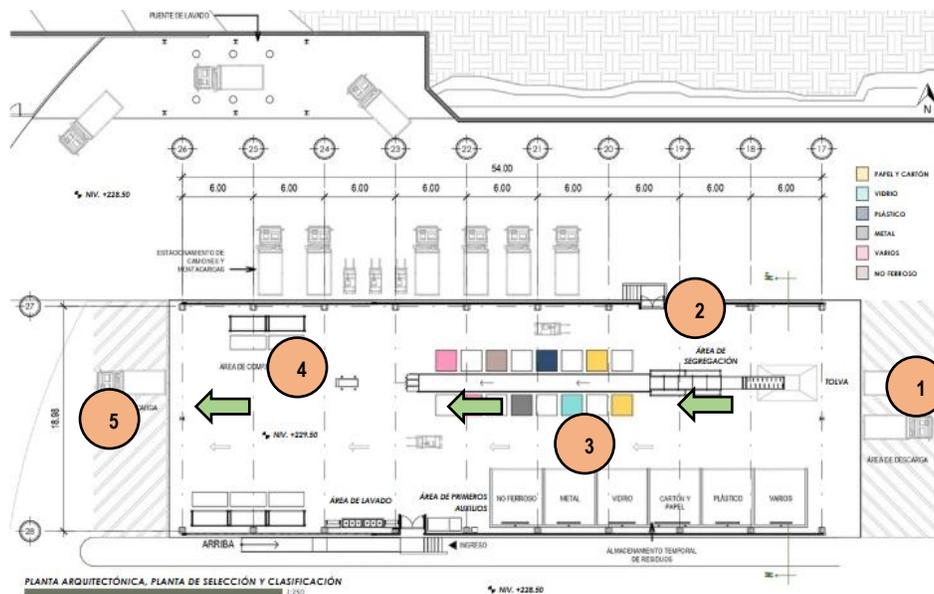


Ilustración 65 Secuencia de actividades Planta de Selección y Clasificación de Desechos Sólidos Domiciliares.

Fuente: Elaboración Propia.

Se verificó que la propuesta de diseño para la Planta de Selección y Clasificación de Desechos Sólidos Domiciliares cumpla con la normativa AGIES NSE, considerando las condiciones sísmicas de la Región III, a la cual pertenece el departamento de Zacapa. Asimismo, se analizaron las cargas verticales, horizontales y de viento a la que estará expuesta la estructura, garantizando su estabilidad y seguridad estructural. Para este procedimiento se empleó el software ETABS, bajo la dirección del Ing. Marvin Flores, con el objetivo de modelar y evaluar el comportamiento estructural de la edificación. A continuación, se presentan algunas imágenes del modelo estructural generado, las cuales ilustran tanto el proceso de diseño como los resultados obtenidos. Estos análisis permiten verificar la viabilidad constructiva del proyecto y asegurar su cumplimiento con los estándares técnicos establecidos. (Ver anexo 1).

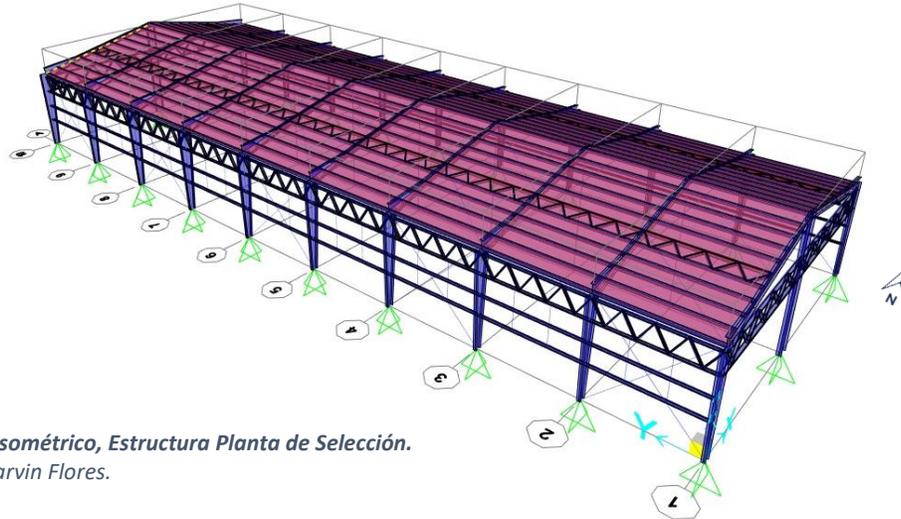


Ilustración 66 Isométrico, Estructura Planta de Selección.
 Fuente: Ing. Marvin Flores.

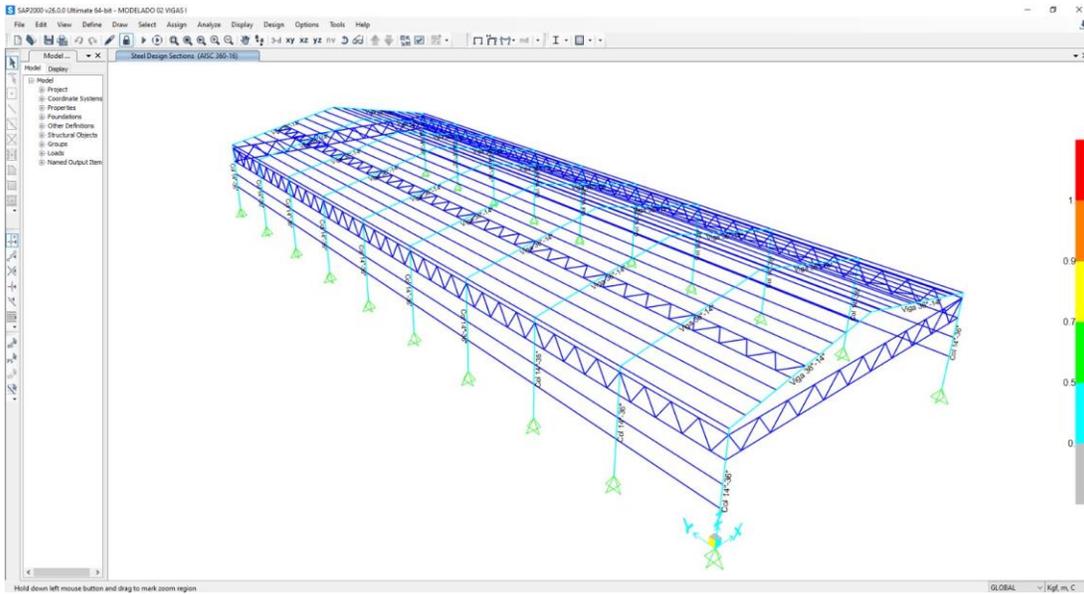


Ilustración 67 Definición de perfiles de acero para construcción de bodega.
 Fuente: Ing. Marvin Flores.

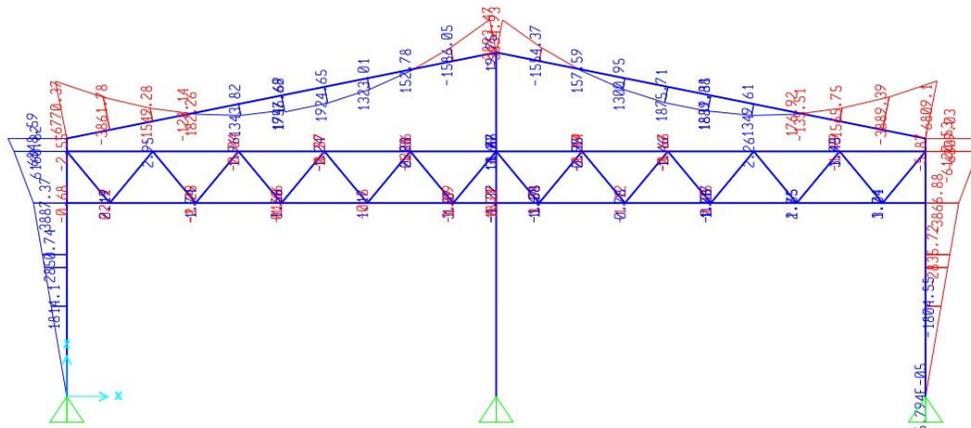


Ilustración 68 Determinación de momentos y cargas que afectarán la estructura.
 Fuente: Ing. Marvin Flores.

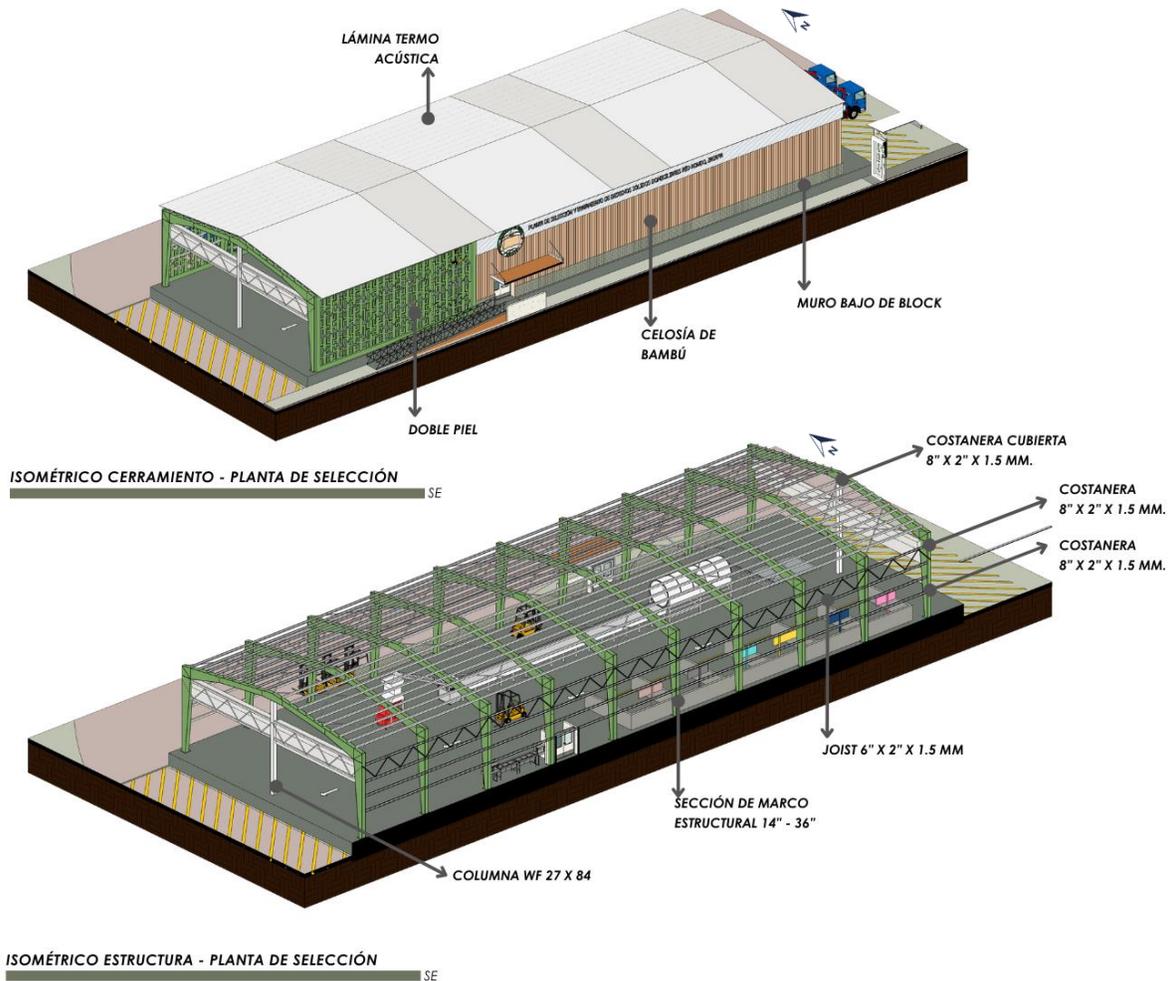


Ilustración 69 Isométrico de estructura, Planta de Selección.

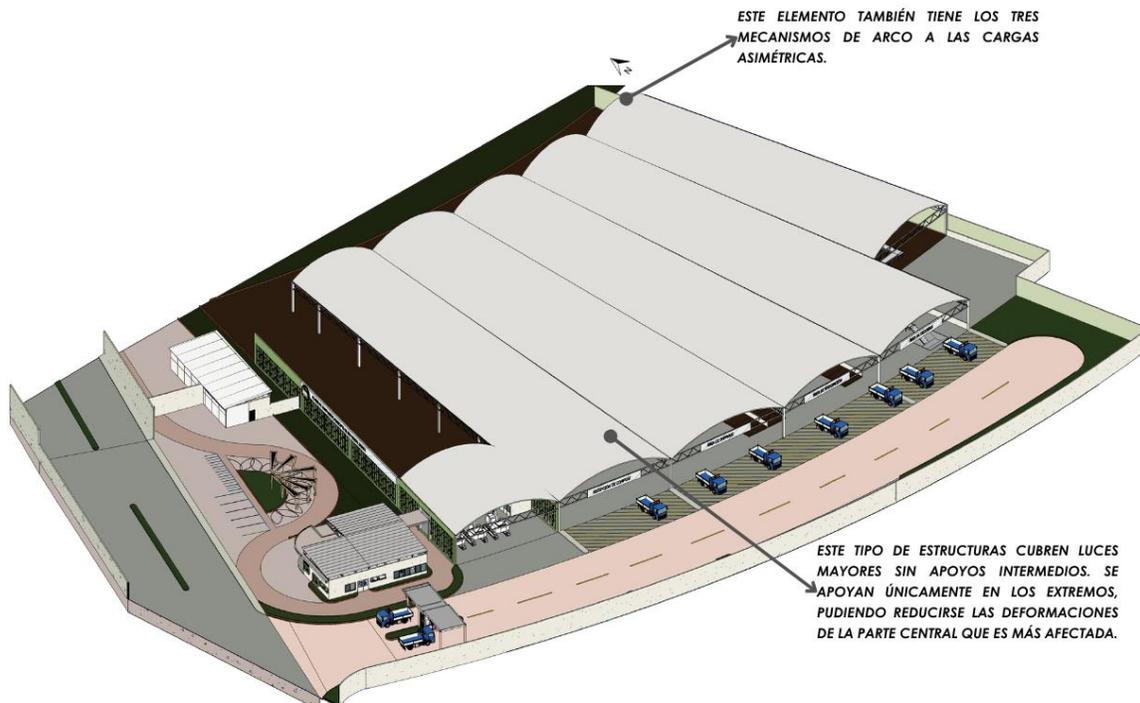
Fuente: Elaboración propia.

6.6.1.2 PLANTA DE COMPOSTAJE

Para la planta de compostaje, se ha seleccionado un sistema estructural autoportante, con el propósito de minimizar la cantidad de apoyos intermedios. Esta elección facilita el tratamiento y manejo de las pilas de compostaje al evitar obstáculos estructurales que puedan interferir con las operaciones.

Además, se ha optado que las pilas de compostaje cuenten con cerramiento horizontal, considerando las condiciones climáticas del municipio. Las altas temperaturas pueden acelerar la deshidratación del material orgánico, afectando su proceso de descomposición y reduciendo la calidad del compost final. El techo también permitirá un equilibrio óptimo entre ventilación y protección, evitando una evaporación excesiva de la humedad esencial para el proceso y garantizando un entorno más controlado para la descomposición de los residuos orgánicos, así como el confort de los trabajadores.

Se recomienda incorporar medidas complementarias, como un sistema de riego para mantener la humedad adecuada en las pilas, para mejorar la eficiencia del proceso.



ISOMÉTRICO ESTRUCTURA - PLANTA DE COMPOSTAJE SE

*Ilustración 70 Isométrico de estructura Planta de Compostaje.
Fuente: Elaboración propia.*

6.6.1.3 EDIFICIO EDUCATIVO, ADMINISTRACIÓN Y ÁREA DE EMPLEADOS

Para el edificio educativo se ha contemplado un sistema de marcos estructurales de acero que garanticen una estructura resistente y flexible ante las cargas dinámicas y las condiciones del entorno. Adicionalmente, en ciertos puntos del terreno se ha considerado la incorporación de muros de contención, debido a la disposición escalonada del edificio. Esta estrategia de diseño aprovecha la pendiente natural del terreno, lo que permite minimizar los movimientos de tierra, reduciendo así los costos de excavación y el impacto ambiental. Además, la distribución escalonada favorece la integración del edificio con el paisaje, optimizando el acceso de iluminación y ventilación natural.

Para complementar la estabilidad del conjunto, se recomienda la implementación de sistemas de drenaje adecuados, que eviten la erosión del terreno y garanticen el buen desempeño de los muros de contención a largo plazo. A su vez, el predimensionamiento permite obtener secciones aproximadas como se muestra a continuación, sin embargo, se recomienda que se verifique mediante un análisis estructural detallado, validado con la norma AGIES NSE, AISC 360-16, entre otros códigos.

Para la administración y área de empleados se propone el uso de cerramiento vertical de block estructural y cerramiento vertical compuesto por estructura metálica y lámina termo acústica. La propuesta del techo con estructura metálica facilita la circulación de viento y reduce la acumulación de calor.

6.6.2 CIMENTACIÓN

Para la cimentación, como lo indica la normativa AGIES NSE 4 – 10, debe ser capaz de transmitir con seguridad el peso de la vivienda al suelo por lo que es necesario determinar el tipo de cimentación a utilizar con base en un estudio de suelo. Para este caso se propone el uso de zapatas aisladas y cimiento corrido. Todo muro deberá contar con cimiento corrido convencional cuyo ancho será de por lo menos dos veces el espesor del muro que soporta.⁴⁹

Acorde a dicha normativa, se considera un peralte de 500 mm y 300 mm de ancho para el cimiento corrido, sin embargo, esto puede estar sujeto a cambio con base en el estudio de suelo y diseño estructural.

Tabla 5-1
Resumen de dimensiones de cimientos de viviendas

| Descripción | Dimensiones | | Refuerzo Mínimo | |
|--|-------------|----------|------------------|-----------------------------|
| | Peralte mm | Ancho mm | Longitudinal | Transversal |
| 5.3.1 Viviendas de block o ladrillo de 1 nivel con techo liviano | 350 | 200 | 2 No.3 (9.5 mm) | esl. No.3 (9.5 mm) @ 200 mm |
| 5.3.2 Viviendas de muros de concreto liviano prefabricados o fundidos en el lugar de 1 nivel con techo liviano | 350 | 200 | 2 No.3 (9.5 mm) | esl. No.3 (9.5 mm) @ 200 mm |
| 5.3.3 Viviendas de bloque o ladrillo de 1 nivel con techo de losa | 400 | 250 | 3 No.3 (9.5 mm) | esl. No.3 (9.5 mm) @ 200 mm |
| 5.3.4 Viviendas de muros de concreto liviano prefabricados o fundidos en el lugar de 1 nivel con techo de losa | 400 | 250 | 3 No.3 (9.5 mm) | esl. No.3 (9.5 mm) @ 200 mm |
| 5.3.5 Viviendas de bloque o ladrillo de 2 niveles | 500 | 300 | 3 No.4 (12.7 mm) | esl. No.3 (9.5 mm) @ 150 mm |
| 5.3.6 Viviendas de bloque o ladrillo de 2 niveles | 500 | 300 | 3 No.4 (12.7 mm) | esl. No.3 (9.5 mm) @ 150 mm |
| 5.3.7 Viviendas con paredes fundidas en el lugar de 2 niveles | 500 | 300 | 3 No.4 (12.7 mm) | esl. No.3 (9.5 mm) @ 150 mm |

Tabla 17 Resumen de dimensiones de cimientos de viviendas.

Fuente: AGIES NSE 4 -10 Requisitos Prescriptivos para Vivienda y Edificaciones Menores de Uno y Dos Niveles (Guatemala AGIES, 2010), Tabla 5-1, 48.

6.6.3 MUROS

Se propone el uso de mampostería de bloque como cerramiento vertical en el proyecto a excepción de la planta de selección y clasificación de desechos. Esta elección responde a su resistencia estructural, facilidad de construcción y costo accesible, garantizando una solución eficiente y duradera.

De acuerdo con la normativa ya citada, los muros de mampostería deben contar con un espesor mínimo de 140 mm para garantizar estabilidad y resistencia estructural. Asimismo, se establece una longitud máxima de 7.0 m entre elementos de refuerzo con el fin de evitar fisuras y garantizar un adecuado desempeño ante cargas laterales y sísmicas. Para optimizar el comportamiento de la mampostería, se recomienda la inclusión de elementos de refuerzo vertical y horizontal, tales como

⁴⁹ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala: AGIES NSE 4-10 Requisitos Prescriptivos para Vivienda y Edificaciones Menores de Uno y Dos Niveles. (Guatemala: AGIES, 2010), 44.

columnas de amarre y soleras de concreto armado, especialmente en zonas de mayor carga estructural.

Tabla 6-2
Distancias máximas entre soportes para muros de carga

| Tipo de edificación | Con diafragma rígido ⁽¹⁾ | | Con diafragma flexible ⁽²⁾ | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | Longitud ⁽³⁾ m | Área ⁽⁴⁾ m ² | Longitud ⁽⁵⁾ m | Área ⁽⁴⁾ m ² |
| Muro block o ladrillo de 140 mm de espesor | 7.0 | 25. | 5.0 | 20. |
| Muro ladrillo de 110 mm de espesor | 5.50 | 22. | 4.50 | 17. |
| Muros de concreto | 4.25 | 18. | 3.60 | 13. |

Tabla 18 Distancias máximas entre soportes para muros de carga.
Fuente: AGIES NSE 4 -10 Requisitos Prescriptivos para Vivienda y Edificaciones Menores de Uno y Dos Niveles (Guatemala AGIES, 2010), Tabla 6-2, 52.

6.6.4 BAMBÚ

El bambú es una de las plantas de crecimiento más rápido en el mundo y se distingue por su flexibilidad, resistencia y durabilidad. Guatemala cuenta con un clima ideal para su cultivo, lo que ha motivado a la Misión Técnica de Taiwán en Guatemala a establecer nuevas plantaciones en Oratorio, Santa Rosa; Río Hondo, Zacapa; y Tecún Umán, San Marcos.

Dado su potencial, se propone aprovechar el bambú en la aplicación de criterios de arquitectura sostenible. En el diseño de la Planta de Selección y Clasificación, se emplea como cerramiento vertical, permitiendo una ventilación constante gracias a los vientos predominantes que se dirigen hacia el norte. Esto no solo mejora el confort térmico y la privacidad del espacio, sino que también aporta un valor estético significativo.

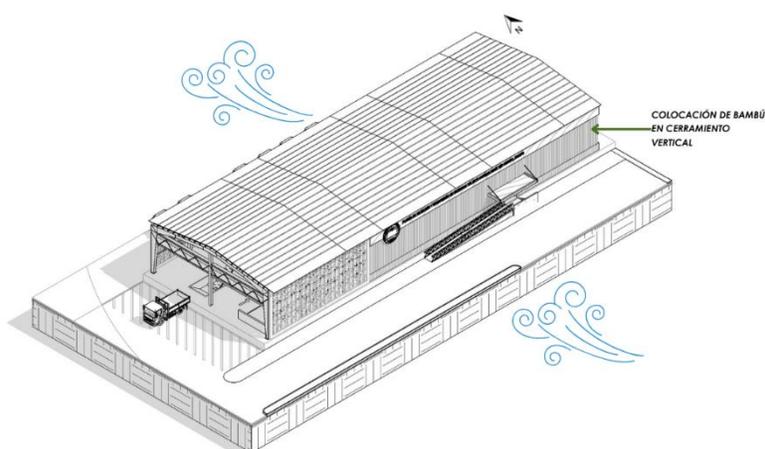


Ilustración 71 Colocación de bambú en cerramiento vertical de planta de selección.
Fuente: Elaboración propia.

Tal como lo indica la normativa AGIES NSE 4-10, la mejor calidad de bambú se consigue en plantas en estado sazonado, es decir, mayores de 4 años. No se puede utilizar bambú con más del 20% de contenido de humedad ni por debajo del 10%.⁵⁰

Además de utilizarlo en la Planta de Selección y Clasificación se contempla su uso en la construcción del vivero y como pérgola en las plazas. Se propone sujeción con amarre, para lo cual puede utilizarse cualquier material resistente, así como el uso de clavos, pernos o pasadores.

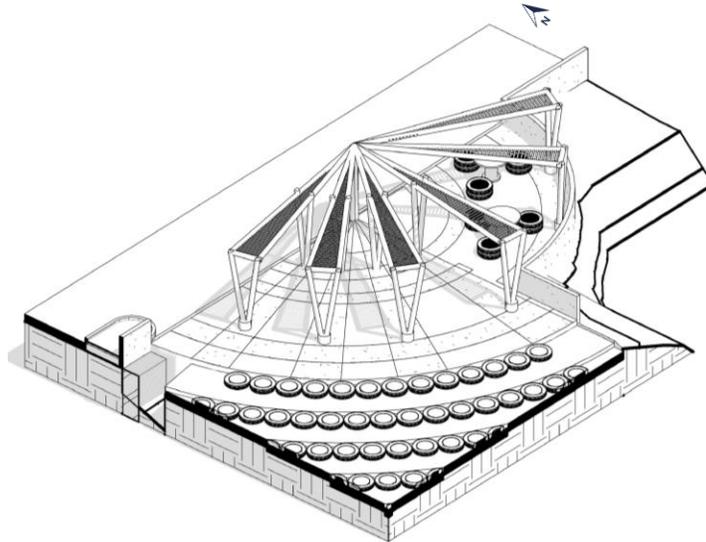


Ilustración 72 Pérgola en plaza, área educativa.
Fuente: Elaboración propia.

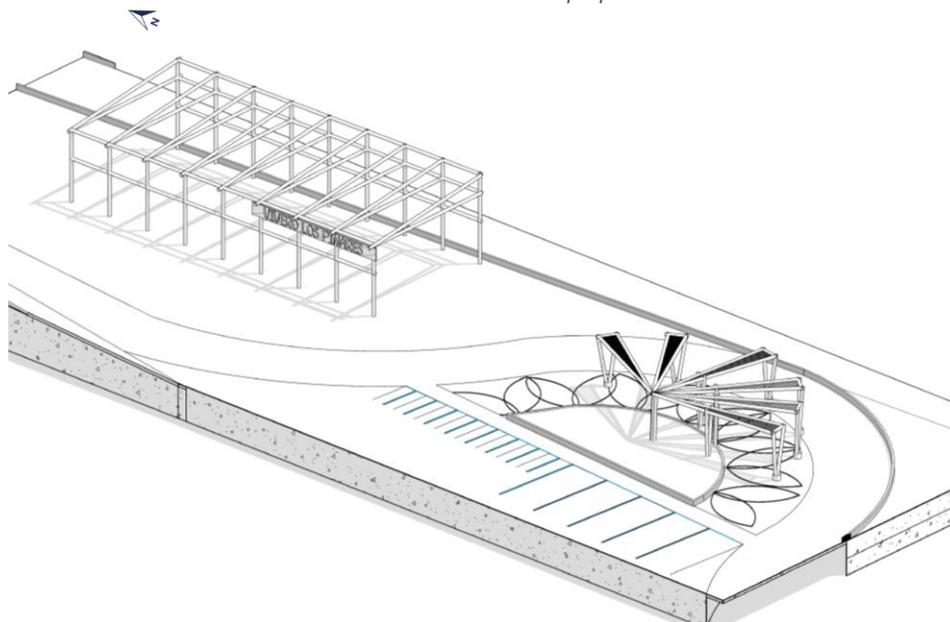
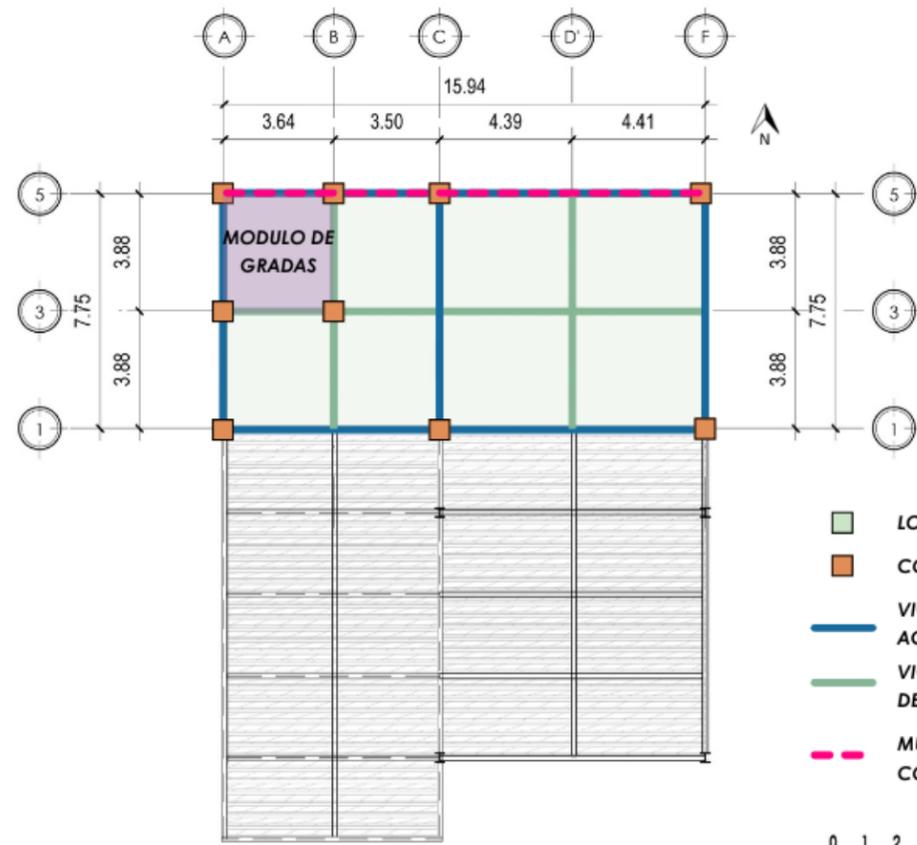


Ilustración 73 Pérgola y Vivero, área de compostaje.
Fuente: Elaboración propia.

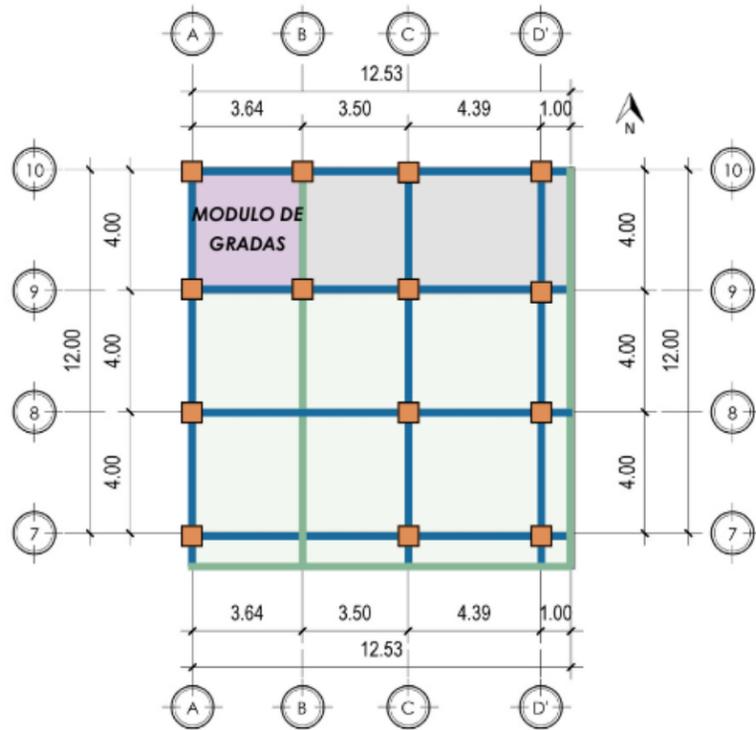
⁵⁰ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala: AGIES NSE 4-10 Requisitos Prescriptivos para Vivienda y Edificaciones Menores de Uno y Dos Niveles. (Guatemala: AGIES, 2010), 35.



ESQUEMA DE VIGAS Y LOSAS - PRIMER NIVEL ÁREA EDUCATIVA
1:1200

- LOSA ACERO
- COLUMNA DE ACERO
- VIGA PRINCIPAL DE ACERO
- VIGA SECUNDARIA DE ACERO
- MURO DE CONTENCIÓN

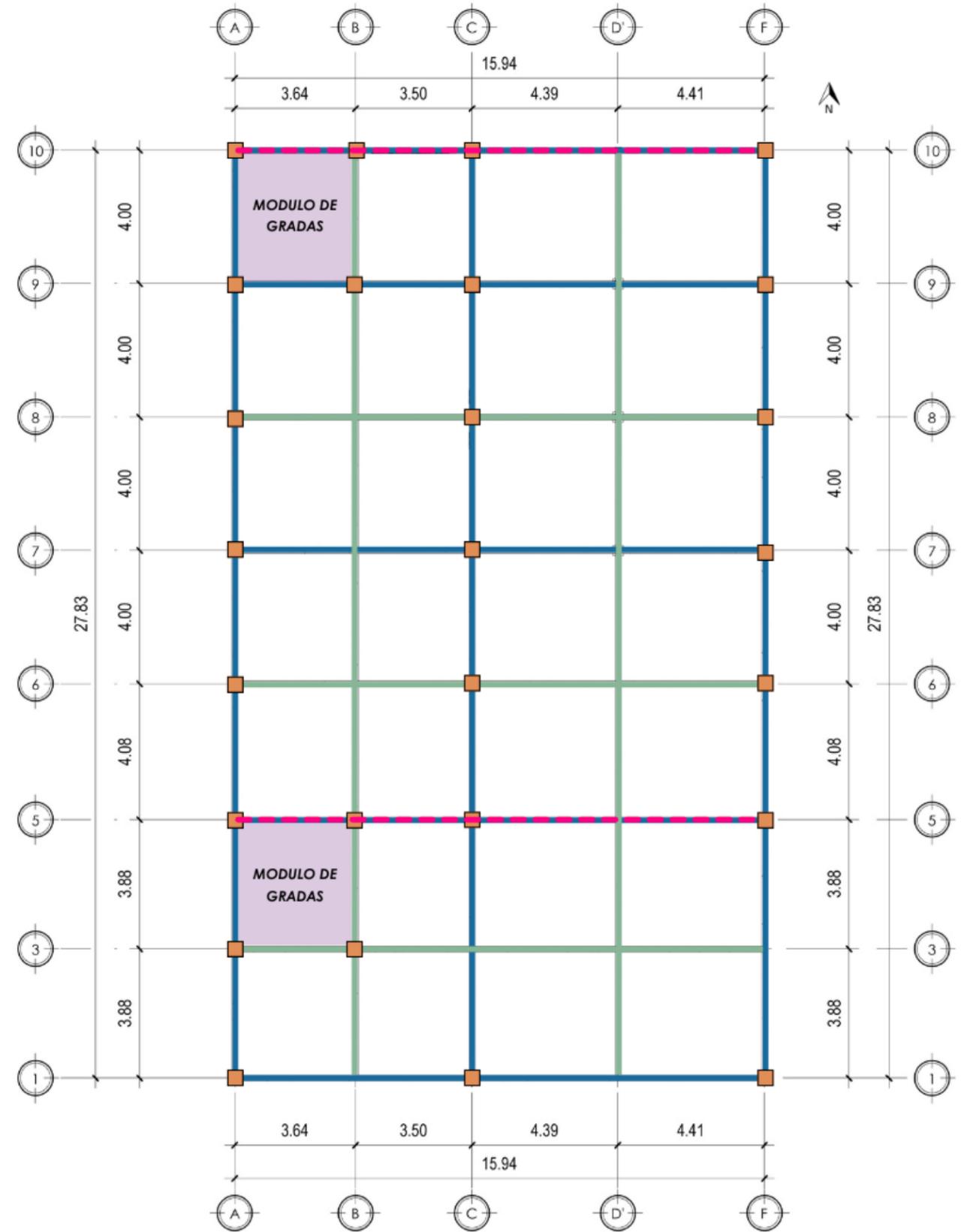
- LOSA ACERO
- COLUMNA DE ACERO
- VIGA PRINCIPAL DE ACERO
- VIGA SECUNDARIA DE ACERO
- MURO DE CONTENCIÓN



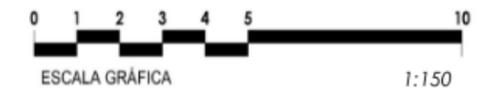
ESQUEMA DE VIGAS Y LOSAS - TERCER NIVEL ÁREA EDUCATIVA
1:1200

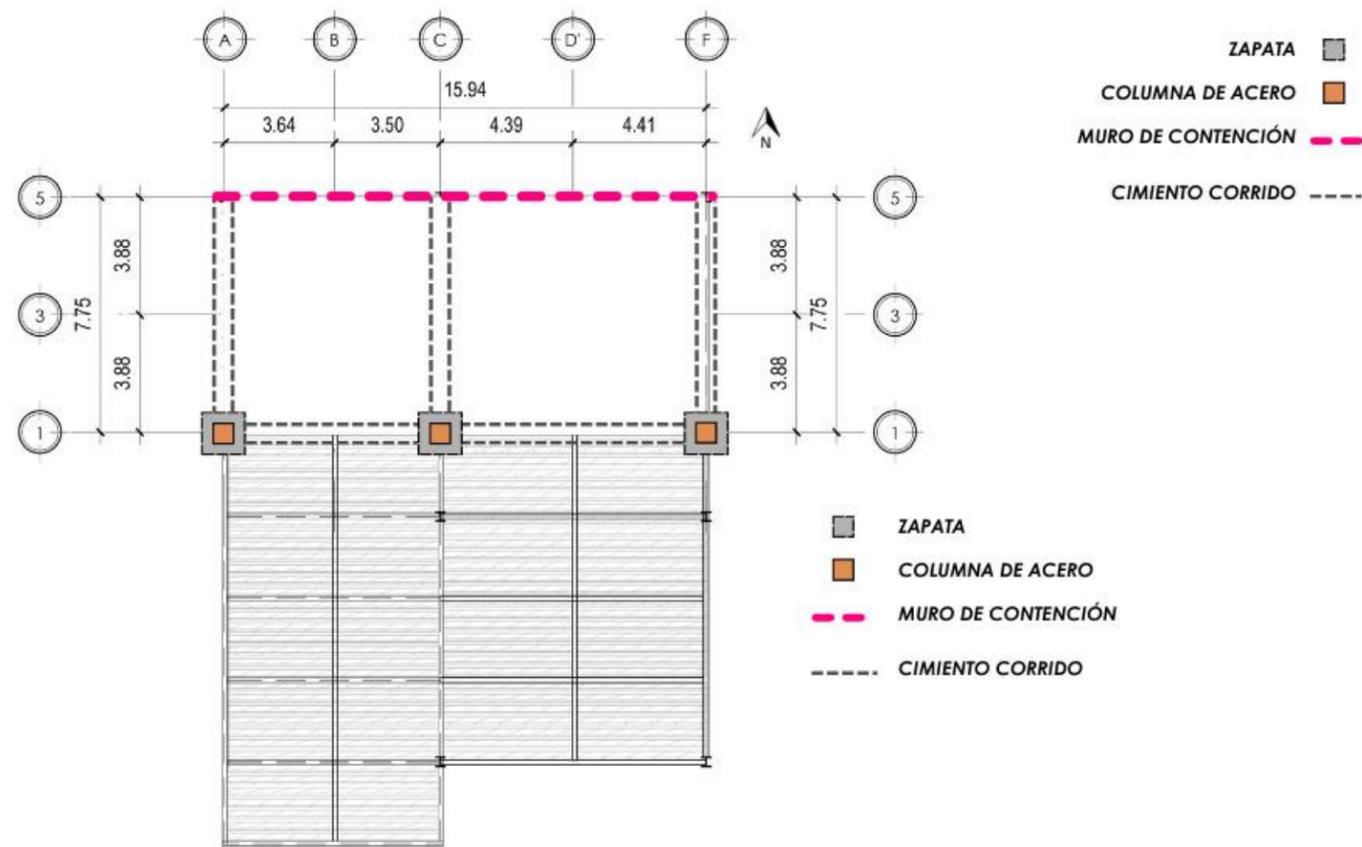
PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS
LUZ CRÍTICA 8.80 M
 $H = L/20$
 $H = 8.80 / 20 = 0.44 \text{ M}$
COLUMNAS DE ACERO
 $H = \text{ALTURA DEL NIVEL}$
 $C = H / 10$
 $C = 3.70 / 10 = 0.37 \text{ M}$
 SE RECOMIENDA PARA CONEXIONES AL SUELO DE PLACA BASE Y ANCLAJES, DE 1.5 A 2 VECES EL ÁREA DE LA COLUMNA.

- LOSA DE CONCRETO
- LOSA ACERO
- COLUMNA DE ACERO
- VIGA PRINCIPAL DE ACERO
- VIGA SECUNDARIA DE ACERO

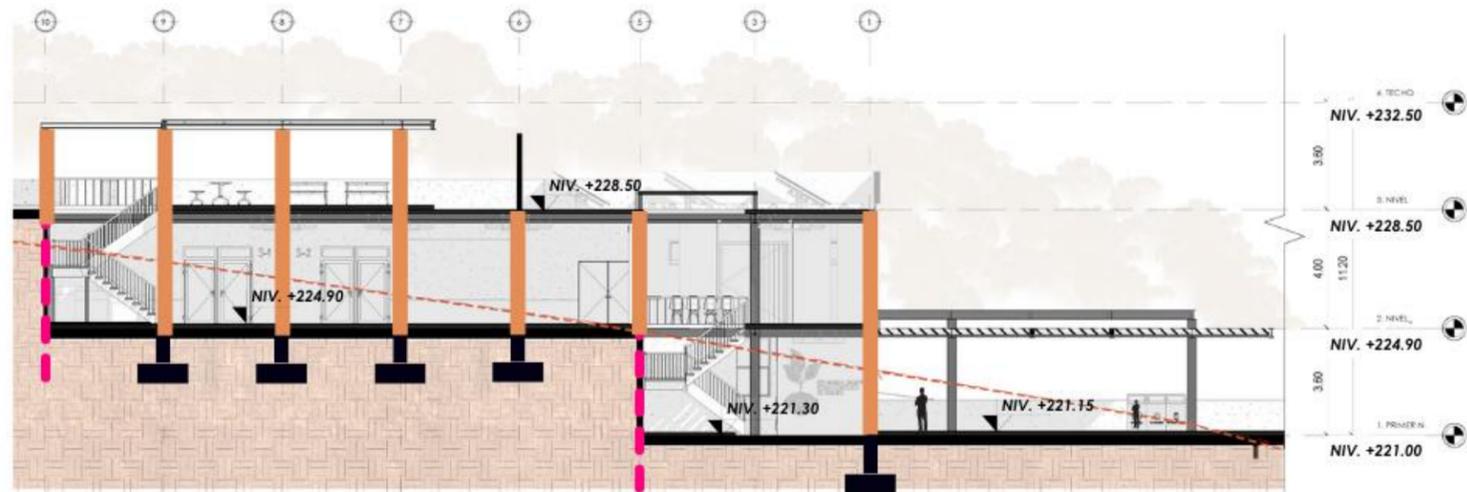
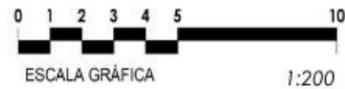


ESQUEMA DE VIGAS Y LOSAS - SEGUNDO NIVEL ÁREA EDUCATIVA
1:150



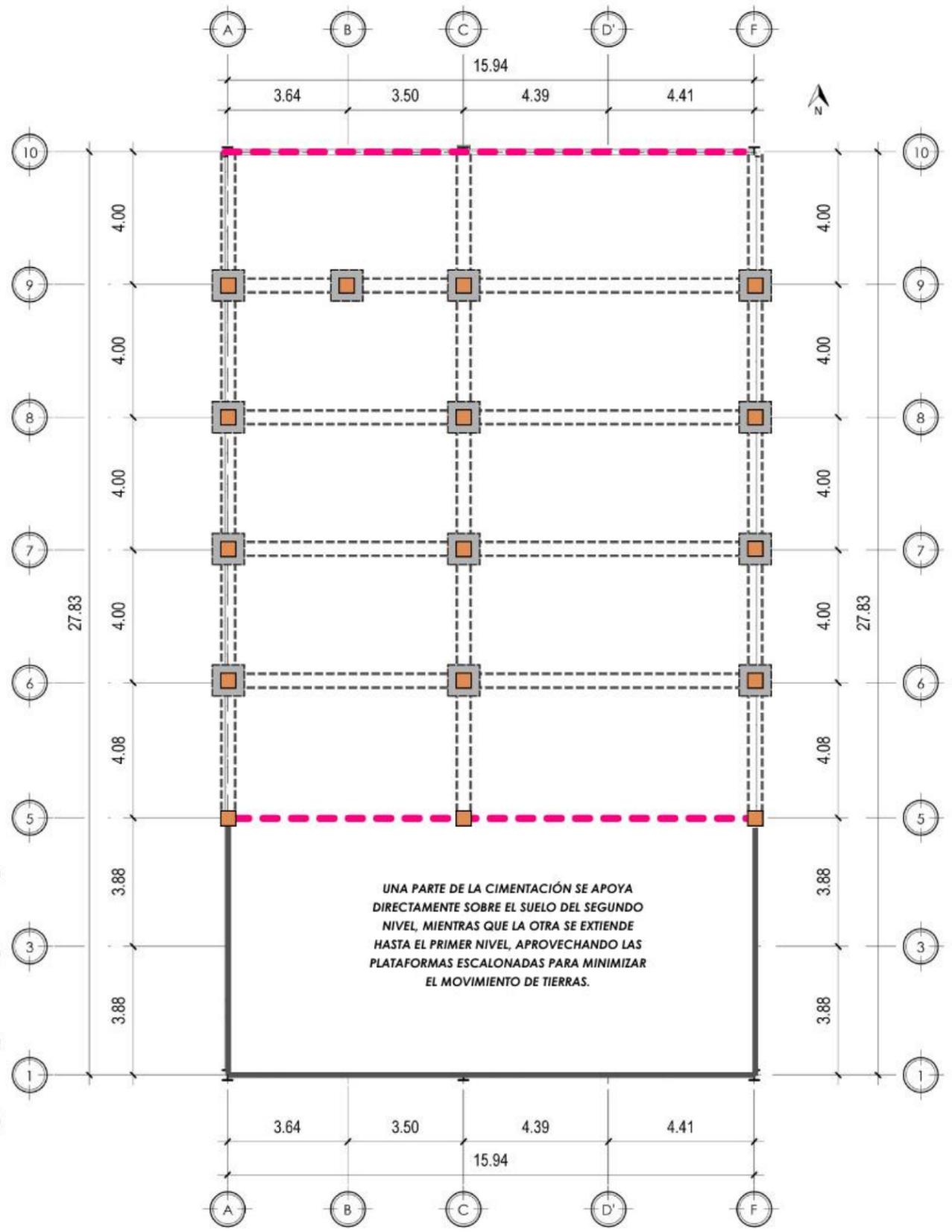


ESQUEMA DE CIMENTACIÓN - PRIMER NIVEL ÁREA EDUCATIVA
1:1200

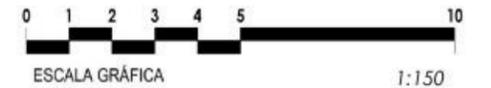


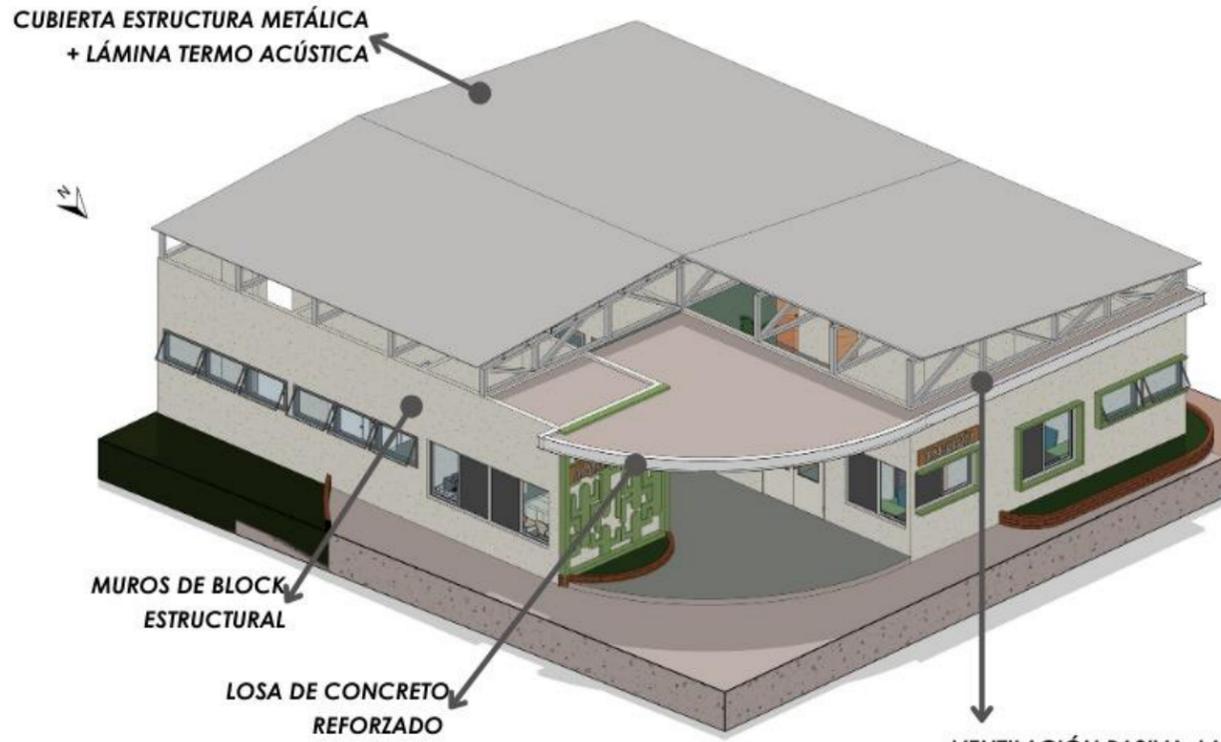
SECCIÓN ESTRUCTURAL

SE



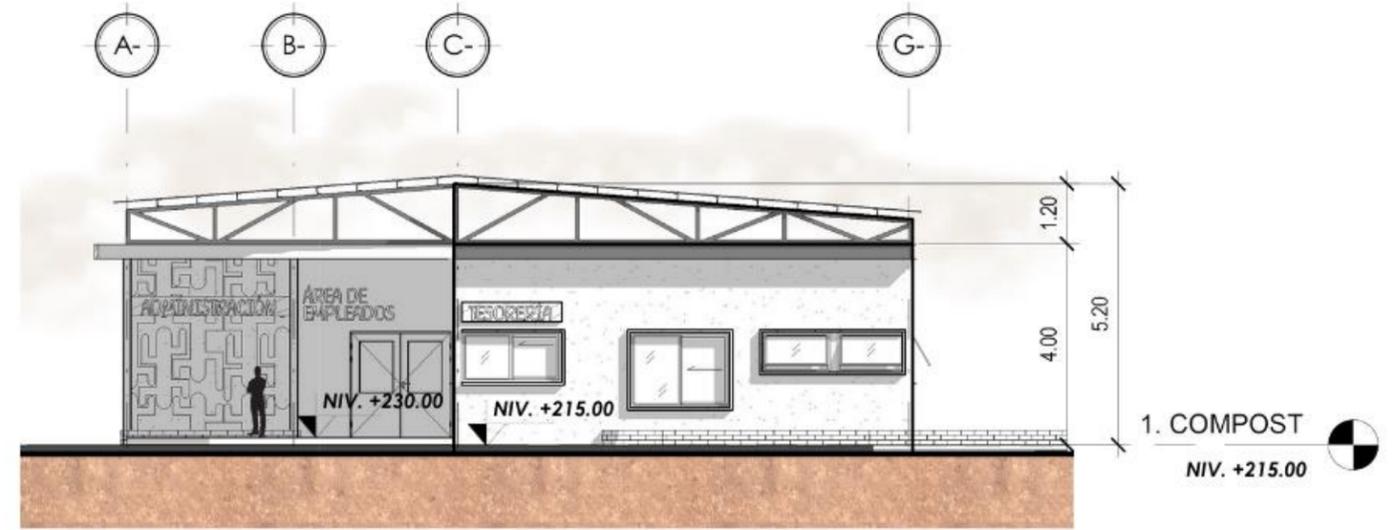
ESQUEMA DE CIMENTACIÓN - SEGUNDO NIVEL ÁREA EDUCATIVA
1:150



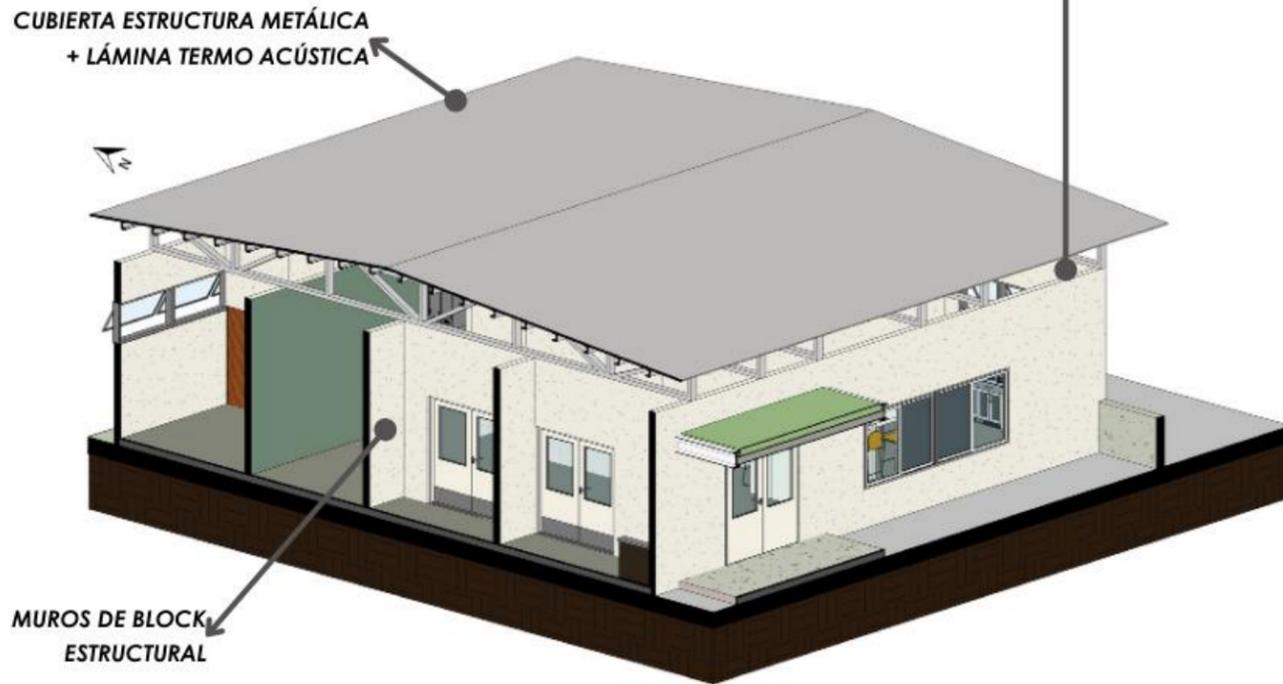
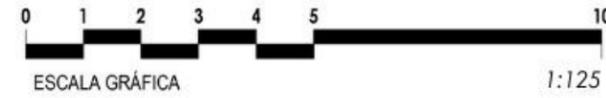


ISOMÉTRICO - ADMINISTRACIÓN PLANTA DE COMPOSTAJE SE

VENTILACIÓN PASIVA: LA ABERTURA EN EL TECHO FACILITA LA CIRCULACIÓN DE VIENTO Y REDUCE LA ACUMULACIÓN DE CALOR.



ELEVACIÓN OESTE - ADMINISTRACIÓN PLANTA DE COMPOSTAJE 1:125



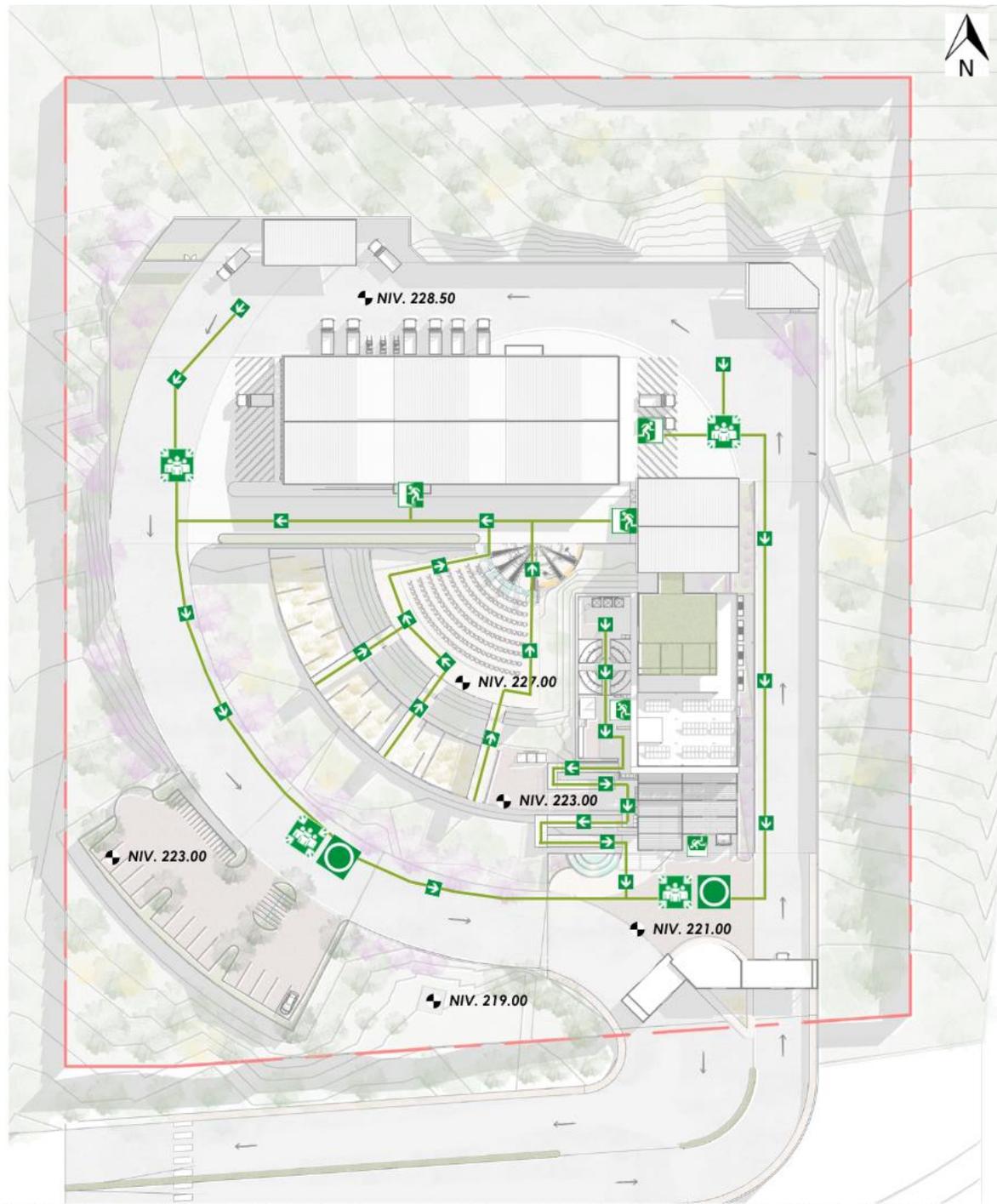
ISOMÉTRICO ÁREA DE EMPLEADOS - PLANTA DE SELECCIÓN SE



SECCIÓN ÁREA DE EMPLEADOS - PLANTA DE SELECCIÓN 1:100



6.7 RUTAS DE EVACUACIÓN



ESQUEMA DE RUTAS DE EVACUACIÓN, PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

SE



PUNTO DE REUNIÓN



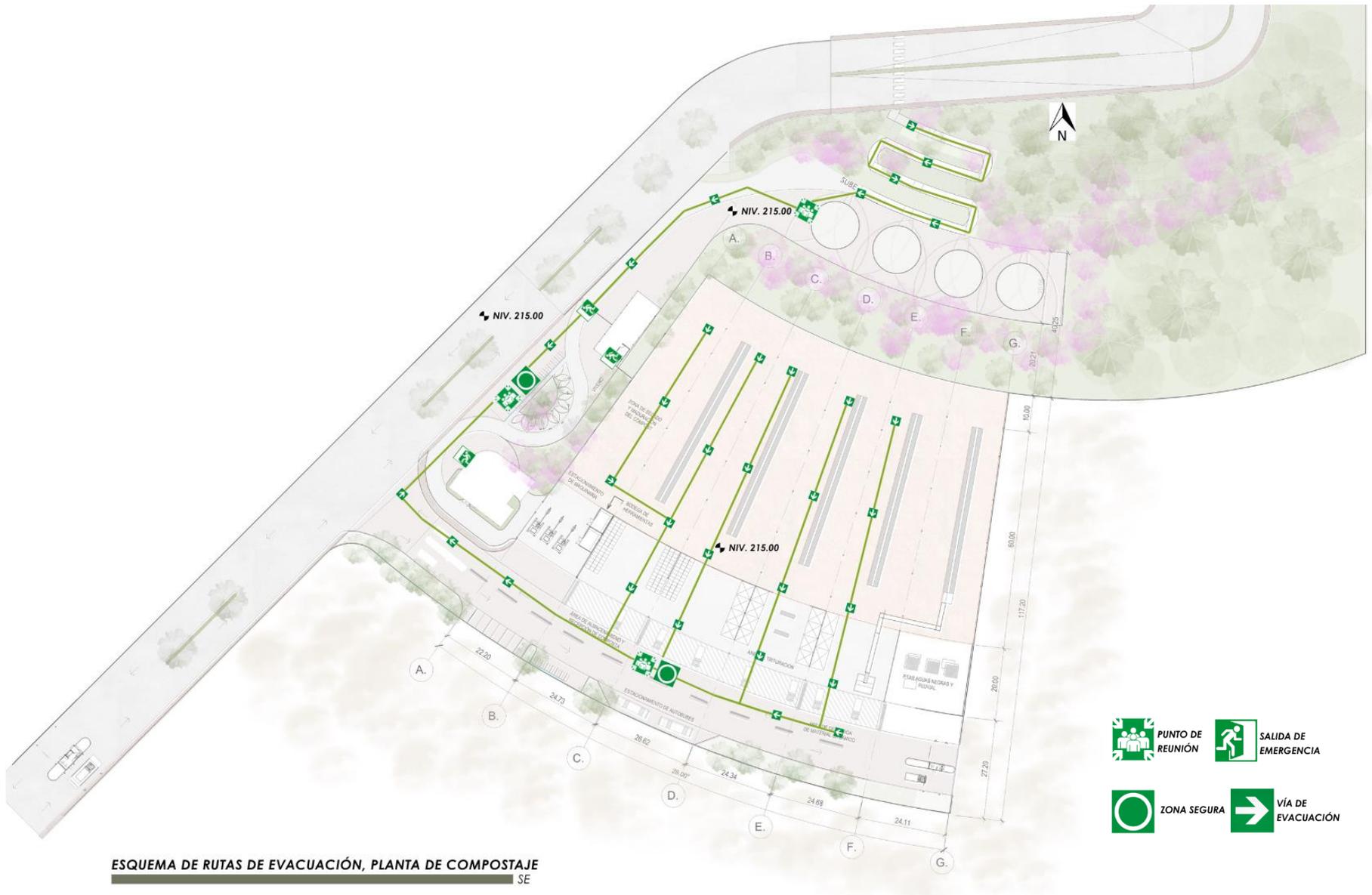
SALIDA DE EMERGENCIA



ZONA SEGURA

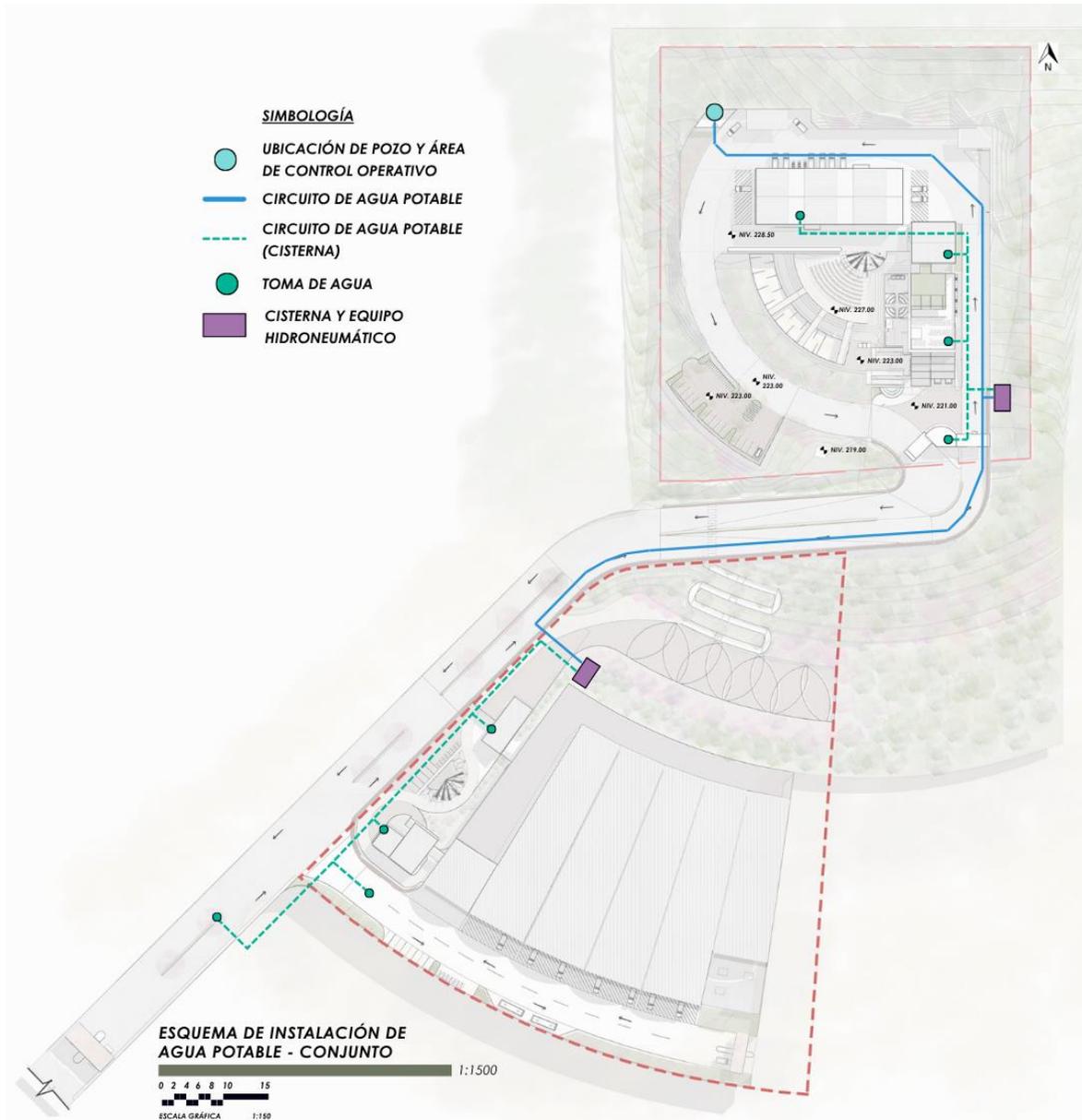


VÍA DE EVACUACIÓN



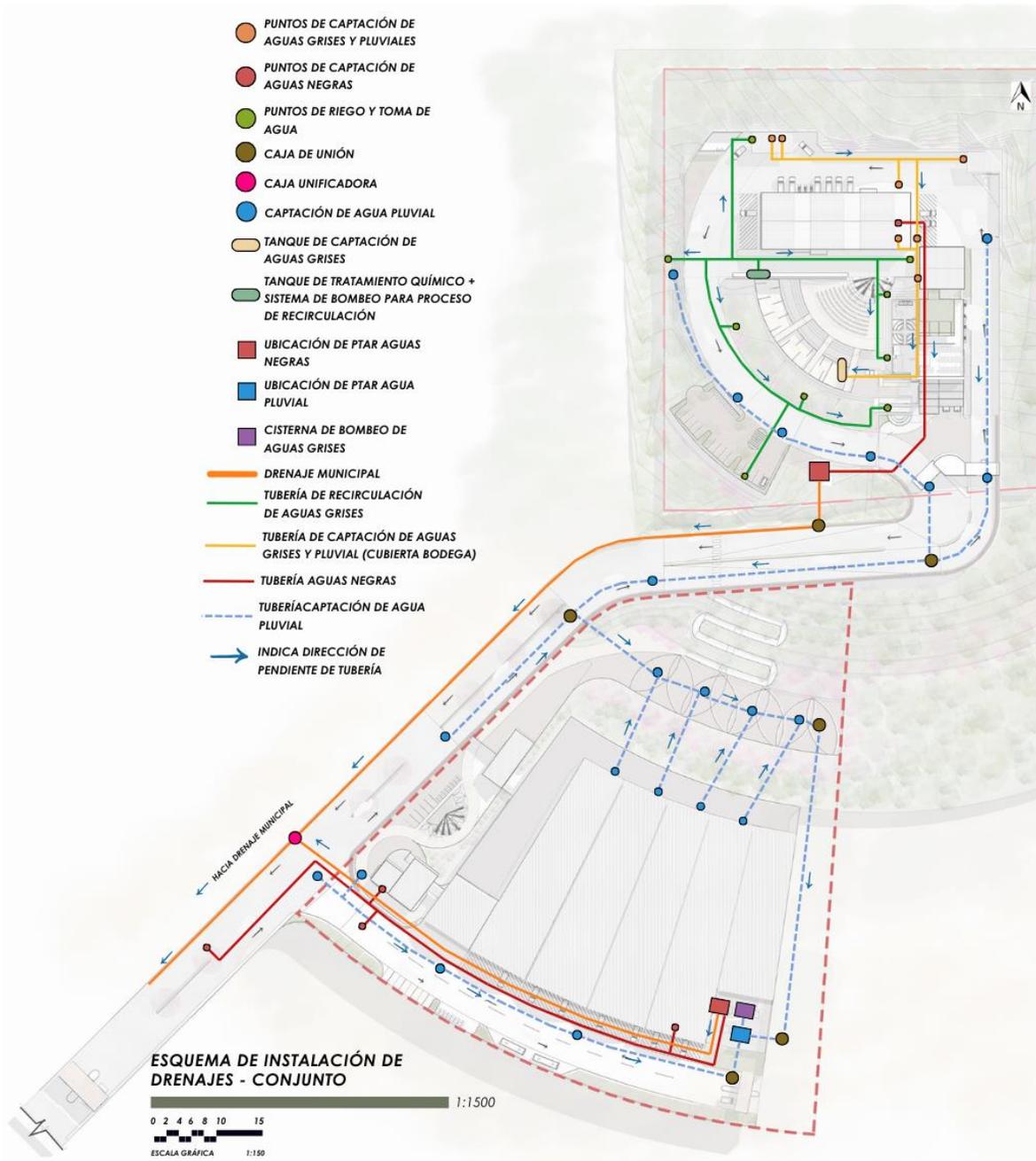
6.8 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE EN EL CONJUNTO

Como el terreno no cuenta con suministro de agua potable se propone la perforación de un pozo con su respectiva área de control operativo. Este se ubicará en el punto más alto del terreno para aprovechar la gravedad en el abastecimiento de las dos cisternas del proyecto, las cuales contarán con un sistema hidroneumático. Para evitar la sobrecarga de la bomba y posibles desperfectos, se plantea la instalación de dos cisternas. Estas permitirán que la bomba opere en ciclos más eficientes, reduciendo su desgaste y optimizando el suministro de agua.



6.9 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE DRENAJES EN EL CONJUNTO

Para el sistema de drenaje se propone ubicar la planta de tratamiento en el punto más bajo del terreno, permitiendo que el sistema funcione por gravedad. Paralelamente, se plantea la captación de aguas grises y pluviales en un circuito independiente, el cual será dirigido hacia el humedal para su tratamiento. El agua tratada se destinará al lavado de camiones y al riego dentro del conjunto. En el área de compostaje se propone una cisterna para la captación de agua pluvial, que recolectará el escurrimiento proveniente de la calle de hidrocreto, las cubiertas y el "Sendero del Motagua" para su posterior uso. Por otro lado, las aguas negras serán sometidas a un tratamiento previo antes de su descarga en el drenaje municipal en la planta de tratamiento.



6.10 ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD Y MATERIALES

El diseño del proyecto integra diversas estrategias de sostenibilidad con el objetivo de optimizar el uso de los recursos naturales, reducir el impacto ambiental y mejorar el confort térmico en las instalaciones.

1. Para la ventilación y climatización pasiva se han incorporado ventanas plegables de metal y madera, que permiten una apertura amplia para favorecer la circulación de aire y reducir la necesidad de ventilación mecánica. En lugar de vidrio, se han utilizado mosquiteros, una solución más eficiente para las condiciones climáticas del lugar, garantizando protección contra insectos sin comprometer la ventilación.
2. En cuanto a los materiales y el tratamiento del suelo se ha sustituido el pavimento convencional por adoquín e hidrocreto, un material permeable que facilita la infiltración del agua pluvial, reduciendo el encharcamiento, el fenómeno de isla de calor y promover la recarga del manto acuífero.
3. En la planta de selección se propone un cerramiento vertical de bambú que permite la circulación continua del aire, mejorando las condiciones térmicas y adaptándose a la dirección de los vientos predominantes de sur a norte.
4. El proyecto también cuenta con uso de energía renovable, incorporando paneles solares para reducir el consumo de electricidad de la red y contribuir a la autosuficiencia energética de la planta.
5. Para la gestión eficiente del agua, se contempla el tratamiento de aguas grises y pluviales en la Planta de Selección de desechos a través de un **Humedal artificial**, donde el agua pasará por un proceso de filtración mediante piedra volcánica y depuración biológica a cargo de plantas como papiro y tul. Posterior a su tratamiento, inicia el proceso de recirculación del agua, para utilizarla en áreas de riego y lavado de camiones, promoviendo así un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico en el proyecto.

Además de lo expuesto, debido a que el humedal forma parte del área educativa, se contempla la colocación de tres puentes para que los visitantes conozcan el proceso de tratamiento de aguas grises las cuales se dividen de la siguiente manera:

PUENTE 1: PRETRATAMIENTO, FILTRACIÓN Y RETENCIÓN DE SÓLIDOS

Previo a ingresar al humedal, las aguas grises son captadas por un sedimentador y trampa de grasas y aceites, para evitar la acumulación de residuos que podrían obstruir el flujo y separar detergentes y grasas que afecten la capacidad del mismo.

PUENTE 2: DEPURACIÓN POR FLUJO SERPENTEANTE

En esta fase el agua fluye a través del humedal en un recorrido serpenteante lo que maximiza el tiempo de contacto con las plantas y piedra volcánica, ocurriendo los siguientes procesos:

- ✓ Filtración a través de la piedra volcánica.
- ✓ Absorción de contaminantes por las raíces de plantas (papiro y tul).
- ✓ Actividad microbiana en el sustrato, las materias adheridas a la piedra volcánica descomponen la materia orgánica y eliminan patógenos.
- ✓ Oxigenación natural

PUENTE 3: RECIRCULACIÓN DEL AGUA TRATADA

En esta fase el agua pase por una última fase antes de iniciar el proceso de recirculación, siendo estas:

- ✓ Filtración final (filtro de arena y carbón)
- ✓ El agua se almacena en una cisterna para su proceso de distribución en el área de lavado de camiones y zonas de riego.

En caso de excedente de agua, el proceso debe contar con un sistema de evacuación controlada por medio de un drenaje pluvial.

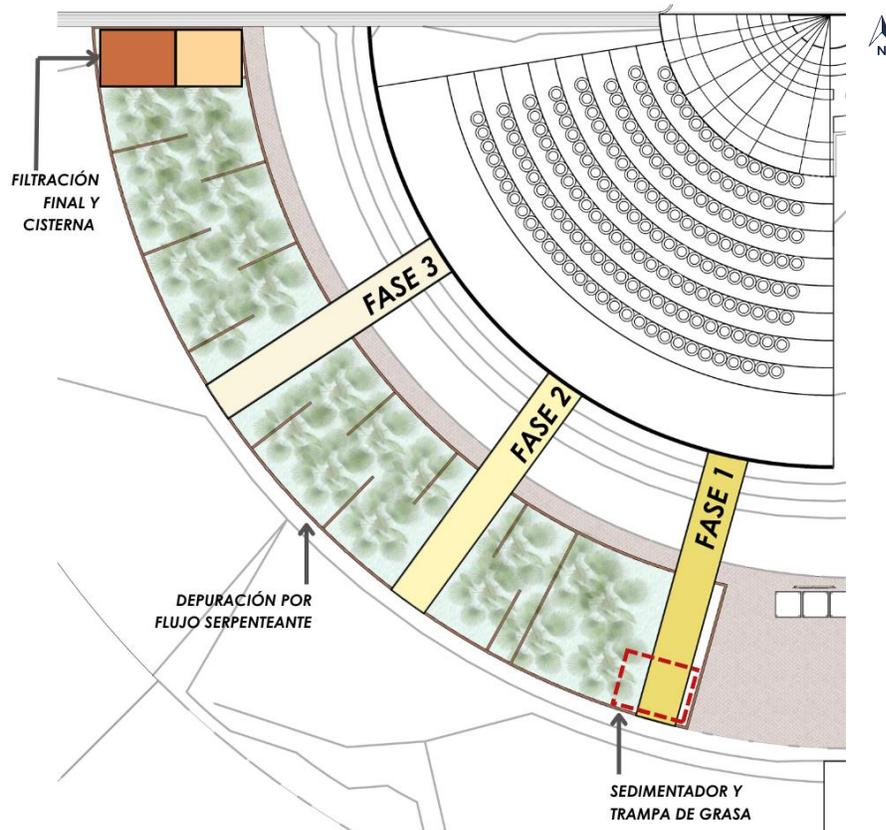


Ilustración 74 Esquema de funcionamiento de humedal artificial.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 75 Esquema del proceso de construcción de Humedal Artificial.
Fuente: Elaboración propia.

6. En términos de eficiencia térmica se ha utilizado doble piel en fachadas críticas, para mitigar la incidencia solar directa, reduciendo la carga térmica en los espacios interiores y mejorando el confort sin necesidad de sistemas de climatización artificial. Para reducir la incidencia solar en la fachada sur del edificio educativo, se propone la instalación de una pérgola con listones de madera inclinado a 45°. Este diseño permite el ingreso de la iluminación natural durante la mañana, mientras que en las horas de mayor radiación solar actúa como una barrera, evitando el sobrecalentamiento del interior y mejorando el confort térmico del espacio.

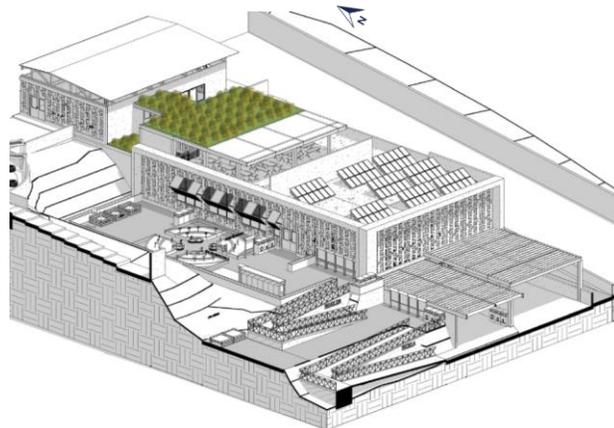
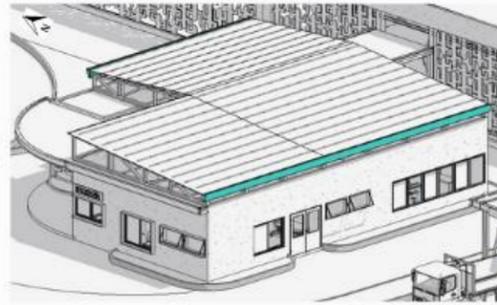


Ilustración 76 Techo verde.
Fuente: Elaboración propia.

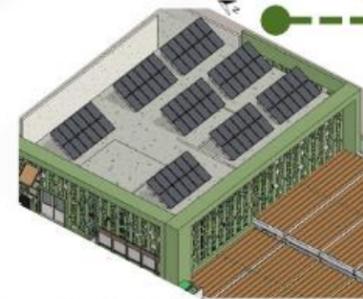
En el tercer nivel del edificio educativo, donde se ubica el área de refacciones, se propone la implementación de un techo verde. Este elemento no solo funcionará como una capa adicional de aislamiento térmico, reduciendo la transferencia de calor al interior, sino que también contribuirá a la regulación del microclima y retención de agua pluvial.

Por medio de estas estrategias se busca que el proyecto tenga un enfoque integral hacia la sostenibilidad y diseño bioclimático, priorizando soluciones pasivas y materiales ecológicos para crear un espacio funcional, eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

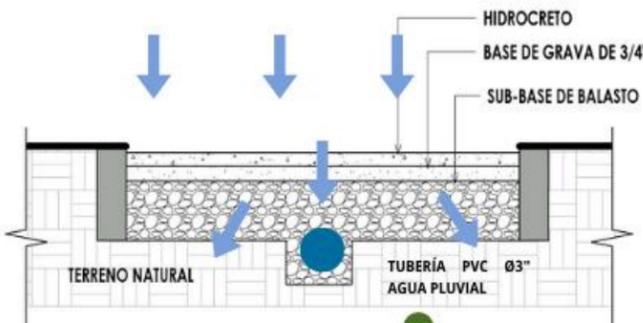
EL AGUA PLUVIAL SERÁ CAPTADA DESDE LA CUBIERTA DEL EDIFICIO Y CONDUcida A UN SISTEMA DE TRATAMIENTO, PERMITIENDO SU POSTERIOR REUTILIZACIÓN EN DIVERSAS ACTIVIDADES DENTRO DEL PROYECTO, COMO EL RIEGO DE ÁREAS VERDES.



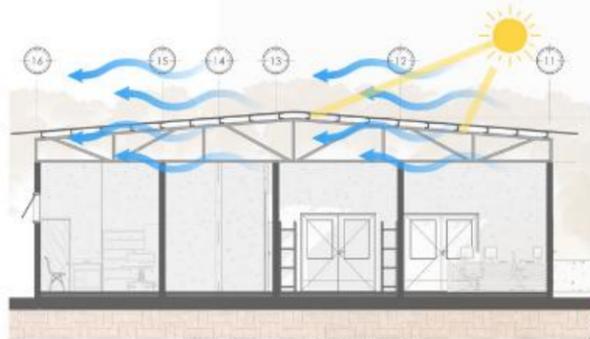
TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL. EL AGUA TRATADA SE RECICLARÁ PARA RIEGO Y LAVADO DE CAMIONES, OPTIMIZANDO EL USO DEL RECURSO HÍDRICO



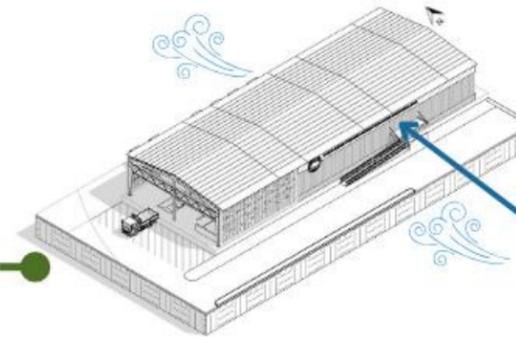
USO DE PANELES SOLARES COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE



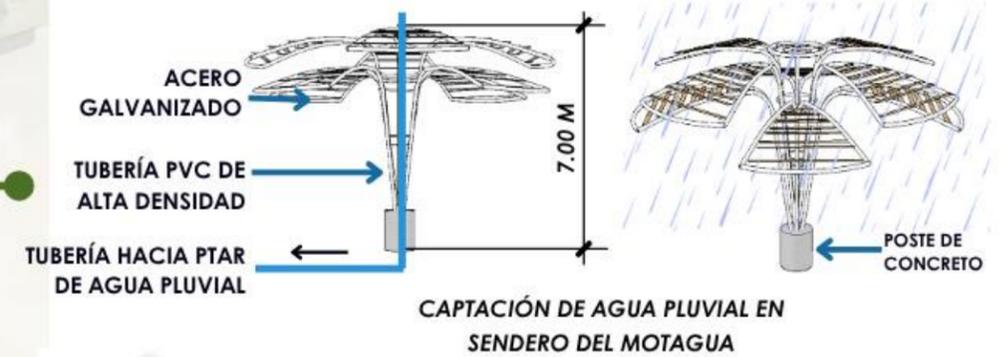
USO DE HIDROCRETO EN CALLES PARA LA RECUPERACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA PLUVIAL



VENTILACIÓN EN TECHO



CERRAMIENTO DE BAMBÚ PERMITE EL PASO DE VENTILACIÓN CRUZADA



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y PLUVIALES PARA ADECUADA DEPURACIÓN DE SUSTANCIAS CONTAMINANTES

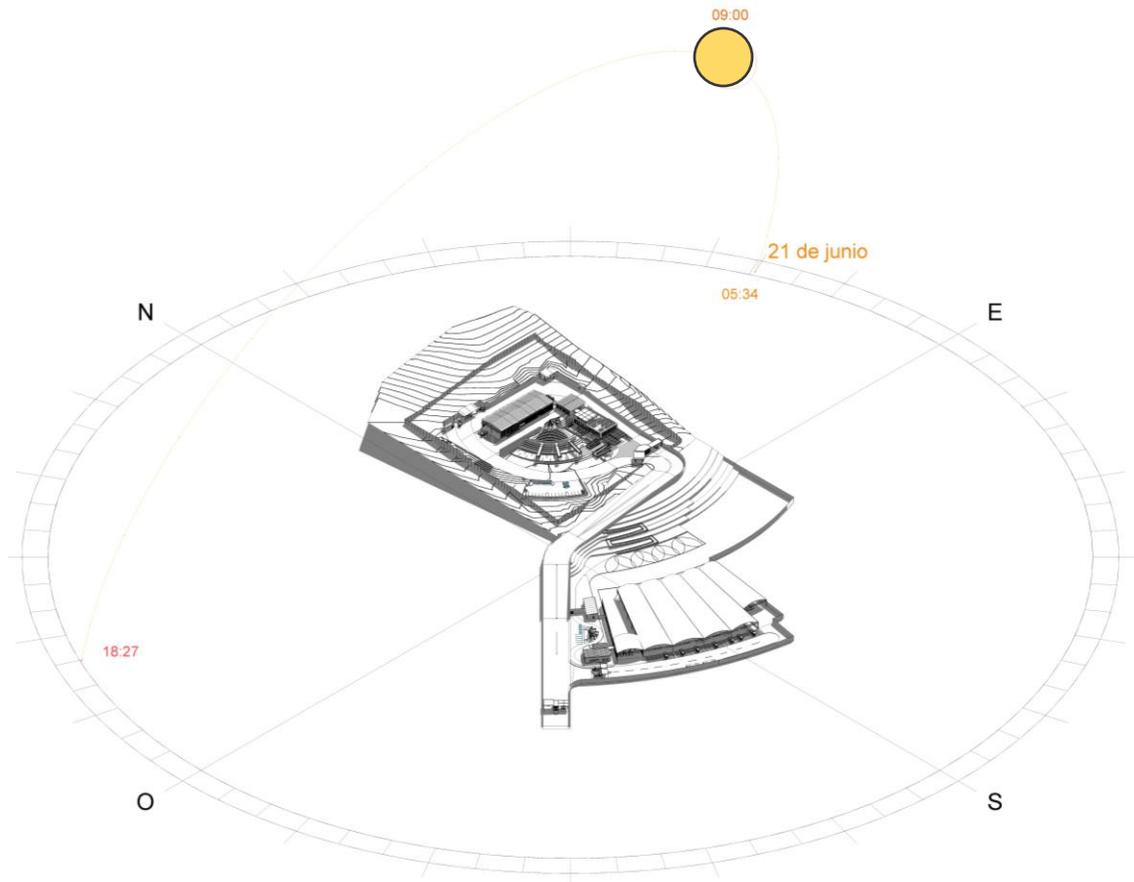
6.10.1 ESTUDIO SOLAR

Con el objetivo de analizar la incidencia solar y su influencia en el confort térmico del proyecto se realizó el estudio solar tomando como referencia la fecha 21 de junio, correspondiente al solsticio de verano, momento en el que el sol alcanza su punto más alto en el cielo y la radiación solar es más intensa. Esta fecha es relevante en el municipio de Río Hondo, debido a las altas temperaturas que se registran durante el año.

El análisis se desarrolló en tres momentos clave del día:

- 9:00 a.m. = para observar la incidencia solar en las primas horas del día.
- 12:00 p.m. = para evaluar el comportamiento del sol en su punto más alto.
- 4:00 p.m. = para comprender la proyección de sombras y el calor acumulado en la tarde.

El estudio permite verificar si las estrategias de climatización pasiva, así como la orientación del edificio son las adecuadas, para garantizar el confort térmico en el proyecto.



*Ilustración 77 Estudio solar, 21 de junio, 9:00 a.m.
Fuente: Elaboración propia.*

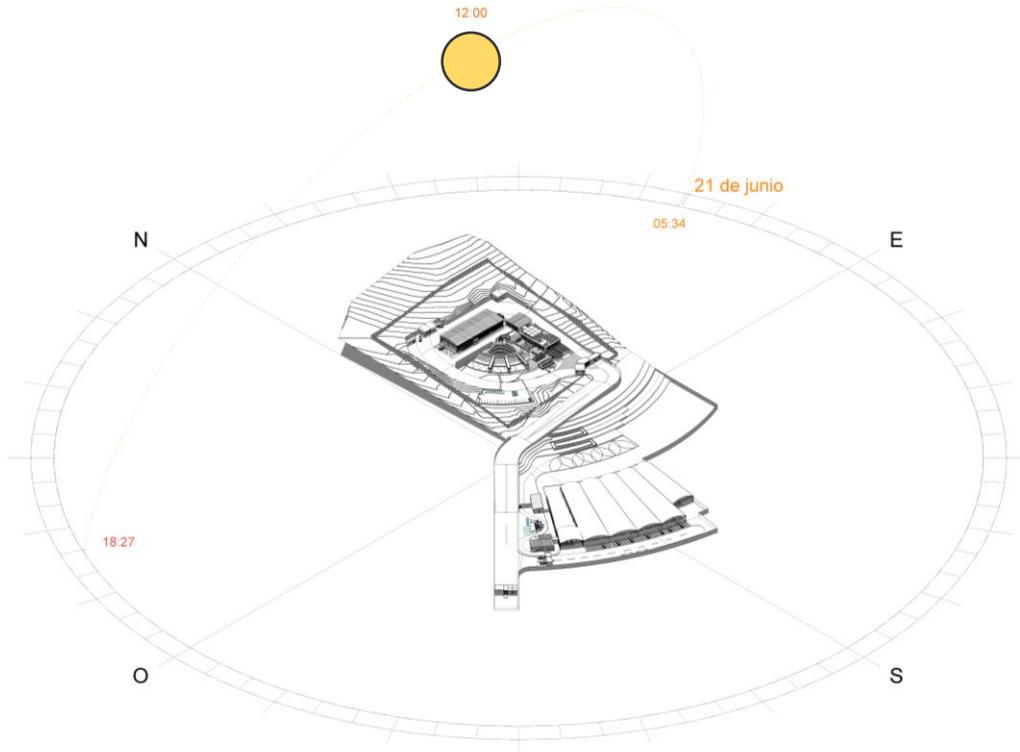


Ilustración 79 Estudio solar, 21 de junio, 12:00 p.m.
 Fuente: Elaboración propia.

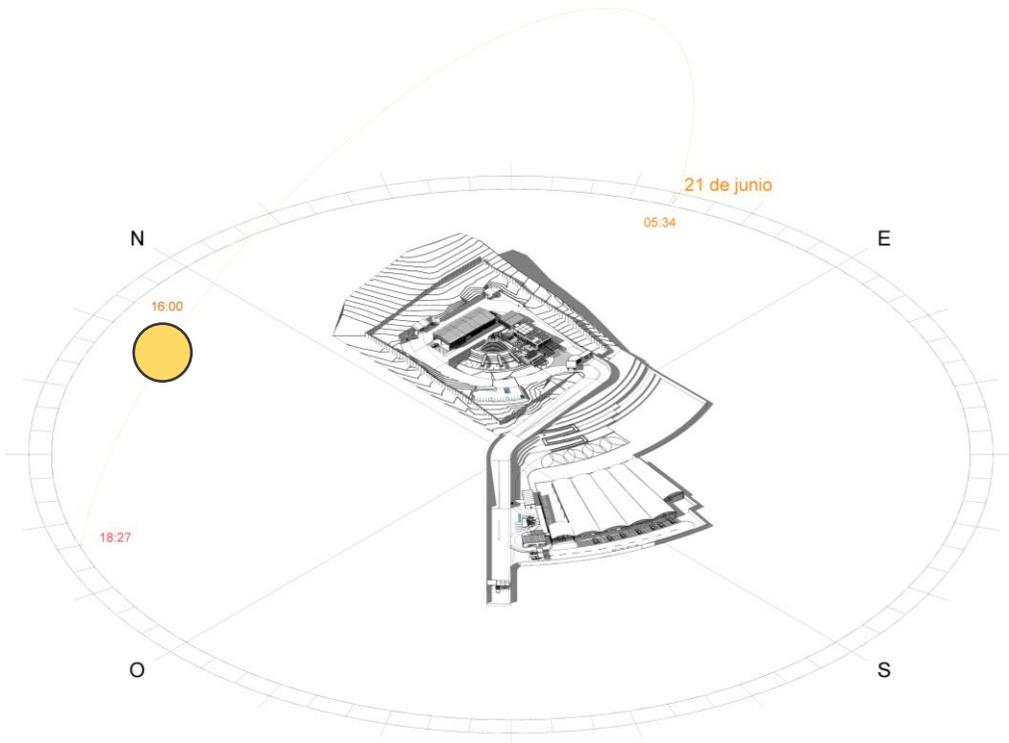


Ilustración 78 Estudio solar, 21 de junio, 4:00 p.m.
 Fuente: Elaboración propia.

6.11 PRESUPUESTO

A continuación, se presenta una estimación preliminar del costo del proyecto. No obstante, para obtener una cifra más precisa es indispensable elaborar un presupuesto detallado con el juego de planos completo, debido a que cada proyecto posee características particulares que pueden influir significativamente en el costo final.

Es importante destacar que el presente presupuesto se ha elaborado con base en estimaciones promedio dentro del mercado guatemalteco, tomando como referencia los datos del Sistema Nacional de Inversión Pública de Guatemala (SNIPgt). Por lo tanto, estos valores son orientativos y no deben considerarse como montos definitivos o absolutos, ya que pueden variar según factores como ubicación, disponibilidad de materiales y condiciones específicas de ejecución.

| PRESUPUESTO | | | | | | |
|-------------------------------|--|-----------|--------|-----------------|--------------|----------------|
| RESUMEN DE RENGLONES - FASE 1 | | | | | | |
| No | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL | |
| 1 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | |
| 1.1 | LIMPIEZA Y CHAPEO | 47,312.24 | M2 | Q 18.00 | Q | 851,620.32 |
| 1.2 | NIVELACIÓN DEL TERRENO | 47,312.24 | M2 | Q 20.00 | Q | 946,244.80 |
| 1.3 | TRAZO Y ESTAQUEADO | 1,208.80 | ML | Q 35.00 | Q | 42,308.00 |
| 1.4 | REPLANTEO TOPOGRÁFICO | 47,312.24 | M2 | Q 21.00 | Q | 993,557.04 |
| 1.5 | MOVIMINETO DE TIERRAS (CORTE) | 11,187.56 | M3 | Q 18.48 | Q | 206,746.11 |
| 1.6 | MOVIMINETO DE TIERRAS (RELLENO) | 10,036.94 | M3 | Q 180.98 | Q | 1,816,485.40 |
| COSTO TOTAL DEL RENGLÓN | | | | | | Q 4,856,961.67 |
| 2 | OBRAS DE CERRAMIENTO | | | | | |
| 2.1 | MURO PERIMETRAL | 618.00 | ML | Q 289.74 | Q | 179,059.54 |
| 2.2 | PORTÓN DE INGRESO PRINCIPAL | 1.00 | UNIDAD | Q 9,500.00 | Q | 9,500.00 |
| 2.3 | PORTÓN DE SALIDA DE EMERGENCIA | 2.00 | UNIDAD | Q 9,500.00 | Q | 19,000.00 |
| 2.4 | MURO DE CONTENCIÓN DE CONCRETO REFORZADO ÁREA EDUCATIVA | 40 | ML | Q 4,422.45 | Q | 120,138.89 |
| 2.5 | MURO DE CONTENCIÓN DE CONCRETO REFORZADO PLANTA DE SELECCIÓN | 60 | ML | Q 4,422.45 | Q | 265,347.22 |
| COSTO TOTAL DEL RENGLÓN | | | | | | Q 593,045.65 |
| 3 | ÁREA DE SERVICIO | | | | | |
| 3.1 | ÁREA DE EMPLEADOS PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN | 79.87 | M2 | Q 4,500.00 | Q | 359,415.00 |
| 3.2 | ÁREA DE EMPLEADOS PLANTA DE COMPOSTAJE | 30.24 | M2 | Q 4,500.00 | Q | 136,080.00 |
| 3.3 | ESTACIONAMIENTO DE MAQUINARIA | 260.64 | M2 | Q 4,500.00 | Q | 1,172,880.00 |
| 3.4 | BODEGA DE HERRAMIENTAS | 16.86 | M2 | Q 4,500.00 | Q | 75,870.00 |
| 3.5 | GARITA DE CONTROL | 3.00 | UNIDAD | Q 10,660.00 | Q | 31,980.00 |
| 3.6 | PLANTA DE TRATAMIENTO | 4.00 | UNIDAD | Q 142,596.61 | Q | 570,386.45 |
| 3.7 | TANQUE CISTERNA PARA AGUA POTABLE | 1.00 | UNIDAD | Q 120,000.00 | Q | 120,000.00 |
| 3.8 | SISTEMA HIDRAULICO DE LA PLANTA | 1.00 | UNIDAD | Q 140,000.00 | Q | 140,000.00 |

| | | | | | |
|--|--|------|--------|--------------|-----------------------|
| 3.9 | SISTEMA DE DRENAJE PARA AGUAS PLUVIALES | 1.00 | UNIDAD | Q 160,000.00 | Q 160,000.00 |
| 3.10 | SISTEMA DE DRENAJE PARA AGUAS RESIDUALES | 1.00 | UNIDAD | Q 180,000.00 | Q 180,000.00 |
| 3.11 | SISTEMA DE ALUMBRADO ÁREAS COMUNES | 1.00 | UNIDAD | Q 155,525.00 | Q 155,525.00 |
| 3.12 | SISTEMA DE INSTALACIONES ELECTRICAS | 1.00 | UNIDAD | Q 163,327.20 | Q 163,327.20 |
| 3.13 | SISTEMA CONTRA INCENDIOS | 1.00 | UNIDAD | Q 75,325.00 | Q 75,325.00 |
| COSTO TOTAL DEL RENGLÓN | | | | | Q 874,177.20 |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | | Q 6,324,184.52 |
| COSTOS INDIRECTOS 29% | | | | | Q 1,701,205.63 |
| HONORARIOS PROFESIONALES (6%) SEGÚN ARANCEL DEL COLEGIO DE ARQUITECTOS DE GUATEMALA | | | | | Q 512,258.95 |
| COSTO TOTAL FASE 1 | | | | | Q 8,537,649.10 |

| RESUMEN DE RENGLONES - FASE 2 | | | | | |
|--|--|----------|--------|-----------------|------------------------|
| No | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 4 URBANIZACIÓN | | | | | |
| 4.1 | PAVIMENTACIÓN CON ADOQUÍN | 9288.56 | M2 | Q 500.00 | Q 4,644,280.00 |
| 4.2 | PAVIMENTACIÓN CON HIDROCRETO | 13412.64 | M2 | Q 550.00 | Q 7,376,952.00 |
| 4.3 | ESTACIONAMIENTO PLANTA DE SELECCIÓN | 845.49 | M2 | Q 850.00 | Q 718,666.50 |
| 4.4 | ESTACIONAMIENTO PLANTA DE COMPOSTAJE | 754.00 | M2 | Q 850.00 | Q 640,900.00 |
| 4.5 | INTERVENCIÓN URBANA, ACERA Y JARDINIZACIÓN | 1 | GLOBAL | | Q 35,682.11 |
| COSTO TOTAL DEL RENGLÓN | | | | | Q 13,416,480.61 |
| 5 ÁREA ADMINISTRATIVA | | | | | |
| 5.1 | ORCINAS ADMINISTRATIVAS PLANTA DE SELECCIÓN | 127.97 | M2 | Q 5,500.00 | Q 703,835.00 |
| 5.2 | ORCINAS ADMINISTRATIVAS PLANTA DE COMPOSTAJE | 271.26 | M2 | Q 5,500.00 | Q 1,491,930.00 |
| COSTO TOTAL DEL RENGLÓN | | | | | Q 2,195,765.00 |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | | Q 15,612,245.61 |
| COSTOS INDIRECTOS 29% | | | | | Q 4,199,694.07 |
| HONORARIOS PROFESIONALES (6%) SEGÚN ARANCEL DEL COLEGIO DE ARQUITECTOS DE GUATEMALA | | | | | Q 1,264,591.89 |
| COSTO TOTAL FASE 2 | | | | | Q 21,076,531.57 |

| RESUMEN DE RENGLONES - FASE 3 | | | | | |
|---|--|----------|--------|-----------------|-----------------------|
| No | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 6 OBRAS PARA TRATAMIENTO DE DESECHOS | | | | | |
| 6.1 | NAVE INDUSTRIAL PLANTA DE SELECCIÓN (INCLUYE INSTALACIONES Y CERRAMIENTO) | 1.00 | GLOBAL | | Q 250,126.58 |
| 6.2 | NAVE INDUSTRIAL PLANTA DE COMPOSTAJE (INCLUYE INSTALACIONES Y CERRAMIENTO) | 1.00 | GLOBAL | | Q 457,335.25 |
| 6.3 | EQUIPAMIENTO (PLANTA DE SELECCIÓN) | 1.00 | GLOBAL | | Q 97,861.00 |
| 6.4 | EQUIPAMIENTO (PILAS DE COMPOSTAJE) | 750.00 | M2 | Q 650.00 | Q 487,500.00 |
| 6.5 | ZONA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS PELIGROSOS | 60.47 | M2 | Q 4,500.00 | Q 272,115.00 |
| 6.6 | ÁREA DE LAVADO DE CAMIONES | 100.00 | M2 | Q 1,250.00 | Q 125,000.00 |
| COSTO TOTAL DEL RENGLÓN | | | | | Q 1,689,937.83 |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | | Q 1,689,937.83 |
| COSTOS INDIRECTOS 29% | | | | | Q 454,593.28 |
| HONORARIOS PROFESIONALES (6%) SEGÚN ARANCEL DEL COLEGIO DE ARQUITECTOS DE GUATEMALA | | | | | Q 136,884.96 |
| COSTO TOTAL FASE 3 | | | | | Q 2,281,416.07 |

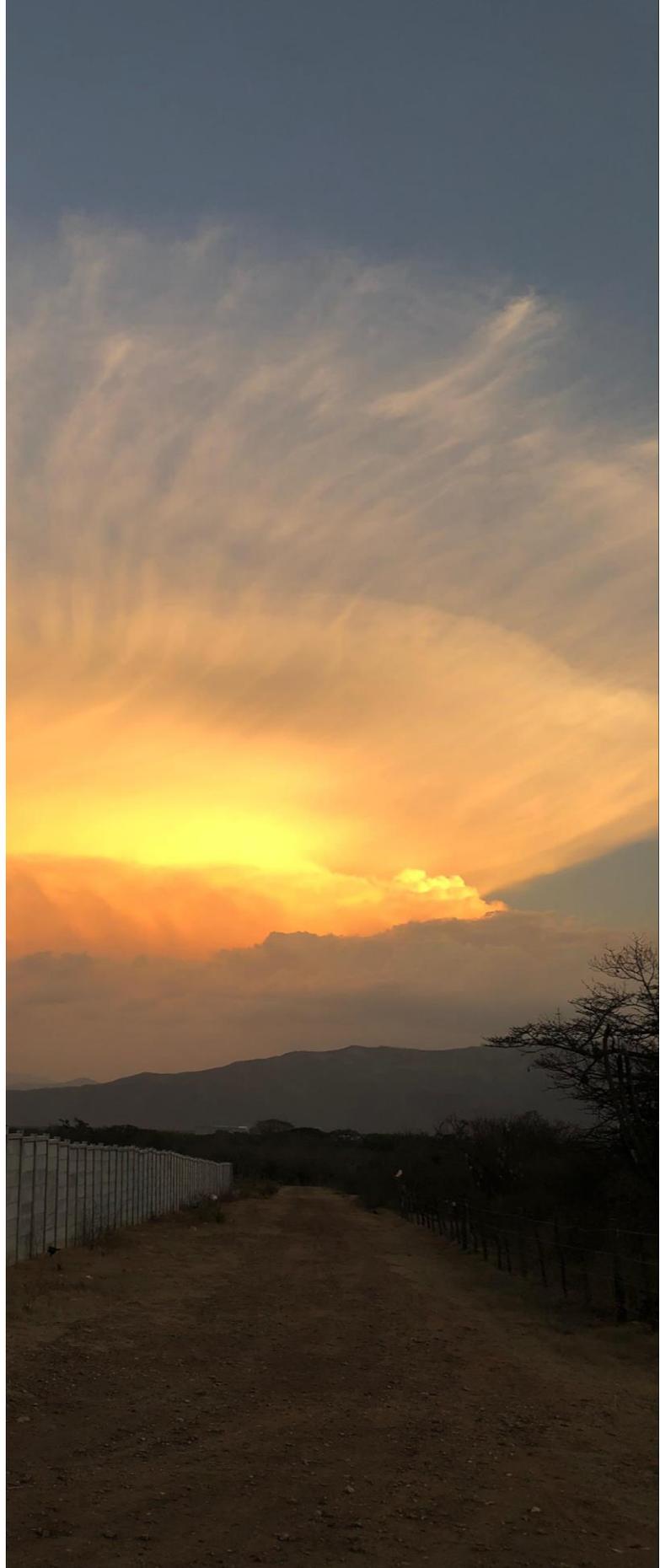
| RESUMEN DE RENGLONES - FASE 4 | | | | | |
|---|---|----------|--------|-----------------|-----------------------|
| No | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| 7 ÁREA EDUCATIVA | | | | | |
| 7.1 | OFICINA EDUCATIVA | 21.36 | M2 | Q 4,500.00 | Q 96,120.00 |
| 7.2 | ÁREA DE SALONES | 268.91 | M2 | Q 5,500.00 | Q 1,479,005.00 |
| 7.3 | ÁREA EDUCATIVA EXTERIOR | 1 | GLOBAL | | Q 205,185.00 |
| 7.4 | ÁREA DE REFACCIONES | 178.53 | M2 | Q 4,500.00 | Q 803,385.00 |
| 7.5 | ANFITEATRO | 1 | GLOBAL | | Q 186,450.00 |
| 7.6 | HUMEDAL | 344.21 | M2 | Q 4,500.00 | Q 1,548,945.00 |
| 7.7 | VIVERO | 1 | GLOBAL | | Q 30,000.00 |
| 7.8 | ZONA DE ENERGÍA RENOVABLE (PANELES SOLARES) | 1 | GLOBAL | | Q 137,700.00 |
| 7.9 | SENDERO INTERACTIVO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL | 1 | GLOBAL | | Q 252,726.48 |
| COSTO TOTAL DEL RENGLÓN | | | | | Q 4,739,516.48 |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | | Q 4,739,516.48 |
| COSTOS INDIRECTOS 29% | | | | | Q 1,274,929.94 |
| HONORARIOS PROFESIONALES (6%) SEGÚN ARANCEL DEL COLEGIO DE ARQUITECTOS DE GUATEMALA | | | | | Q 383,900.84 |
| COSTO TOTAL FASE 4 | | | | | Q 6,398,347.25 |

| | |
|---------------------------------|------------------------|
| COSTO FASE 1 | Q 8,537,649.10 |
| COSTO FASE 2 | Q 21,076,531.57 |
| COSTO FASE 3 | Q 2,281,416.07 |
| COSTO FASE 4 | Q 6,398,347.25 |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | Q 38,293,943.99 |

6.13 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO VI

- Debido a las altas temperaturas y condiciones climáticas de la región, el diseño incorpora soluciones pasivas como ventilación cruzada, doble piel, cerramiento vertical de bambú, techos verdes, evitar el uso de vidrio como material reflectante, entre otras, asegurando el confort térmico de los usuarios y reduciendo el consumo energético.
- El diseño del proyecto responde a una lógica espacial, que separa las áreas operativas de las zonas educativas y recreativas, evitando interferencias en los flujos de trabajo y mejorando la experiencia de los visitantes.
- La propuesta arquitectónica considera criterios de accesibilidad universal, de tal manera que todos los usuarios, puedan recorrer los espacios de manera cómoda y segura, considerando también lo recomendado por la normativa NRD-2 de CONRED.

*Aldea Monte Grande, Río Hondo, Zacapa.
Fuente: Mónica Esquivel.*



CONCLUSIONES

- La implementación de la Planta de Selección y Clasificación de Desechos Sólidos Domiciliarios en el municipio de Río Hondo, Zacapa contribuirá a mejorar la problemática ambiental, reducir la contaminación, prolongar la vida útil de los desechos y fomentar la economía circular mediante la reutilización y la venta de residuos para reciclaje.
- La aplicación de principios de modulación en el diseño de la planta permite una distribución eficiente de los espacios, optimizando los flujos de trabajo y facilitando futuras ampliaciones o adaptaciones sin comprometer la estética y funcionalidad del conjunto.
- El diseño arquitectónico de la planta se desarrolló en cumplimiento con el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes de Guatemala, garantizando que la infraestructura cumpla con los requisitos de separación, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos de manera eficiente y sostenible.
- La incorporación de senderos interpretativos, jardines sensoriales y áreas educativas dentro del proyecto no solo mejora su funcionalidad, sino que también lo convierte en un espacio didáctico que sensibiliza a la comunidad sobre la gestión sostenible de residuos.
- La solución arquitectónica propuesta, puede servir como modelo para futuros proyectos de gestión de residuos en otras localidades, demostrando que la arquitectura sostenible y funcional puede ser aplicada en distintas escalas y contextos urbanos.
- Brindar un tratamiento adecuado a los desechos sólidos permite no solo optimizar el uso de los recursos naturales, sino también minimizar el impacto ambiental. Sin una gestión adecuada, los residuos se convierten en focos de contaminación que afectan el entorno y la calidad de vida de la población.

RECOMENDACIONES

- Es crucial involucrar a la comunidad desde el inicio del proyecto mediante programas de sensibilización y educación ambiental como talleres y campañas de reciclaje que puedan ayudar a generar compromiso y aceptación social.
- Para garantizar la viabilidad del proyecto se recomienda gestionar recursos a través de fondos nacionales e internacionales, así como establecer alianzas con instituciones académicas, empresas de reciclaje y organizaciones ambientales.
- Se recomienda complementar el proyecto con un plan de gestión integral de residuos que incluya estrategias de reducción, reutilización y reciclaje desde el origen, promoviendo la clasificación en hogares y comercios.
- Para mejorar la funcionalidad de la planta se sugiere mejorar la cobertura y sistema de recolección de desechos, además de incorporar centros de acopio, áreas de compostaje y estaciones de transferencia de residuos en puntos estratégicos de la comunidad.
- Diseñar programas de formación para los trabajadores de la planta, asegurando que cuenten con los conocimientos necesarios para operar la maquinaria, manejar los residuos de manera segura y como lo estipula el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) para optimizar los procesos.
- Realizar estudios periódicos sobre el rendimiento del humedal artificial, midiendo parámetros de calidad del agua y eficiencia de las especies vegetales seleccionadas. Esto permitirá hacer ajustes y mejorar su funcionamiento a largo plazo.
- Previo a la realización del proyecto es fundamental realizar un estudio de suelo para determinar qué tipo de cimentación es la más adecuada. Asimismo, es necesario llevar a cabo el cálculo estructural correspondiente para garantizar su óptimo funcionamiento.
- Se recomienda la construcción de un muro perimetral en todo el contorno del vertedero municipal de Río Hondo, Zacapa con el propósito de garantizar la seguridad, control de accesos y una adecuada gestión de los residuos sólidos. Esta intervención permitirá evitar que personas ajenas ingresen de forma irregular al sitio, omitiendo el proceso establecido en la planta de selección y tratamiento. Además, se sugiere que el sitio comience a funcionar como un relleno sanitario controlado, cumpliendo con las normativas ambientales mínimas, a fin de reducir los impactos negativos al entorno natural y a la salud pública.

- Se recomienda rehabilitar la salida posterior que conecta la planta con el vertedero municipal, para que los camiones depositen directamente los desechos no reciclables y egresen de forma ágil, mejorando así el flujo operativo y logístico del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba, Israel. *Planta para Tratamiento de Residuos*. Accedido en ArchDaily.
<https://www.archdaily.cl/cl/02-305022/planta-para-tratamiento-de-residuos-israel-alba>
- Albert, Lilian A. 2022. "La Contaminación y sus Efectos en la Salud y el Ambiente. *En Contaminación Ambiental. Origen, Clases, Fuentes y Efectos*, 37-51. México, D.F.: Centro de Ecología y Desarrollo.
- Allcot, Reciclados y WWF. *Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos Comunes, Municipio de Río Hondo, Departamento de Zacapa*. Guatemala, junio 2022.
- Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán, AMSA. "Incendio en el Vertedero de AMSA y Calidad del Aire." *Ecoquimsa*. Accedido el 20 de septiembre de 2024.
<https://www.ecoquimsa.com.gt/calidad-de-aire-en-guatemala/incendio-vertedero-amsa-calidad-del-aire>
- Ávila Ruiz, Wendy Andrea, y Jully Paola Moyano Hernández. *Propuesta Metodológica para el Dimensionamiento de Plantas de Compostaje en Municipios con Generación de Residuos Orgánicos Aprovechables a Partir de 100 TON/Día*. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2019.
- Cañadas Parejo, Manuel. *Ecología y Medio Ambiente*. Paraninfo, 2016. Accedido el 19 de septiembre de 2024. <https://sergiomassaro.com/wp-content/uploads/2020/09/Ecologia-y-medio-ambiente-6.pdf>
- Chacón, María. *Monografía de Río Hondo, Departamento de Zacapa*. Guatemala: s.e., 1985.
- Colombia Verde. "¿Qué es la Gestión Integral de Residuos Sólidos?" *Colombia Verde*. Accedido el 30 de septiembre de 2024. <https://colombiaverde.com.co/ecologia/residuos/que-es-la-gestion-integral-de-residuos-solidos/>
- Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Río Hondo, Zacapa. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Municipio de Río Hondo 2019-2032*. Guatemala: Segeplan/DTP-DOT, 2018.
- Constitución Política de la República de Guatemala. 1985. Artículo 119. Disponible en:
https://www.minfin.gob.gt/images/downloads/dcp_marcolegal/bases_legales/Constitucion_politica_de_la_republica_de_guatemala.pdf
- Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación. 1989. Artículo 4. Disponible en:
<https://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf>

De León Maldonado, Alma. *El Reciclaje en la Ciudad de Guatemala*. Guatemala: Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2002.

Egenovez, Ernesto. *Planta para Tratamiento de Residuos Los Hornillos*. *Issuu*.
https://issuu.com/egenovez/docs/planta_para_tratamiento_de_residuos_los_hornillo

Espinosa, Tania, y Federico Parra. *Proyecto de Reconocimiento de la Situación de Derechos Humanos de los Recicladores en Latinoamérica: El Vertedero de Zona 3 de la Ciudad de Guatemala, Todas las Situaciones de Amenaza para la Población Recicladora Juntas*. Manchester: Mujeres en Empleo Informal: Globalizando y Organizando (WIEGO), 2018.

Euroinnova. “¿En Qué Consiste la Gestión Integral de Residuos?” *Euroinnova*. Accedido el 30 de septiembre de 2024. <https://www.euroinnova.com/blog/en-que-consiste-la-gestion-integral-de-residuos>

Fundación Aquae. “Causas de la Contaminación Ambiental.” *Fundación Aquae*. Accedido el 19 de febrero de 2024. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/causas-contaminacion-ambiental/>

Gándara Gaborit, José Luis. *José Luis. Arquitectura y Clima en Guatemala*. Guatemala: Departamento de Comunicaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001.

González, Edgar. *El Ambiente: Mucho Más que Ecología*. México: Editorial X, 2013.

Heywood, Huw. *101 Reglas Básicas para Edificios y Ciudades Sostenibles*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2018.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. “Convenio de Estocolmo.” Última modificación 2024. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/convenio-de-estocolmo/>

Plan Nacional de Desarrollo *K'atun*: Nuestra Guatemala 2032. Ciudad de Guatemala: Segeplan, 2014.

Plaza Pública. “El Incendio en AMSA: Una Muestra de las Deficiencias en Normativas y Servicios.” *Plaza Pública*. Accedido el 20 de septiembre de 2024.
<https://www.plazapublica.com.gt/ambiente/articulo/el-incendio-en-amsa-una-muestra-mas-de-las-deficiencias-en-normativas-y-servicios>

Rubio de Castro, Lucía. *Diseño Básico de una Planta de Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos con una Capacidad de 50.00 Tm/año*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Dep. Ing. De la Construcción y Proyectos de Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2018.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. “Convenio de Estocolmo.” Última modificación 2024. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convenio-de-estocolmo>

Satepesa, “¿Cómo Funcionan las Básculas para Camiones?” Satepesa. Accedido el 02 de febrero de 2025, <https://www.satepesa.com/como-funcionan-las-basculas-para-camiones/>

Terga Cintrón, Ricardo. *La Mies es Abundante. España en el Progreso y Zacapa Colonial*. Guatemala, 1986.

Universidad de San Carlos de Guatemala, "Diseño de Planta de Reciclaje en la Ciudad de Chiquimula," Studocu. Accedido el 02 de febrero de 2025. <https://www.studocu.com/gt/document/universidad-de-san-carlos-de-guatemala/preparacion-y-evaluacion-de-proyectos-1/disenio-de-planta-de-reciclaje-en-la-ciudad-de-chiquimula/30036885>

Valverde Valdés, Teresa, Jorge A. Meave del Castillo, Lillo Carabias y Zeno Cano Santana. *Ecología y Medio Ambiente*. 1ª ed. México: Pearson Educación, 2005.

APÉNDICE

Anexo 1. Memoria de cálculo para la estructura de la Planta de Selección y Clasificación, elaborada por el Ing. Marvin Flores.

INTEGRACIÓN SOBRE CARGA

| | | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|
| Lámina | 5 | kg/m ² |
| Instalacion + Costanera | 3 | kg/m ² |
| Cielo Falso | 1.3 | kg/m ² |
| Otros | 2 | kg/m ² |
| Luminaria | 5 | kg/m ² |
| Total | 16.3 | kg/m² |

INTEGRACIÓN DE CARGA VIVA

NSE2 - Demandas estructurales y condiciones de carga

Tabla 3.7.1-1 (continuación)

| Tipo de ocupación o uso | Wv (kg/m ²) | Pv (kg) |
|---|-------------------------|---------|
| Almacenes | | |
| Minoristas | 500 | 600 |
| Mayoristas | 600 | 1200 |
| Bodegas | | |
| Cargas livianas | 600 | 800 |
| Cargas pesadas | 1200 | 1200 |
| Fábricas | | |
| Industrias livianas | 500 | 600 |
| Industrias pesadas | 1000 | 1200 |
| Cubiertas pesadas (Inciso 3.3 (g)) | | |
| Azoteas de concreto con acceso | 200 | |
| Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas | 100 | |
| Azoteas con inclinación mayor de 20° | 75 [d] | |
| Azoteas usadas para jardín o para reuniones | 500 | |
| Cubiertas livianas (Inciso 3.3 (h)) | | |
| Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final) | 50 [d] | 135 |

[a] Carga depende del tipo de canchales
 [b] Sobre proyección horizontal
 [c] Carga no reducible
 [d] Puede aplicar reducción de carga viva según Sección 3.5.

Figura 5.2-1 — Mapa de zonificación por viento de Guatemala



INTEGRACIÓN CARGA DE VIENTO

NSE2 - Demandas estructurales y condiciones de carga

| | | |
|------------|-----|-----|
| Velocidad= | 100 | kph |
|------------|-----|-----|

Carga exterior de viento:

$$P_h = 0.005 C (V_h)^2$$

CASO 1:

Barlovento

| | | |
|-----|-----|-------------------|
| C: | 0.3 | |
| Ph: | 15 | kg/m ² |

Sotavento:

| | | |
|-----|------|-------------------|
| C: | -0.6 | |
| Ph: | -30 | kg/m ² |

CASO 2:

Barlovento

| | | |
|-----|------|-------------------|
| C: | -0.7 | |
| Ph: | -35 | kg/m ² |

TABLA 4
FACTORES DE FORMA (C) *

| CONSTRUCCIÓN | BARLOVENTO | SOTAVENTO |
|---|------------|-----------|
| Superficies verticales de edificios | +0,8 | -0,6 |
| Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento | +1,5 | |
| Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica | +0,7 | |
| Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular | +2,0 | |
| Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45° | +0,8 | -0,5 |
| Superficies inclinadas a 15° o menos | +0,3-0,7 | -0,6 |
| Superficies inclinadas entre 15° y 60° | +0,7-0,3 | -0,6 |
| Superficies inclinadas entre 60° y la vertical | +0,8 | -0,6 |
| Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento | -0,7 | -0,7 |

* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Espectro de Diseño NSE 2020

Selección municipio

Según NSE-2-2018 tabla A-1 Listado de amenaza sísmica y velocidad básica del viento por municipio para la República de Guatemala

| ID | Municipio | Departamento | Io |
|------------|------------------|---------------|------------|
| 163 | Salamá | Baja Verapaz | 4.1 |
| 162 | Sacapulas | Quiché | 4.1 |
| 161 | Río Hondo | Zacapa | 4.1 |
| 160 | Río Bravo | Suchitepéquez | 4.2 |
| 159 | El Río Blanco | San Marcos | 4.1 |

Clase de sitio donde se construirá la edificación

Clasificación del tipo de suelo según [NSE 2.1 Tabla A-1](#)

Clase de sitio= **C** Suelo denso y roca suave

| | | |
|------|----------|--------------------------------------|
| Scr= | 1.76 (g) | NSE-2-2018 tabla A-1 |
| S1r= | 0.71 (g) | NSE-2-2018 tabla A-1 |

Coefficientes de sitio

| | | |
|-----|---|-----------------------------------|
| Fa= | 1 | NSE 2 Tabla 4.5-1 |
| Fv= | 1 | NSE 2 Tabla 4.5-2 |

Ajuste por clase de sitio

Sismo extremo (Probabilidad de exedencia 2% en 50 años) Periodo de retorno de 2500 años aprox

| | | |
|-------------|----------|-----------------------------|
| Scs=Scr Fa= | 1.76 (g) | NSE 2 4.5.2 |
| S1s=S1r Fv= | 0.71 (g) | NSE 2 4.5.2 |

Clasificación de obra

| | | |
|----------------------------|------------|---|
| Clase de obra | Importante | Categoría III |
| NPS= | D | Nivel de protección NSE 2 Tabla 4.2.2-1 |
| Probabilidad 5% en 50 años | | |
| Kd= | 0.8 | NSE 2 Tabla 4.5.5-1 |

Parámetros del espectro se calibrarán a la probabilidad de estipulada

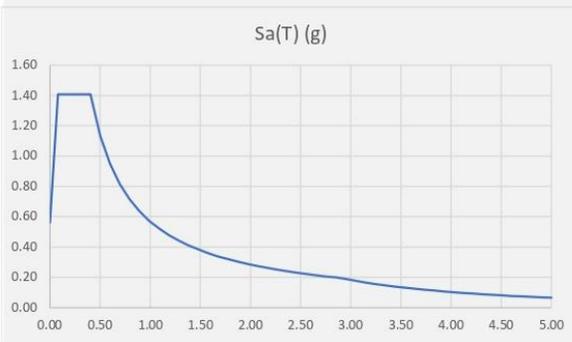
Sismo severo (Probabilidad de exedencia 5% en 50 años) Periodo de retorno 1000 años

| | | |
|-------------|----------|-------------------------------|
| Scd=Kd Scs= | 1.41 (g) | NSE 2 4.5.5-c |
| S1d=Kd S1s= | 0.57 (g) | NSE 2 4.5.5-c |

Períodos de vibración de transición

| | | |
|-------------|-----------|--------------------------------------|
| TL= | 2.900 (s) | NSE-2-2018 tabla A-1 |
| Ts=S1s/Scs= | 0.403 (s) | NSE 2 4.5.4-a-i |
| T0=0.2Ts= | 0.081 (s) | NSE 2 4.5.4-a-ii |

| | | |
|-------------|------------|---|
| AMSd=0.40Si | 0.5632 (g) | Aceleración NSE 2 4.5.8 |
| Svd=0.2Scd= | 0.2816 (g) | Componente NSE 2 4.5.9 |



| No. | T (s) | Sa(T) (g) | NSE 2 | Sa |
|-----|-------|-----------|---------|------------|
| 1 | 0.00 | 0.56 | 4.5.6-1 | 0.0704 |
| 2 | 0.08 | 1.41 | 4.5.6-1 | 0.176 |
| 3 | 0.40 | 1.41 | 4.5.6-2 | 0.176 |
| 4 | 0.50 | 1.13 | 4.5.6-3 | 0.1416575 |
| 5 | 0.60 | 0.95 | 4.5.6-3 | 0.11852916 |
| 6 | 0.70 | 0.82 | 4.5.6-3 | 0.10189313 |
| 7 | 0.79 | 0.71 | 4.5.6-3 | 0.0893522 |
| 8 | 0.89 | 0.64 | 4.5.6-3 | 0.07956001 |
| 9 | 0.99 | 0.57 | 4.5.6-3 | 0.07170211 |
| 10 | 1.09 | 0.52 | 4.5.6-3 | 0.06525689 |
| 11 | 1.19 | 0.48 | 4.5.6-3 | 0.05987481 |
| 12 | 1.28 | 0.44 | 4.5.6-3 | 0.05531286 |
| 13 | 1.38 | 0.41 | 4.5.6-3 | 0.05139687 |
| 14 | 1.48 | 0.38 | 4.5.6-3 | 0.04799869 |
| 15 | 1.58 | 0.36 | 4.5.6-3 | 0.045022 |
| 16 | 1.67 | 0.34 | 4.5.6-3 | 0.04239296 |
| 17 | 1.77 | 0.32 | 4.5.6-3 | 0.04005401 |
| 18 | 1.87 | 0.30 | 4.5.6-3 | 0.03795967 |
| 19 | 1.97 | 0.29 | 4.5.6-3 | 0.03607346 |
| 20 | 2.07 | 0.27 | 4.5.6-3 | 0.03436583 |
| 21 | 2.16 | 0.26 | 4.5.6-3 | 0.03281256 |
| 22 | 2.26 | 0.25 | 4.5.6-3 | 0.03139363 |
| 23 | 2.36 | 0.24 | 4.5.6-3 | 0.03009233 |
| 24 | 2.46 | 0.23 | 4.5.6-3 | 0.02889462 |
| 25 | 2.56 | 0.22 | 4.5.6-3 | 0.0277886 |
| 26 | 2.65 | 0.21 | 4.5.6-3 | 0.02676413 |
| 27 | 2.75 | 0.21 | 4.5.6-3 | 0.02581251 |
| 28 | 2.85 | 0.20 | 4.5.6-3 | 0.02492624 |
| 29 | 2.95 | 0.19 | 4.5.6-4 | 0.02372087 |
| 30 | 3.04 | 0.18 | 4.5.6-4 | 0.02222112 |
| 31 | 3.14 | 0.17 | 4.5.6-4 | 0.02085923 |
| 32 | 3.24 | 0.16 | 4.5.6-4 | 0.01961881 |
| 33 | 3.34 | 0.15 | 4.5.6-4 | 0.01848583 |
| 34 | 3.44 | 0.14 | 4.5.6-4 | 0.01744824 |
| 35 | 3.53 | 0.13 | 4.5.6-4 | 0.01649561 |
| 36 | 3.63 | 0.12 | 4.5.6-4 | 0.01561892 |
| 37 | 3.73 | 0.12 | 4.5.6-4 | 0.01481031 |
| 38 | 3.83 | 0.11 | 4.5.6-4 | 0.01406291 |
| 39 | 3.92 | 0.11 | 4.5.6-4 | 0.01337068 |
| 40 | 4.02 | 0.10 | 4.5.6-4 | 0.01272834 |
| 41 | 4.12 | 0.10 | 4.5.6-4 | 0.0121312 |
| 42 | 4.22 | 0.09 | 4.5.6-4 | 0.01157511 |
| 43 | 4.32 | 0.09 | 4.5.6-4 | 0.01105641 |
| 44 | 4.41 | 0.08 | 4.5.6-4 | 0.0105718 |
| 45 | 4.51 | 0.08 | 4.5.6-4 | 0.01011837 |
| 46 | 4.61 | 0.08 | 4.5.6-4 | 0.0096935 |
| 47 | 4.71 | 0.07 | 4.5.6-4 | 0.00929483 |
| 48 | 4.80 | 0.07 | 4.5.6-4 | 0.00892027 |
| 49 | 4.90 | 0.07 | 4.5.6-4 | 0.0085679 |
| 50 | 5.00 | 0.07 | 4.5.6-4 | 0.008236 |

5.4 0.05649

Metodo estatico equivalente

NSE 3 2020

Sistema estructural: EI Sistema de marcos resistentes a momento

Tipo: Marcos dúctiles DA de acero estructural

R= 8 NSE 3 Tabla 1.6.14-1

QR= 3

Cd= 5.5

No. Niveles: 1

h nivel 8 m

h total 8 m

NSE3 2.1.6

Coefficientes (4)

K_T= 0.072 NSE 3 capitulo 1

x 0.8

Ta= 0.3800 s NSE3 (2.1.6-1)

Sa(Ta)= 1.4947 g

ε= 0.05 Amortiguamiento empirico para todas las estructuras

β_d= 1.001 NSE3 (2.1.4-4)

Cs= 0.187 NSE3 (2.1.3-1)

Vb= 569.233 NSE3 (2.1.2-1)

k= 1.000 • k = 1, para T ≤ 0.5 segundos;

• k = 0.75 + 0.5 Ts, para 0.5 < T ≤ 2.5 segundos;

• k = 2, para T > 2.5 segundos;



MUNICIPALIDAD DE RIO HONDO
DEPARTAMENTO DE ZACAPA
PBX: 502 - 7961-8585
E-mail: munirio1@yahoo.es



Guatemala 17 de abril, 2024

Señorita
Janice Susana Flores Orozco
Carné: 201715690
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Arquitectura

Estimada señorita Flores:

Reciba un cordial saludo de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Río Hondo, Zacapa, deseando éxitos en sus actividades.

En atención a la realización del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- que la Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, requiere como parte del pensum de estudios; Esta Dirección solicita su apoyo, a efecto de incorporarse al equipo de Dirección Municipal de Planificación para la elaboración de la propuesta en cuanto a la formulación, mediante el diseño, desarrollo de planos, para la ejecución del proyecto denominado:

- **PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA**

La propuesta que realice aportará al desarrollo de los proyectos y labores de la Dirección Municipal de Planificación, de la Municipalidad de Río Hondo.

Agradeciendo su atención a la presente, me suscribo.

Atentamente,


Dennis Garrido
Director Municipal de Planificación
Municipalidad de Río Hondo, Zacapa



Guatemala, 28 de mayo del 2025

Arquitecto
Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

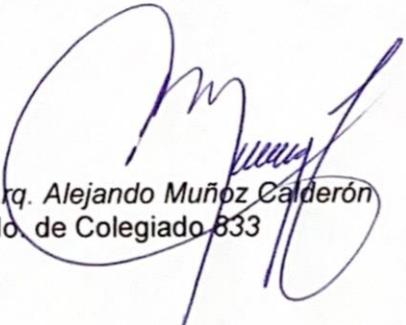
Arquitecto Castillo:

Le informamos que la estudiante *Janice Susana Flores Orozco*, de la *Licenciatura en Arquitectura* carné No. **201715690**, ha cumplido con implementar las correcciones indicadas a su Proyecto de Graduación: **"Planta de Selección y Clasificación de los Desechos Sólidos Domiciliarios en el Municipio de Río Hondo, Zacapa"** señaladas en el Acta número **ARQ-018-2025** de exámenes privados.

En virtud de lo anterior emitimos dictamen favorable para que pueda realizar su examen público.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Arq. Alejandro Muñoz Calderón
No. de Colegiado 833



Arq. Mabel Daniza Hernández Gutiérrez
No. de Colegiado 1060

Lilian Patricia Guzmán Ramírez

Licenciada en Letras por la USAC
Colegiada activa 7596

patricia.guzman2014@gmail.com
Cel.: 55652717

Guatemala, 8 de junio de 2025

Arquitecto
Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado señor Decano:

Por este medio hago de su conocimiento que he realizado la revisión de estilo, ortografía y redacción del proyecto de graduación: **"PLANTA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN EL MUNICIPIO DE RÍO HONDO, ZACAPA"** de la estudiante **Janice Susana Flores Orozco**, quien se identifica con carné **201715690**, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala para obtener el título de Arquitecta en el grado académico de licenciatura.

Luego de las adecuaciones y correcciones que se consideraron pertinentes en el campo lingüístico, considero que el proyecto de graduación que se presenta cumple con la calidad técnica y científica requerida.

Al agradecer la atención que se sirva brindar a la presente, me suscribo respetuosamente,



Lilian Patricia Guzmán Ramírez
LCDA. EN LETRAS
COLEGIADA No. 7596

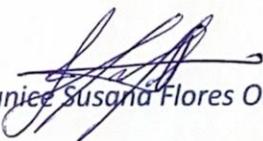
Lic. Lilian Patricia Guzmán Ramírez
Licenciada en Letras
Colegiada 7596



FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

***"Planta de Selección y Clasificación de los Desechos Sólidos Domiciliarios en el
Municipio de Río Hondo, Zacapa"***

Proyecto de Graduación desarrollado por:


Janice Susana Flores Orozco

Asesorado por:


Arq. Mabel Daniza Hernández Gutiérrez


Arq. Alejandro Muñoz Calderón

Imprimase:

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano



FUENTE DE IMAGEN
JANICE FLORES - TESIS DE GRADO, ARQUITECTURA
2025