

# ETAPA 3

---

## Prefactibilidad

---



Foto del Campo El Abasto en 2.015

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

## **ÍNDICE**

<b>ÍNDICE .....</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>3</b>
<b>ABREVIATURAS .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. LOS RESIDUOS Y SU CLASIFICACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>3.3. ESTUDIO DEL TIPO DE RELLENO SANITARIO .....</b>	<b>6</b>
<b>3.3.1. TIPOS DE RELLENO SANITARIOS O MODO DE EXPLOTACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>3.3.2. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3.3. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4. DIMENSIONADO DEL RELLENO SANITARIO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4.1. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN NECESARIO DE RELLENO SANITARIO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4.2. DETERMINACIÓN DE LA CELDA DIARIA .....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.3. SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.4. SISTEMA DE EXTRACCIÓN, CAPTACIÓN Y CONTROL DE BIOGÁS .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4.5. SISTEMA DE EXTRACCIÓN, CAPTACIÓN Y CONTROL DE LIXIVIADOS .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.6. DRENAJE PLUVIAL .....</b>	<b>29</b>
<b>3.4.7. ÁREA DE EMERGENCIA .....</b>	<b>30</b>
<b>3.4.8. OBRAS COMPLEMENTARIAS .....</b>	<b>30</b>
<b>3.5. ALTERNATIVAS PROPUESTAS .....</b>	<b>32</b>
<b>3.5.1. ALTERNATIVA N° 1 .....</b>	<b>32</b>
<b>3.5.2. ALTERNATIVA N° 2 .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6. MEMORIA DESCRIPTIVA COMÚN A AMBAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>33</b>
<b>3.6.1. CERCO PERIMETRAL .....</b>	<b>33</b>
<b>3.6.2. ZONA DE AMORTIGUACIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>3.6.3. MÓDULO .....</b>	<b>34</b>
<b>3.6.4. CELDAS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.6.5. CELDAS DIARIAS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.6.6. BERMAS OPERATIVAS Y DRENES DE COLECCIÓN DE LIXIVIADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.6.7. TERRAPLENES PERIMETRALES Y CAMINOS DE CIRCULACIÓN PERMANENTES .....</b>	<b>35</b>
<b>3.6.8. CAMINOS TEMPORARIOS .....</b>	<b>36</b>
<b>3.6.9. PLAYAS DE DESCARGA .....</b>	<b>37</b>
<b>3.6.10. DRENAJES Y CONTROL DE INUNDACIONES .....</b>	<b>37</b>
<b>3.6.11. IMPERMEABILIZACIÓN .....</b>	<b>38</b>
<b>3.6.12. ZONA DE PRÉSTAMO .....</b>	<b>40</b>
<b>3.6.13. PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DOMICILIARIOS .....</b>	<b>41</b>
<b>3.6.14. RED VIAL INTERNA Y COMUNICACIÓN DEL PREDIO CON LA RED CAMINERA PRINCIPAL .....</b>	<b>42</b>
<b>3.6.15. ÁREA DE ACCESO AL PREDIO .....</b>	<b>42</b>

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

<b>3.6.16. ZONA DE OFICINA CONTROL Y MONITOREO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.6.17. ZONA DE BÁSCULAS, CABINA DE PESAJE Y PLAYA DE MANIOBRAS .....</b>	<b>44</b>
<b>3.6.18. SALÓN DE USOS MÚLTIPLES .....</b>	<b>44</b>
<b>3.6.19. COMEDOR .....</b>	<b>45</b>
<b>3.6.20. VESTUARIOS Y SANITARIOS PARA EL PERSONAL .....</b>	<b>45</b>
<b>3.6.21. INSTALACIÓN ELÉCTRICA E ILUMINACIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>3.6.22. INSTALACIÓN PARA SUMINISTRO DE AGUA POTABLE .....</b>	<b>51</b>
<b>3.6.23. INSTALACIÓN PARA SUMINISTRO DE GAS .....</b>	<b>51</b>
<b>3.6.24. SEÑALIZACIÓN .....</b>	<b>51</b>
<b>3.6.25. GRUPO ELECTRÓGENO .....</b>	<b>51</b>
<b>3.6.26. SISTEMA DE MONITOREO DE AGUAS.....</b>	<b>51</b>
<b>3.7. PRESUPUESTO DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS .....</b>	<b>52</b>
<b>3.7.1. ALTERNATIVA N° 1.....</b>	<b>52</b>
<b>3.7.2. ALTERNATIVA N° 2.....</b>	<b>53</b>
<b>3.8. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS .....</b>	<b>54</b>
<b>3.8.1. ASPECTOS TÉCNICOS .....</b>	<b>54</b>
<b>3.8.2. ASPECTOS FUNCIONALES O DE OPERACIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>3.8.3. ASPECTOS ECONÓMICOS.....</b>	<b>55</b>
<b>3.8.4. ASPECTOS SOCIALES.....</b>	<b>57</b>
<b>3.8.5. RIESGOS .....</b>	<b>57</b>
<b>3.8.6. ASPECTOS AMBIENTALES .....</b>	<b>58</b>
<b>3.9. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA .....</b>	<b>58</b>
<b>3.10. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>58</b>
<b>3.11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO A: CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL O CAPACIDAD DEL RELLENO SANITARIO.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO B: CÁLCULO DE LA CELDA DIARIA .....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO C: CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE BIOGÁS EN EL RELLENO SANITARIO.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO D: DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN MÍNIMO DE LA Balsa DE LIXIVIADOS.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO E: DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL ÁREA DE EMERGENCIA .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO F: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERSONAL .....</b>	<b>75</b>

# “Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DISEÑO Y DISPOSICIÓN DE CELDAS .....	13
FIGURA 2: ESQUEMA DE AVANCE EN LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS Y CONSTRUCCIÓN DE CELDAS.....	14
FIGURA 3: ESQUEMA GENERAL DE IMPERMEABILIZACIÓN .....	15
FIGURA 4: ANCLAJE DE GEOMEMBRANA TIPO ZANJA .....	17
FIGURA 5: RECOMENDACIÓN COLOCACIÓN LÁMINAS PARA MINIMIZAR SOLAPES.....	17
FIGURA 6: EVOLUCIÓN ESTIMADA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y DEL BIOGÁS CAPTABLE .....	20
FIGURA 7: EJEMPLO DE POZO DE RECOGIDA DE BIOGÁS .....	21
FIGURA 8: EJEMPLO DE ESTACIÓN DE REGULACIÓN .....	23
FIGURA 9: EJEMPLO DE UN POZO DE CAPTACIÓN DE CONDENSADOS.....	24
FIGURA 10: EJEMPLO DE COLECTOR FINAL .....	26
FIGURA 11: ESQUEMA CENTRAL DE ASPIRACIÓN Y COMBUSTIÓN .....	27
FIGURA 12: DETALLE COLOCACIÓN RED LIXIVIADOS .....	28
FIGURA 13: COMPOSICIÓN FÍSICA PROMEDIO DE LOS RSU EN LA REPÚBLICA ARGENTINA .....	68
FIGURA 14: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: EVALUACIÓN TÉCNICA DE LOS TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS .....	9
TABLA 2: EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LOS TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS .....	10
TABLA 3: CÁLCULO DEL VOLUMEN DE CELDA DIARIA.....	14
TABLA 4: CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A LAMINAS PEAD DE IMPERMEABILIZACIÓN .....	16
TABLA 5: CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A LAMINAS GEOTEXTIL DE PROTECCIÓN .....	17
TABLA 6: TIPOS DE SOLDADURA PARA GEOMEMBRANAS .....	18
TABLA 7: PRESUPUESTO ALTERNATIVA N° 1 .....	52
TABLA 8: PRESUPUESTO ALTERNATIVA N° 2 .....	53
TABLA 9: COMPARATIVA DE PRESUPUESTOS.....	57
TABLA 10: MATRIZ DE DECISIÓN.....	58
TABLA 11: PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE RSU (HIPÓTESIS 1).....	60
TABLA 12: ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE RESIDUOS GENERADOS .....	61
TABLA 13: ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN DE METANO.....	65
TABLA 14: COMPOSICIÓN DE LOS RSU DE LA REPÚBLICA ARGENTINA .....	67
TABLA 15: CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE BIOGÁS .....	69
TABLA 16: REQUERIMIENTO DE PERSONAL .....	75

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

**ABREVIATURAS**

CEAMSE: Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado

DN: Diámetro nominal

GIRSU: Gestión integral de residuos sólidos urbanos.

GLP: Gas licuado del petróleo.

MC: Material de cobertura

PEAD: Polietileno de alta densidad

PRFV: Plástico reforzado con fibra de vidrio.

RS: Residuo sólido

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

SDR: Standar Dimension Ratio

SEMARNAT: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales

### 3.1. INTRODUCCIÓN

En esta etapa de prefactibilidad el objetivo principal es realizar el análisis de dos alternativas del proyecto, con análisis de costos y beneficios a nivel adecuado para seleccionar el diseño definitivo. Se efectúa la evaluación preliminar de sus impactos y se selecciona la alternativa más favorable desde el punto de vista ambiental.

En una primera instancia se ejecuta una introducción breve sobre los residuos y los tipos de rellenos sanitarios para luego tratar los cálculos comunes a ambas alternativas, seguido de la presentación formal de las dos propuestas de proyecto.

La alternativa seleccionada, se tratará en la cuarta y última etapa de factibilidad de este proyecto, en la cual se tratará en más detalle.

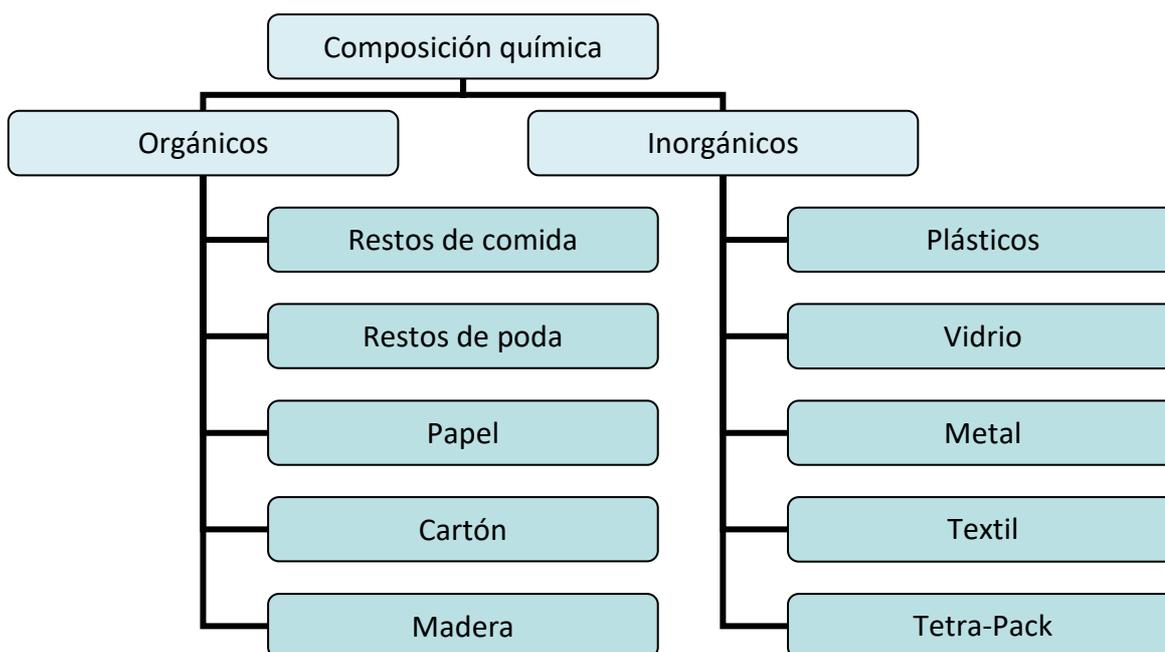
### 3.2. LOS RESIDUOS Y SU CLASIFICACIÓN

Un residuo es cualquier producto en estado sólido, líquido o gaseoso procedente de un proceso de extracción, transformación o utilización, al que su propietario decide abandonar o desprenderse, debido a que carece de valor para él o ya no puede ser utilizado para el uso que fue adquirido o creado. Se clasifican según:

- Su estado físico



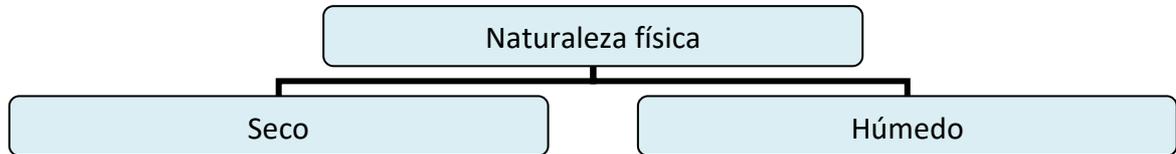
- Su composición química



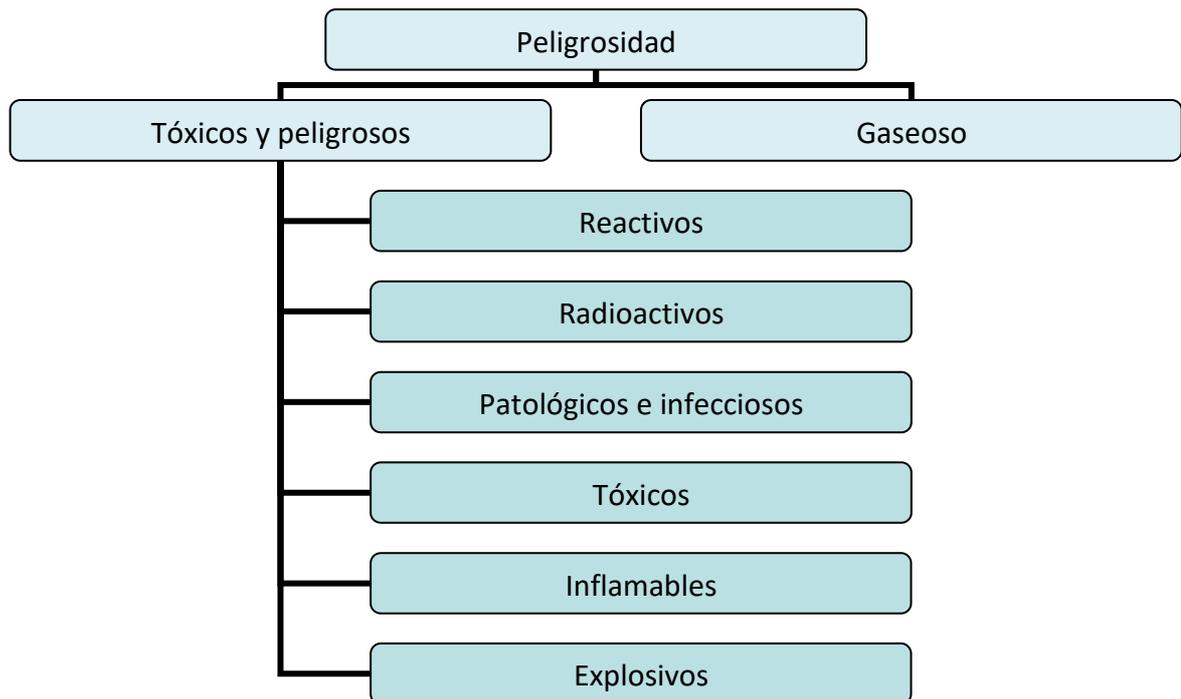
Beckmann, Carolina Silvia

---

- Su naturaleza física



- Su peligrosidad



### 3.3. ESTUDIO DEL TIPO DE RELLENO SANITARIO

#### 3.3.1. Tipos de relleno sanitarios o modo de explotación

La tipología de los rellenos sanitarios se define por el diseño y la forma de explotación, y de manera particular por el método de disposición de los residuos, la selección del método constructivo depende del tipo de suelo en el que se va a trabajar.

- Estos son:

##### 3.3.1.1. Método trinchera

El método de trinchera se emplea cuando las características estratigráficas del suelo y la profundidad de las napas de agua permitan realizar excavaciones. En este caso se deberá en primer lugar desmontar el sitio retirando la capa vegetal y luego excavar para extraer el volumen de suelo necesario. Requiere un sistema de impermeabilización y de sistemas de captación y desalojo de lixiviados.

### **3.3.1.2. Método área**

El método de área es práctico para aquellos terrenos en los que resulta imposible realizar excavaciones, ya sea por la profundidad de las napas de agua o por las características del suelo que hagan que el mismo no pueda excavarse. Debe contarse con depresiones naturales que sean factibles de ser rellenadas.

### **3.3.1.3. Método combinado**

Combinación de los métodos anteriores.

- Otra clasificación se establece según el tipo de manejo de los residuos y del relleno:

### **3.3.1.4. Relleno tradicional con compactación mecanizada**

El tipo tradicional consiste en la disposición final de los residuos sólidos generados por comunidades rurales y urbanas a nivel municipal de tal forma que la disposición final en el suelo no cause perjuicio al medio ambiente y molestias o peligros para la salud y seguridad pública.

Con esta tecnología se coloca la basura en celdas o en capas compactadas, cubiertas con tierra arcillosa, utilizando maquinaria pesada para la distribución, homogeneización y compactación. Antes de llenar el sitio de esta manera, se prepara el suelo del futuro relleno para evitar a lo máximo la infiltración de líquidos lixiviados en el suelo. Es posible usar una geomembrana, que es una lámina de plástico de alta densidad que funciona como una olla, o se compacta el suelo existente que debe de ser de tipo arcilla lo que cuenta con un factor alto de protección y una baja permeabilidad. Al mismo tiempo se construyen obras adyacentes de control y monitoreo como pozos de venteo, de observación del agua subterránea e instalaciones para la recolección y tratamiento de los lixiviados.

Una vez que el terreno está asignado y los componentes principales del relleno sanitario están contruidos y la operación autorizada, los RSU de la población se recolectan registrando cada descarga y la disposición se realiza de acuerdo al manual de operación, que contiene lo más sustancial de la operación del relleno sanitario.

Los residuos sólidos son descargados y desplazados por un bulldozer hacia la celda en construcción, la basura se esparce en forma homogénea en capas delgadas de máximo 30 a 40 cm y se compacta. El tractor compactador debe pasar de 2 a 4 veces, en bandas paralelas a manera de compactar toda el área de residuos extendidos hasta obtener una superficie uniforme.

Esta operación se repite sobre cada capa hasta obtener la altura recomendada de la celda.

Una vez terminada la celda diaria, se cubre con una capa de tierra de 10 a 15 cm, se compacta siguiendo el mismo procedimiento con la basura a manera de cubrir entera y uniformemente los residuos para impedir la dispersión de materiales ligeros y evitar la proliferación de fauna nociva.

Beckmann, Carolina Silvia

---

Se debe esperar de 2 a 3 meses para construir nuevas celdas sobre las anteriores por dos razones interdependientes: favorecer la descomposición aeróbica, la cual es más productiva que la anaeróbica y para acelerar el asentamiento del relleno, proporcionado un mejor soporte para la construcción de celda superior.

Con el paso del tiempo el residuo sólido se descompone, una parte se transforma en gas, otra en líquido y sobra el material semi-inerte. Después de dos años el proceso de generación de asentamientos se reduce y prácticamente desaparece a los cinco años.

Adicionalmente, se tienen que realizar las siguientes operaciones y medidas, las cuales se deben continuar por lo menos hasta 25 años después de la clausura del relleno sanitario:

- Captación, extracción y tratamiento de biogás
- Monitoreo de biogás
- Captación, tratamiento y disposición final del lixiviado
- Monitoreo de lixiviado
- Captación de aguas pluviales

#### **3.3.1.5. Relleno manual**

El relleno sanitario manual cuenta con ciertos elementos del relleno sanitario tradicional como son el cerco perimetral, el drenaje periférico para la desviación de las aguas pluviales, la impermeabilización, el drenaje de lixiviados, el sistema de evacuación del biogás y una caseta (vigilancia y sanitarios). Mientras para la operación se aplica instrumentos de uso manual, para la preparación del sitio (las excavaciones de zanjas o material de cobertura y la construcción de vías internas) se recomienda el uso de maquinaria pesada.

#### **3.3.1.6. Relleno seco con pretratamiento y compactación/embalado previo**

El relleno seco con pretratamiento de alta compactación, es conocido también como la tecnología del “Relleno Seco”. Su principal objetivo es acelerar y facilitar el control de los rellenos sanitarios a través de la reducción del volumen de los residuos por su alta compactación con una prensa.

El pretratamiento puede contener varios procesos adicionales como la selección manual y la separación completamente automatizada hasta el encapsulamiento de los fardos con plásticos, los cuales se pueden adaptar a las necesidades locales, a la variación de la cantidad y las propiedades de los residuos municipales.

Esta alternativa requiere de mayor número de prensas empacadoras, cintas de transportación del material, y cintas de sorteo para recuperación de los metales.

#### **3.3.1.7. Tratamiento mecánico-biológico (pretratamiento seguido de composteo)**

El pretratamiento mecánico-biológico de los residuos sólidos urbanos se refiere a la estabilización de los residuos sólidos urbanos, en un relleno sanitario tradicional tiene un periodo aproximado de 25 años y en el relleno seco se estima hasta unos 100 años.

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

Para reducir este largo periodo de vigilancia ambiental se debe de minimizar el potencial contaminante de los residuos sólidos, antes de que los mismos sean depositados en el relleno sanitario. La forma de lograr este reto es extraer a lo máximo los contaminantes orgánicos de los residuos sólidos convirtiéndolos en material inerte.

El tratamiento mecánico-biológico es un proceso que convierte los residuos en material semi-inerte antes de su disposición final. El tratamiento mecánico-biológico consiste en dos etapas de tratamiento: Mecánico para acondicionar los residuos municipales a su tratamiento posterior, y biológico mediante una fermentación controlada o digestión aerobia. El tratamiento integra varios procesos, los cuales con flexibilidad se pueden adaptar a las condiciones locales, a la variación de la cantidad y las propiedades y de los residuos sólidos urbanos. El pretratamiento acelera y facilita el control de los rellenos sanitarios a través de la reducción del volumen de los residuos, de la cantidad de los lixiviados y emisión de biogás.

### 3.3.2. Evaluación técnica de las alternativas

Tabla 1: Evaluación técnica de los tipos de rellenos sanitarios

<b>Parámetros</b>	<b>Relleno tradicional</b>	<b>Relleno seco (alta compactación)</b>	<b>Pretratamiento mecánico-biológico</b>	<b>Relleno sanitario manual</b>
<b>Operación</b>	Regular	Regular	Especializada (proceso biológico)	Muy sencillo
<b>Mantenimiento</b>	Sencillo, convencional	Complejo, especializado	Sencillo	Muy sencillo, convencional
<b>Equipo</b>	Convencional	Especializado	Convencional	Convencional y sencillo
<b>Clasificación del personal</b>	Nivel promedio	Nivel especializado	Nivel promedio	Bajo promedio
<b>Reducción del volumen de RSU (%)</b>	50 – 60	70 – 75	75 – 85	40 – 50
<b>Aplicable para municipios pequeños</b>	Sí, pero costoso	No o solamente al nivel intermunicipal	Si	Exclusivamente
<b>Aplicable para municipios grandes</b>	Si	Si	Si (con limitaciones)	No
<b>Experiencias en pos clausura</b>	Mucha (> 40 años)	Poca (< 10 años)	Poca (< 10 años)	Poca

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

**3.3.3. Evaluación de los impactos ambientales de las alternativas**

Tabla 2: Evaluación ambiental de los tipos de rellenos sanitarios

<b>Parámetros</b>	<b>Relleno tradicional</b>	<b>Relleno seco (alta compactación)</b>	<b>Pretratamiento mecánico-biológico</b>	<b>Relleno sanitario manual</b>
<b>Cantidad de lixiviados</b>	Cantidades regulares durante todo el tiempo	Pequeñas cantidades en el pretratamiento. Cantidades considerables en la disposición final.	Cantidades considerables en el pretratamiento. Cantidades pequeñas en la disposición final.	Cantidades regulares durante todo el tiempo.
<b>Calidad de lixiviados</b>	Concentración de contaminantes arriba de los límites permisibles. Necesidad de tratamiento.	Concentración de contaminantes arriba de los límites permisibles en el pretratamiento y en la disposición final. Necesidad de tratamiento.	Concentración de contaminantes arriba de los límites permisibles en el pretratamiento. Necesidad de tratamiento. Abajo de los límites después de la clausura de la disposición final. Sin necesidad de tratamiento.	Concentración de contaminantes arriba de los límites permisibles. Necesidad de tratamiento.
<b>Olor y biogás</b>	Emisiones de olor y formación constante de biogás. Necesidad de sistema de captación y tratamiento (por ejemplo: quema).	Emisiones de olor en el pretratamiento. Formación de biogás en la disposición final en menores cantidades. Necesidad de sistema de su captación y tratamiento.	Emisiones muy limitadas de olor en el pretratamiento por la aplicación de un biofiltro. Generación insignificante de biogás en la disposición final.	Emisiones de olor y formación constante de biogás. Necesidad de sistema de recolección y tratamiento.
<b>Vectores, insectos, roedores, etc.</b>	Riesgo durante la operación del relleno. Necesidad de recubrimiento diario para disminuir los efectos.	Riesgo limitado en el lugar de pretratamiento. Efectos reducidos en la disposición final.	Riesgo limitado en el lugar de pretratamiento. Efectos insignificantes en la disposición final.	Riesgo durante la operación del relleno. Necesidad de recubrimiento diario para disminuir los efectos.

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

<b>Impacto a la salud</b>	Protección personal obligatoria de todos los trabajadores.	Protección personal obligatoria de todos los trabajadores.	Protección personal obligatoria de todos los trabajadores en el pretratamiento. Reducción significativa de los patógenos en el material pretratado.	Protección personal obligatoria de todos los trabajadores.
<b>Ruido</b>	Típico emitido por la maquinaria de operación.	Típico emitido por la maquinaria de operación.	Típico emitido por la maquinaria de operación.	Casi no hay ruido, solamente en fase de uso de maquinaria.
<b>Monitoreo de lixiviados y biogás</b>	Durante la operación, clausura y pos clausura del relleno, 20 a 30 años.	Durante la operación y clausura y pos clausura del lugar de disposición final, 80 a 100 años.	Solamente durante la operación y de 3 a 5 años después de la clausura.	Durante la operación y clausura y pos clausura del relleno. Hasta 10 años.
<b>Riesgo de impacto ambiental</b>	Durante la operación, clausura y pos clausura, 20 a 30 años después de ser clausurado	Hasta 100 años después de la clausura del lugar para la disposición final.	Solamente 3-5 años después de clausurado el lugar de disposición final.	Durante la operación, clausura y pos clausura, 7 a 10 años después de clausura.

### 3.4. DIMENSIONADO DEL RELLENO SANITARIO

#### 3.4.1. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN NECESARIO DE RELLENO SANITARIO

La capacidad nominal del relleno sanitario se utiliza como una estimación preliminar, puesto que la capacidad real dependerá también, entre otros, de la evolución de los residuos cualitativa y cuantitativamente, de la densidad de compactación, de la evolución de los asentamientos; parámetros difíciles de concretar con anterioridad.

Los parámetros básicos a tener en cuenta para el cálculo de la vida útil de un relleno sanitario reúnen las siguientes características geométricas y de aporte de materiales (generación de residuos):

- Población atendida
- Generación de residuos por habitante y día
- Método de explotación (influirá en el volumen útil total del vaso)
- Volumen del sitio disponible
- Altura de relleno de cada capa / celda
- Capas de recubrimiento intermedias
- Altura máxima de residuo en el relleno
- Densidad de compactación del residuo

Beckmann, Carolina Silvia

---

A continuación se detallan los resultados obtenidos en el “ANEXO A: CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL O CAPACIDAD DEL RELLENO SANITARIO”.

#### **3.4.1.1. Cantidad de residuos o generación anual: Pn**

La generación total de residuos sólidos urbanos producidos por la población estable más la población viajera, para el departamento de Concordia en el periodo 2.018 – 2.030, serán 753.835,50 toneladas.

#### **3.4.1.2. Volumen de los residuos depositados: V**

Se adoptó como densidad de compactación 0,80 tn/m<sup>3</sup> resultando un volumen total al final de la vida útil de 12 años de 188.458,88 toneladas de residuos sólidos no reutilizables (residuo no apto para reciclar ni para realizar compost).

#### **3.4.1.3. Volumen necesario del sitio: Vn**

El volumen necesario del sitio depositando solo RS no reutilizables más el material de cobertura será 237.953,13 m<sup>3</sup>

La profundidad de la base del relleno sanitario será de 3 metros porque con esta altura no se producen grandes asentamientos ni problemas de inestabilidad del talud, y el área necesaria será de 7,93 ha, lo que equivale a 282 m por 282 m.

#### **3.4.1.4. Dimensiones adoptadas para el relleno sanitario**

Profundidad: 3 metros  
Ancho: 300 metros  
Largo: 300 metros  
Área: 9 hectáreas

#### **3.4.2. DETERMINACIÓN DE LA CELDA DIARIA**

Las celdas son subdivisiones o compartimentos de vertido dentro del relleno sanitario, interponiendo capas de cobertura intermedias para independizar una de otra. Con esta división se persigue el aislamiento de las partes para optimizar el control de las emisiones de cada una minimizando la generación de lixiviados, el área y tiempo de exposición de residuos reduciendo por tanto las exigencias de cobertura y minimizando el riesgo de arrastre de residuos con el viento.

La división del relleno en celdas se puede realizar sea cual sea el modo de explotación del relleno sanitario (trinchera, área, mixto), formándose mediante la deposición secuencial de capas de residuo compactado según se va recibiendo.

Las principales ventajas que se consiguen con la construcción de celdas son:

- optimiza el control de emisiones
- minimiza la producción de lixiviados
- minimiza el riesgo de formación de bolsas de gas
- facilita la compactación más homogénea de la masa de la celda
- favorece un manejo de residuos más adaptado a las condiciones de cada momento

## “Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

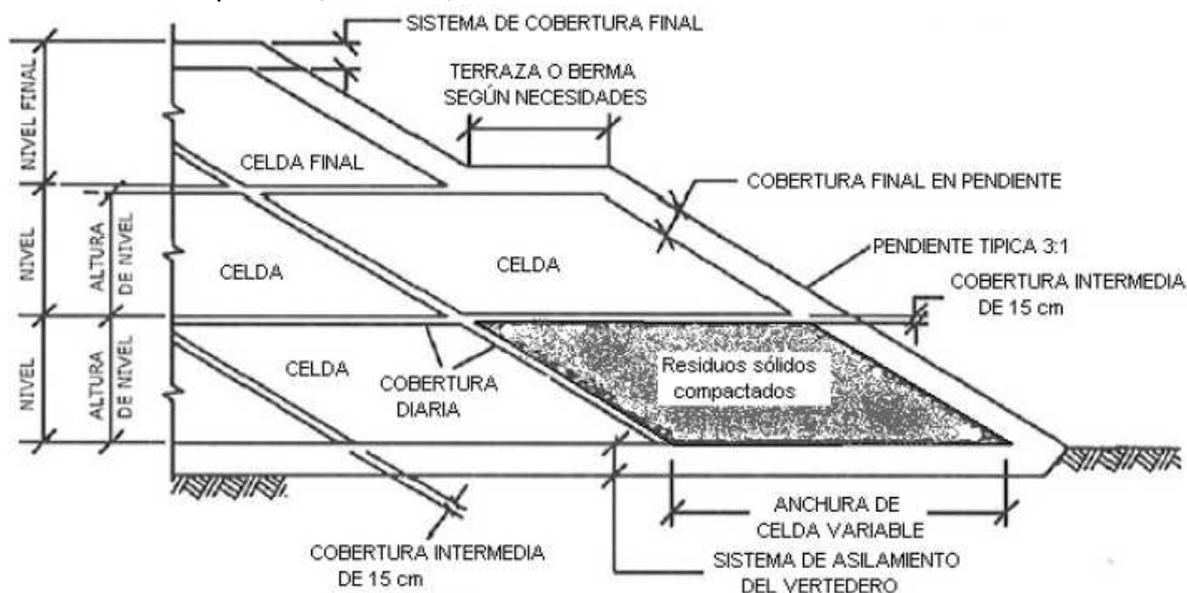
- minimiza el riesgo de incendios
- agiliza el inicio de la fase metanogénica
- facilita el acceso y movilidad de los vehículos para descargas posteriores

Generalmente, se construyen celdas diarias de trabajo, así al terminar cada jornada los residuos quedan cubiertos y aislados evitando molestias de olores, residuos volados, esparcimientos, acceso y contacto de animales con los residuos, presencia de insectos y roedores, etc., mejorando las condiciones sanitarias del relleno y del entorno.

La cobertura diaria de cada celda resulta en que el relleno no será homogéneo en sentido vertical y la permeabilidad vertical será menor que la horizontal. Esto producirá caminos de flujos horizontales y acumulaciones de lixiviados que pueden afectar a la estabilidad. Por ello los requerimientos para el material de cobertura diaria son poco exigentes pudiendo utilizarse tierras de excavación o incluso arenas que favorecen la conectividad hidráulica y el drenaje. Si se utilizan coberturas impermeables, por ejemplo arcillas, es recomendable un escarificado o arado de la superficie antes del vertido de la siguiente capa.

Su ancho equivale al frente de trabajo necesario para que los vehículos recolectores puedan descargar la basura al mismo tiempo sin interferencias ni esperas, o como múltiplo del ancho de la maquinaria utilizada para su compactación.

Los taludes de finalización de cada celda tendrán una pendiente máxima entre 10 – 30% para facilitar las tareas de compactación asegurando a su vez la estabilidad del mismo. Pendientes menores, son mejores para conseguir una buena compactación, a la vez que reducen el riesgo de producirse fallas en los taludes y el mantenimiento a largo plazo. Por el contrario, cuanto mayor sea la pendiente de los taludes menor será la relación área superficial/volumen, con el consecuente ahorro de material de cobertura.



**Figura 1: Diseño y disposición de celdas**

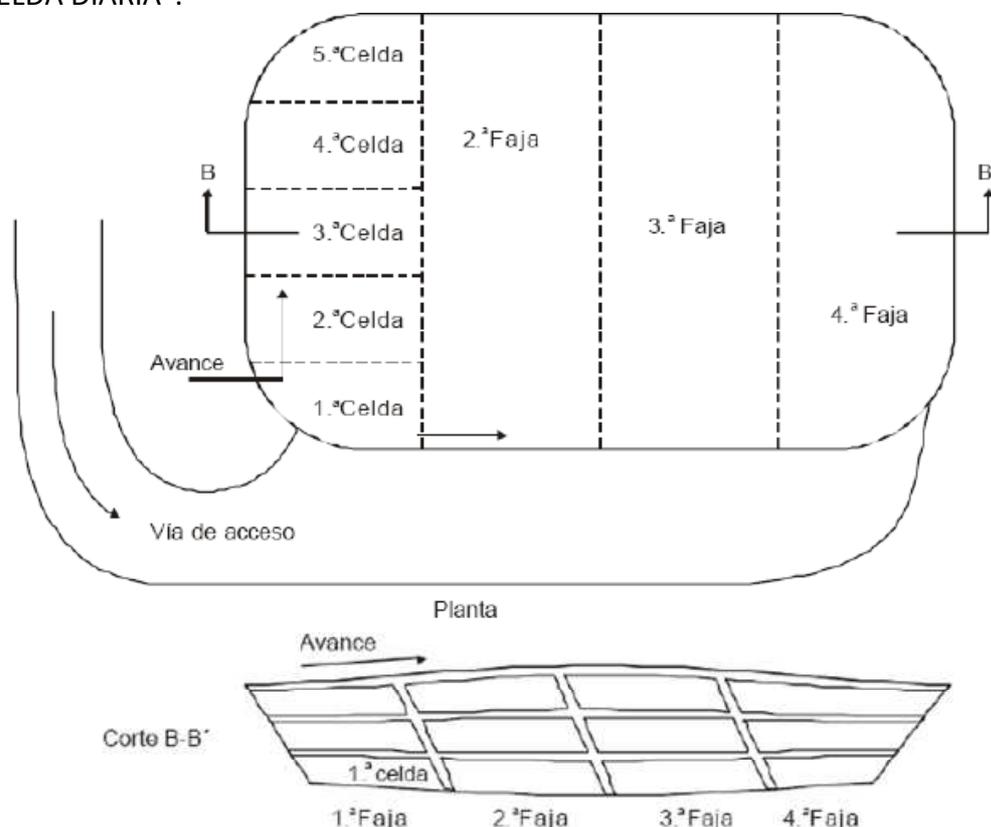
La continuación de la disposición de residuos en días consecutivos se realiza con la formación de celdas contiguas inicialmente en sentido transversal al avance del relleno

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

formando líneas de celdas o “fajas” y a continuación en el sentido de avance del frente de trabajo. Los cálculos fueron realizado con las fórmulas detalladas en “ANEXO B: CÁLCULO DE LA CELDA DIARIA”.



**Figura 2: Esquema de avance en la disposición de residuos y construcción de celdas**

Tabla 3: Cálculo del volumen de celda diaria

Año	Proyección población (hab)	Cantidad media diaria de residuos (tn/día)	Residuos no reutilizable (tn/día)	Volumen de celda diaria (m <sup>3</sup> )
2.018	190.380	152	30	48
2.019	191.507	153	31	48
2.020	192.635	154	31	48
2.021	193.762	155	31	48
2.022	194.890	156	31	49
2.023	196.017	157	31	49
2.024	197.145	158	32	49
2.025	198.272	159	32	50
2.026	199.400	160	32	50
2.027	200.528	160	32	50
2.028	201.655	161	32	50
2.029	202.783	162	32	51
2.030	203.910	163	33	51

Beckmann, Carolina Silvia

### 3.4.3. SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

Tanto durante la explotación del relleno sanitario, como posterior a su clausura, se producen cantidades variables de lixiviados, es decir, el líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión. Este líquido que dará lugar al lixiviado puede proceder de la propia agua de constitución de los residuos, o bien de aportaciones externas, como pueden ser la precipitación directa sobre el vaso de vertido, o bien la afluencia por drenaje superficial o aguas subterráneas.

Dichos lixiviados arrastran cantidades importantes de materias en suspensión y disueltas, y sus características químicas y biológicas son tales que al infiltrarse en perfil del suelo ocasiona un riesgo potencial de contaminación de las aguas subterráneas y del suelo, tanto mayor cuanto más cerca esté el nivel freático del fondo del relleno sanitario.

Las características geológicas del emplazamiento determinan el tipo de impermeabilización que es necesario ejecutar, e incluso hasta la viabilidad de la ejecución del relleno sanitario.

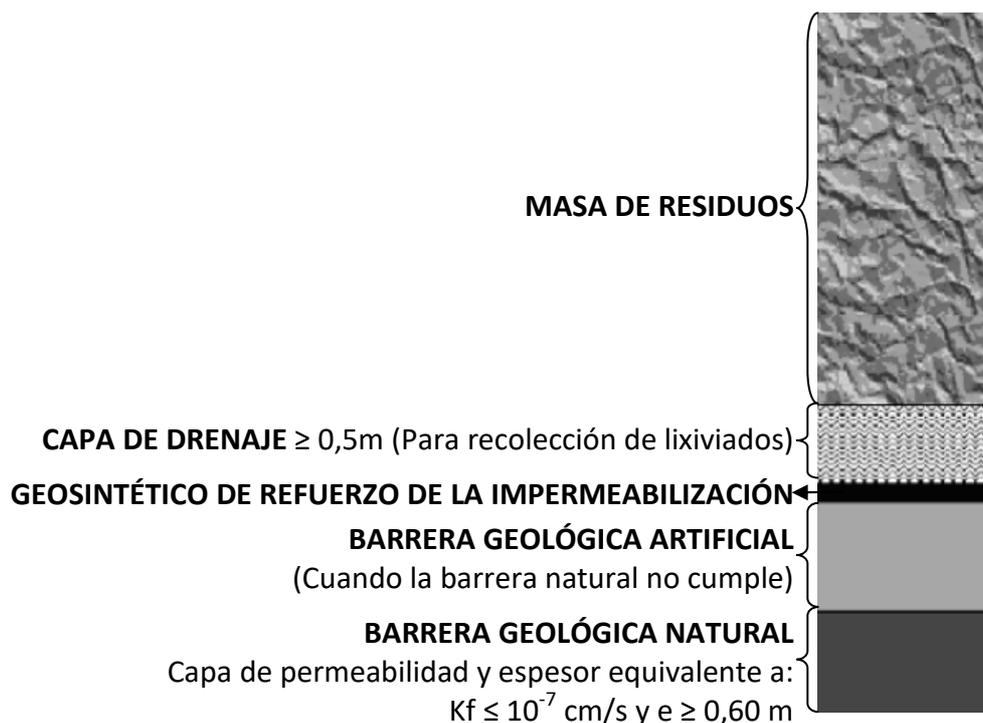


Figura 3: Esquema general de impermeabilización

#### 3.4.3.1. REVESTIMIENTO ARTIFICIAL IMPERMEABLE

Las características mínimas a exigir a las láminas de impermeabilización de PEAD, según normativas aplicadas en la Unión Europea, serán:

Beckmann, Carolina Silvia

Tabla 4: Características exigibles a laminas PEAD de impermeabilización

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Espesor	mm	1,5
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	> 0,94
Índice de fluidez	g/10 min	0,5
Contenido en negro de carbono	%	2,5 ± 0,5
Contenido de cenizas	%	0,005
Dispersión de negro de carbono	-	4
Dureza Shore D	-	60±5
Doblado a bajas temperaturas	-	Sin grietas
Resistencia a la percusión	-	Sin perforación
Resistencia tracción, fluencia, alargamiento		
Resistencia a la tracción	MPa	35
Límite elástico	MPa	17
Alargamiento en la rotura	%	800
Alargamiento en el punto de fluencia	%	17
Resistencia a la perforación		
Resistencia a la perforación	N/mm	400
Recorrido	mm	10
Envejecimiento artificial acelerado		
Alargamiento en rotura	%	< 15
Resistencia al desgarro	N/mm	140
Resistencia al calor	%	2
Envejecimiento térmico	-	
Alargamiento en rotura	%	< 15
Resistencia a cuarteamiento por tensión en medio acuoso	-	Sin grietas
Absorción de agua	%	0,2 a 24 h (1 a 6 días)
Resistencia a la perforación por raíces	-	Resiste

Es siempre recomendable utilizar láminas del mayor ancho posible para minimizar el número de soldaduras, éstas deben realizarse en la propia obra. La soldadura será de tipo doble, con canal intermedio de comprobación de 15 cm de amplitud mínima.

El anclaje de las láminas PEAD, será del tipo zanja, y se implantará en la coronación de los taludes.

### **3.4.3.2. GEOSINTÉTICO DE REFUERZO DE LA IMPERMEABILIZACIÓN**

En la parte inferior de la capa de drenaje de lixiviados, se colocará un geotextil no tejido de polipropileno de 350 g/m<sup>2</sup>, cuya función es proteger la lámina de PEAD de posibles punzonamientos con los materiales de la capa de drenaje de lixiviados. Además se puede colocar otro geotextil de las mismas características por debajo de la lámina de PEAD para proteger de posibles punzonamientos con los materiales del terreno natural.

Beckmann, Carolina Silvia

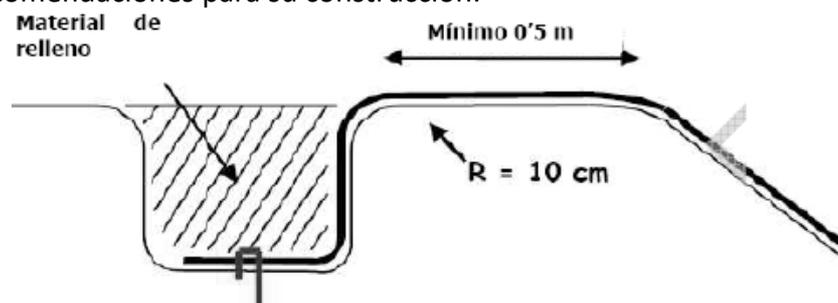
Por ende, estos geotextiles consiguen alargar la vida útil de los revestimientos artificiales, y reducen el riesgo de rotura, y por tanto de emisión de lixiviados o gases al suelo.

Tabla 5: Características exigibles a laminas geotextil de protección

CARACTERÍSTICA	Unidad	Valor
Espesor bajo presión de 2 kN/m <sup>2</sup>	mm	3
Resistencia a perforación CBR	N	2000
Resistencia a tracción	kN/m	60
Alargamiento de rotura	%	80
Perforación por caída libre de cono	mm	< 14

### 3.4.3.3. EJECUCIÓN DE LA IMPERMEABILIZACIÓN CON GEOSINTÉTICOS

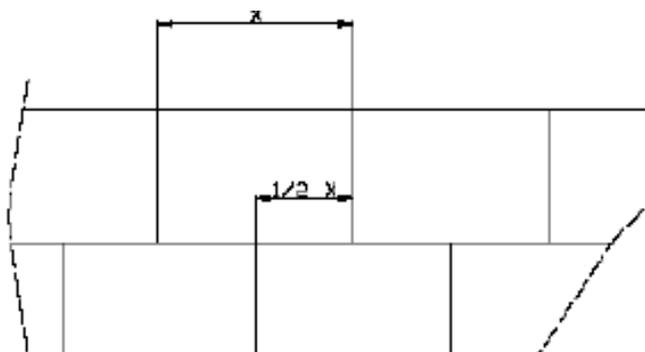
Para la fijación definitiva de la lámina en su perímetro se debe ejecutar un anclaje en la parte más alta del talud. Este anclaje se realizará en forma de trinchera siguiendo las siguientes recomendaciones para su construcción:



**Figura 4: Anclaje de geomembrana tipo zanja**

En la construcción de este tipo de revestimientos es muy importante la correcta preparación previa de la sub base, vigilando que no haya partículas mayores de 1,25 cm que puedan producir protuberancias en la membrana y que no existan hundimientos que provoquen dobleces en la misma.

Se recomienda la aplicación de un herbicida bajo las membranas para evitar el crecimiento vegetal que pueda dañar el revestimiento. También es importante evitar el transporte de equipamientos y vehículos pesados sobre la membrana que puedan producir daños. Por tanto, sólo se autorizará el apoyo de la maquinaria y personal indispensable.



**Figura 5: Recomendación colocación láminas para minimizar solapes**

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

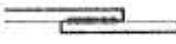
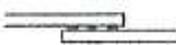
Beckmann, Carolina Silvia

Los solapes entre paneles serán de 15-20 cm.

Las distintas técnicas de unión de las membranas son: aire caliente, soldadura de fusión, soldadura de extrusión y disolvente adhesivo.

Las geomembranas de polietileno, como la que se recomienda, se unirán por soldadura caliente.

Tabla 6: Tipos de soldadura para geomembranas

METODO	CONFIGURACIÓN	RITMO	COMENTARIOS
EXTRUSIÓN		30 m/h	-AMBAS LÁMINAS DEBEN ESTAR ENTERRADAS -LA LÁMINA SUPERIOR DEBE ESTAR INCLINADA -LA ALTURA Y COLOCACIÓN SE CONTROLAN MANUALMENTE -SIEMPRE SE DEBE USAR EL MISMO COMPUESTO POLIMÉRICO -SE PUEDE PRECALENTAR LA LÁMINA CON AIRE CALIENTE -NORMALMENTE UTILIZADO EN CASOS COMPLICADOS
EXTRUSIÓN PLANA		15 m/h	-ADECUADO PARA SUPERFICIES PLANAS LARGAS -MAQUINARIA MUY AUTOMATIZADA -DIFICULTAD EN TALUDES -NO UTILIZABLE EN DETALLES CONCRETOS -SIEMPRE SE DEBE USAR EL MISMO COMPUESTO POLIMÉRICO -SE PUEDE PRECALENTAR LA LÁMINA CON AIRE CALIENTE
AIRE CALIENTE		15 m/h	-ADECUADO PARA UNIR LÁMINAS -SUJECCIÓN MANUAL Y MECANISMO AUTOMÁTICO -GRAN VARIACIÓN EN LA TEMPERATURA DEL AIRE -NO SE NECESITA EXTRUSIÓN
CURA CALIENTE		90 m/h	-SOLDADURA SIMPLE O DOBLE -NO APLICABLE EN DETALLES CONCRETOS -MAQUINARIA MUY AUTOMATIZADA -NO SE REQUIERE EXTRUSIÓN -CONTROL DE LA PRESIÓN PARA EL PRENSADO
ULTRASONIDO CALIENTE		90 m/h	-NUEVA TÉCNICA PARA GEOMEMBRANAS -APLICACIÓN EN CAMPO -TOTAL AUTOMATIZACIÓN
SOLDADURA ELÉCTRICA		—	-NUEVA TÉCNICA PARA GEOMEMBRANAS EN FASE DE DESARROLLO -SIEMPRE SE DEBE USAR EL MISMO COMPUESTO POLIMÉRICO

El punto más delicado de la instalación del revestimiento sintético es la ejecución de las soldaduras por tratarse de discontinuidades en la capa y por tanto las zonas más probables de producirse infiltraciones. Algunas condiciones para minimizar las tensiones producidas en las soldaduras son las siguientes:

- Las soldaduras se deben orientar en sentido paralelo a la línea de máxima pendiente del talud.
- Las soldaduras paralelas al pie del talud se deben situar, como mínimo, a 1,5 m de dicho pie para minimizar las tensiones producidas por la contracción de las geomembranas.

Beckmann, Carolina Silvia

---

- Las soldaduras paralelas a la cresta del talud se deben situar, como mínimo, a 60 cm de la cresta.
- Las soldaduras de la base se deben solapar de forma que la lámina que recubre el talud se sitúe sobre la de la base, y así evitar la acumulación de lixiviado en la soldadura.
- El número de soldaduras debe ser el mínimo posible, especialmente en las equinas.
- Las soldaduras se deben extender hasta la zanja de anclaje.
- Se debe minimizar el número de láminas en la soldadura, evitando puntos de confluencia de más de 3 láminas.
- Las soldaduras de unión de 3 o 4 láminas se deben completar con un parche de 60 cm unido por extrusión.

#### **3.4.4. SISTEMA DE EXTRACCIÓN, CAPTACIÓN Y CONTROL DE BIOGÁS**

El diseño de la instalación se basa en las estimaciones de vertido, cantidades y composición de los residuos que se ha realizado durante el diseño del relleno sanitario desarrollado en “3.4.1 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN NECESARIO DE RELLENO SANITARIO”.

La instalación de extracción y tratamiento del biogás está compuesta principalmente por una red de captación y transporte, y un área de tratamiento, que incluye la unidad de aspiración-impulsión y la antorcha.

##### **3.4.4.1. GENERALIDADES SOBRE EL BIOGÁS DEL RELLENO SANITARIO**

En cualquier depósito controlado de RSU de tipo anaerobio se evidencia, por la presencia de unos olores más o menos nauseabundos, la presencia de un gas que se conoce como biogás de relleno sanitario.

Su olor es debido a la presencia, generalmente en contenido ínfimo, de SH<sub>2</sub>, mercaptanos y algún otro compuesto fuertemente aromático.

No obstante, sus componentes principales son:

- El metano (CH<sub>4</sub>) en una proporción del 45 al 60% en volumen.
- El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), entre el 40 y el 60%.
- Nitrógeno (N<sub>2</sub>): del 2 al 5%
- Oxígeno (O<sub>2</sub>), del 0,1 al 1%

Y cantidades menores de amoníaco (0,1-1%), hidrógeno (0-0,2%), monóxido de carbono (0-0,2%) y constituyentes en cantidades traza (0,01-0,6%).

Los porcentajes reflejados varían en función, entre otros, de los siguientes factores:

- La composición del residuo
- La edad del vertido
- La climatología (pluviometría y temperaturas ambientales fundamentalmente)
- La geometría del vaso receptor
- El modo de laboreo

### 3.4.4.2. PROBLEMAS DERIVADOS DE LA PRESENCIA DEL BIOGÁS

La primera consecuencia de la generación y salida descontrolada del biogás de relleno sanitario, es su ya mencionado olor desagradable, que siempre implica un impacto negativo notable del depósito de residuos.

Pero es su alto contenido en metano el que más peligro le confiere al biogás, ya que éste tiene dos riesgos:

En primer lugar, el biogás es un gas combustible y puede dar lugar a incendios. Dado que el gas fluye por vías preferenciales y con frecuencia lo son los contactos con el vaso receptor, dichos incendios pueden propagarse a las áreas colindantes con el relleno sanitario. Asimismo el CH<sub>4</sub> forma mezclas explosivas con gases inertes.

Por otra parte, hay que indicar el carácter asfixiante del metano, que desplaza al oxígeno presente en cualquier ambiente, y la naturaleza gaseosa del biogás facilita su migración por grietas y bóvedas subterráneas, diaclasas, suelos incoherentes, etc., dañando la vegetación perimetral y penetrando en estructuras o viviendas más o menos próximas al depósito, contaminándolas.

Estos problemas conducen a que la eliminación controlada del biogás sea necesaria para que un relleno sanitario merezca ser considerado como realmente controlado.

### 3.4.4.3. GENERACIÓN DE BIOGÁS EN EL RELLENO SANITARIO

El volumen de biogás generado por la degradación de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos obedece a los factores que afectan la producción como son: la composición de la basura, la temperatura, el pH y alcalinidad, la cantidad y calidad de nutrientes principalmente nitrógeno, fósforo y potasio contenidos en los residuos sólidos y finalmente la presencia de algunos inhibidores dentro del relleno. Por otra parte, es conocido que la tasa de producción del biogás varía con el tiempo. La estimación de la producción de biogás se encuentra realizada en “ANEXO C: CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE BIOGÁS EN EL RELLENO SANITARIO”.

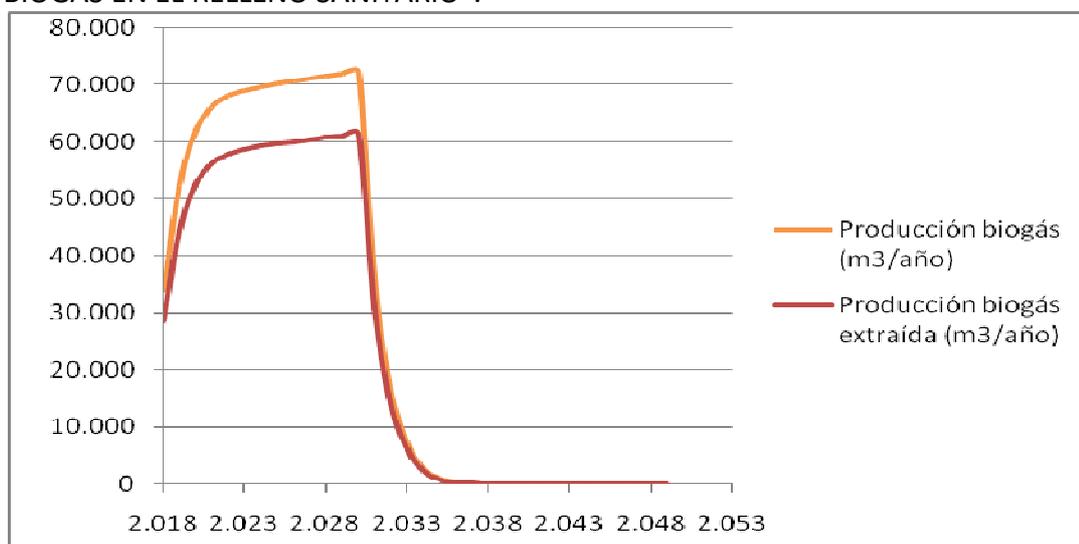


Figura 6: Evolución estimada de la producción de biogás y del biogás captable

Beckmann, Carolina Silvia

### 3.4.4.4. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

#### a) POZOS Y RED VERTICAL

Consistirá en la instalación de pozos de recogida de biogás e insertados en el vertido.

Para ello es necesario realizar sondeos en la masa de vertido de diámetro variable según la cantidad de biogás producido prevista, pudiendo variar entre 400 y 600 mm.

Los sondeos realizados están preparados para la instalación de la tubería de captación del biogás, que será tubería de polietileno ranurada tipo PE 100 de diámetro nominal comprendido entre 110 y 160 mm, SDR 11. La tubería tendrá como mínimo el 8% de su área con perforaciones o ranuras de unos 15 mm<sup>2</sup> en toda su longitud.

En los 2 metros superiores se sustituye por una tubería lisa de las mismas características para evitar la aspiración de O<sub>2</sub> y aire debido a la depresión que la soplante produce para realizar el bombeo del biogás del relleno sanitario.

Se coloca un tapón de PEAD en su base y un tapón de fácil apertura en la salida del pozo una vez terminado y durante los tiempos de parada de sondeo y extracción de baterías para evitar la emanación de gas a la atmósfera durante el proceso de construcción.

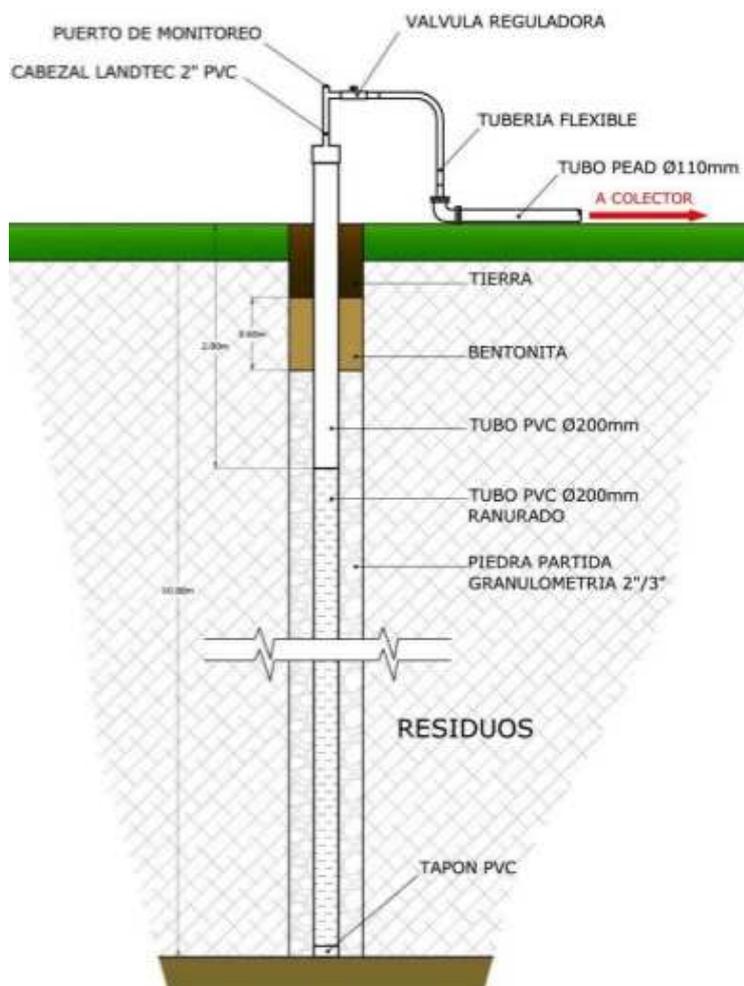


Figura 7: Ejemplo de pozo de recogida de biogás

Beckmann, Carolina Silvia

---

El perímetro o espacio existente entre la masa de residuo y los tubos verticales se rellena con un material que permite la correcta aspiración del biogás. El espesor de esta capa varía entre 100 y 220 mm. Se rellena con filtro de grava de canto rodado 25-60 mm. Igualmente en la parte superior el relleno será también cerrado e impermeable al paso del aire para lo que se aplica en los últimos metros una mezcla de bentonita sellante en polvo, unos 5 sacos de 50 kg por pozo, con agua, a razón de unos 150 litros por pozo. La bentonita impide la entrada del aire exterior hacia las ranuras de la tubería. En los últimos 30 cm se aplica bentonita sellante granular que junto con la propia humedad del residuo se mantiene en buenas condiciones aislantes.

Los cabezales de los pozos están fabricados de PEAD negro de diámetro igual al de la tubería vertical, SDR 17,6 clasificado a 6 bares e incluyen una válvula de regulación manual, puntos de muestreo para vigilancia de la calidad del gas y presión de succión a través de derivación DN80 con válvula. Están dotados de tapa de forma que permite un acceso total sin obstrucciones al recubrimiento del pozo, para su limpieza y vigilancia del nivel de infiltración.

Cada pozo está unido a las tuberías de captación por medio de manguito electrosoldable a fin de adaptarse al movimiento lateral y vertical relativo.

Estos conjuntos a su vez se conectan directamente a la tubería de captación mediante manguito flexible.

#### **b) RED TERCIARIA**

La red de transporte del biogás se compone en primera instancia de tuberías PEAD de DN comprendido entre 90 y 120 mm SDR 17,6 que conectan los pozos verticales con los diferentes elementos de la red de tratamiento del biogás aguas abajo.

Las tuberías conectan desde el manguito flexible unido a las cabezas de los pozos, hasta la estación de regulación correspondiente donde desemboca.

La tubería es suministrada en grandes tramos que son unidos mediante soldadura a tope por fusión, electrofusión o cuando sea apropiado mediante adaptador de brida/compresión. El número de uniones en el tramo de tubería se mantiene al mínimo. Todos los accesorios están fabricados con materiales compatibles con los de la tubería principal y conforme a las mismas normas.

El diseño de la red se realiza en esquema radial para optimizar la captación de biogás, facilitar la regulación y control y evitar las pérdidas de presión en codos y uniones.

#### **c) RED SECUNDARIA**

Las tuberías de la red terciaria conectan los pozos con las llamadas estaciones de regulación y medida ó ERM, cuya función es la de optimizar la posibilidad de regulación del gas captado que es enviado a la antorcha. La conexión desde las estaciones de regulación hacia el colector final se ejecuta mediante conducciones que unen cada una de las estaciones con el punto de de entrada en dicho colector. El colector final es el que conecta la red secundaria con la antorcha.

La red secundaria de transporte de biogás empieza desde la salida de las ERM, la red que discurre desde las ERM al colector final es de PEAD con DN comprendido entre 120 y 160 mm y la red que conecta el colector final con la antorcha es de PEAD de diámetro comprendido entre 160 y 200 mm SDR 17,6 adecuada para transportar el biogás captado.

Beckmann, Carolina Silvia

Todas las tuberías de captación de gas están en superficie para facilitar el acceso y manipulación para las labores de regulación y mantenimiento, excepto en donde sea imprescindible y siempre enterradas a una profundidad máxima de 1,1 m dependiendo de los materiales de restauración / control utilizados.

Las rutas propuestas para las tuberías aprovechan en la medida de lo posible las pendientes existentes en la morfología del relleno sanitario, que harán que el condensado se capte en los puntos bajos del sistema. No obstante deberán adaptar las pendientes necesarias mediante movimientos de tierras hasta alcanzar valores mínimos del 2% al 3%.

#### d) ESTACIONES DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN

Las estaciones de regulación y medición están compuestas por una estructura cilíndrica de PEAD receptora del biogás permitiendo la regulación del caudal entrante de cada pozo mediante válvulas de precisión tipo compuerta, con sus puntos de muestreo. Tiene unos soportes que le dan la inclinación apropiada para que los condensados recibidos de la red secundaria, de los pozos de captación, sean conducidos hacia los pozos de captación de condensados.

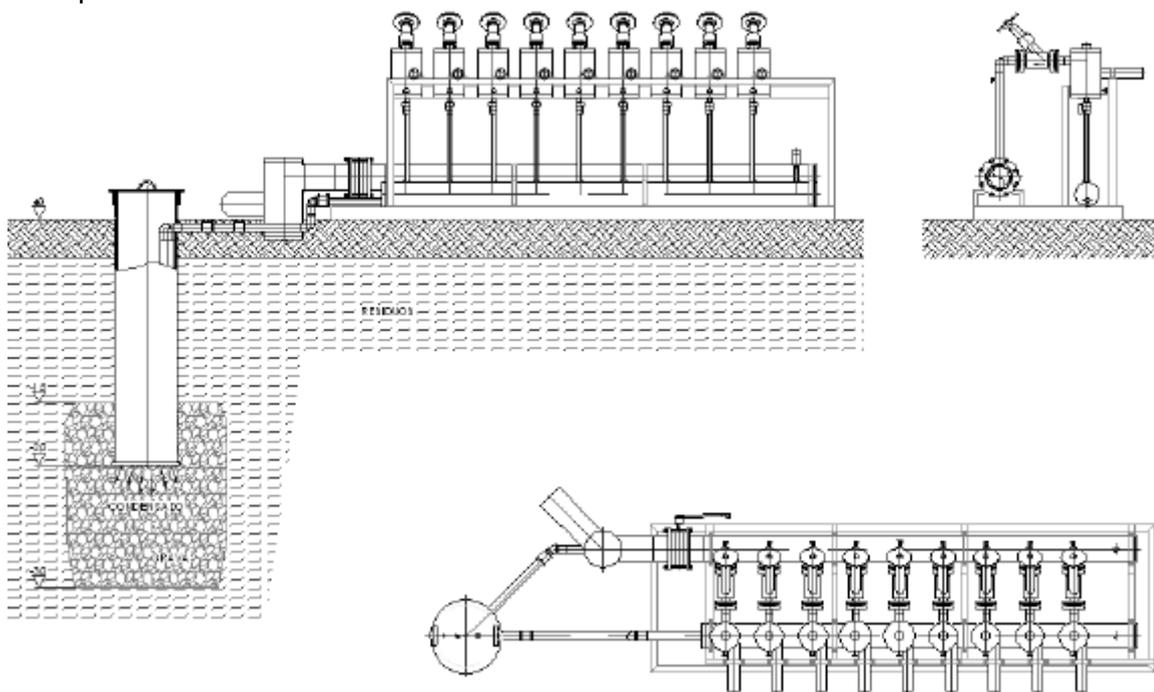


Figura 8: Ejemplo de estación de regulación

#### e) SISTEMA DE ELIMINACIÓN CONDENSADOS

##### Pozos de captación y eliminación de condensados (KOP)

Los condensados fluyen por las tuberías de la red terciaria que unen los pozos verticales con las estaciones de medición y por las tuberías de la red secundaria que unen las estaciones de medición con el colector final previo a la entrada a la central de aspiración y combustión. En cada estación de medición se une la tubería horizontal que recibe las tuberías de la red terciaria con vertiente hacia un elemento ó depósito llamado KOP (knock out pot) mediante tubería de PEAD de 32 a 40 mm de diámetro.

Beckmann, Carolina Silvia

---

Estos KOP poseerán una entrada de aire comprimido que permita obtener una presión que eleve la columna de agua del lixiviado mediante bombas neumáticas instaladas en su interior por medio de tubería de PEAD DN 50 mm. El condensado se desaloja desde estos KOP al situado en el colector final mediante una salida conectada a tubería de PEAD de 75 mm. Igualmente se instala el KOP situado en el colector final existente a la entrada a la antorcha, desde el que se extraerán los condensados recogidos en toda la red. Estos condensados pueden ser bombeados ó transportados camión cisterna hasta la balsa de lixiviados que se dispone en el relleno sanitario.



**Figura 9: Ejemplo de un pozo de captación de condensados**

Los pozos de captación de condensados tendrán las siguientes características:

- Son totalmente accesibles para cebado, bombeo, limpieza y vigilancia.
- Típicamente estarán desplazados de la tubería de captación a fin de mitigar los efectos de la subsidencia local (excepto cuando se precise unidades escalonadas).
- Disponen de puntos de acceso para medir el nivel de condensado y tomar mediciones de gas.
- Están instalados en cámaras ligeras.
- Tienen un bajo mantenimiento.

Los puntos de desagüe satisfacen los siguientes requerimientos:

- La tubería y los accesorios estarán fabricados de PEAD negro de 6 bares (máx.).
- Las uniones de las tuberías estarán fabricadas por fusión a paño, electro fusión.
- El ramal de desagüe de condensados será diseñado para alojar una succión máxima de  $-100$  mbares.
- Si se requiere más de una entrada pueden instalarse escalonadas a fin de ayudar las pendientes de la tubería, cuando sea necesario.
- Bombas neumáticas (en los puntos de desagüe).

La bomba, de desplazamiento de aire automático, es una bomba de sondeo para la evacuación de líquidos en el pozo recolector de condensados existente en la entrada del biogás a la antorcha.

Se instalará una bomba neumática en cada KOP ó pozo de captación de condensados, con su correspondiente equipo de control.

Beckmann, Carolina Silvia

---

La bomba estará accionada por aire comprimido, para evitar circuitos eléctricos en atmósfera de riesgo por la presencia del biogás, proporcionado por un compresor de aire, instalado junto al conjunto antorcha y soplantes.

La bomba funciona de la siguiente forma: cuando la bomba está sumergida, el agua se introduce a través de una válvula y el flotador interior sube con el agua entrante y abre la válvula de regulación de aire. El aire presuriza el cilindro, que abre una válvula y fuerza al agua a través de la tubería de descarga. El flotador desciende con el agua y, a un nivel predeterminado, desconecta la válvula que a su vez abre la válvula de escape. El ciclo vuelve a repetirse tan rápido como pueda rellenarse el cilindro.

El sistema no puede bombear hasta que se recargue el cilindro, lo que significa que la bomba no puede sobre bombear el pozo de sondeo. En las situaciones en las que el suministro está bajo o cuando se extiende el tiempo de recarga por la razón que fuere, el compresor se desconectará. Sin embargo, la bomba continuará funcionando utilizando el aire almacenado en el depósito del compresor, lo que ahorra energía.

El sistema se encontrará en espera hasta que la bomba demande aire para bombear la acumulación de líquido.

La instalación se realizará suspendiendo la bomba desde la brida ciega en la parte superior del pozo de gas a la profundidad de extracción requerida del nivel del líquido. La brida ciega también llevará instalados accesorios de contención a fin de permitir que los suministros de aire y de lixiviación entren en el pozo a través de accesorios estancos al gas.

#### **Pozos de condensados en línea terciaria**

Adicionalmente a los KOP mencionados, en los casos en que la pendiente del terreno, o la regulación de la misma, no permite un desagüado de los condensados en un solo sentido se requerirá la instalación de puntos intermedios de desagüe de condensados en línea o en cabeza de pozo, según el perfil final conseguido.

El objeto de estos puntos de desagüe automáticos es asegurar que el condensado no se acumula en las tuberías y por lo tanto no inhiba el caudal de gas.

Cada elemento de desagüe consiste en un pequeño pozo de acumulación conectado a la red terciaria con filtro y válvula antiretorno que se abre cuando la columna de líquido sobrepasa una determinada presión ya estipulada que define la tensión del muelle más la correspondiente a la aspiración. El desagüe se lleva a la masa de residuos.

#### **f) COLECTOR FINAL**

El último elemento de la red de desgasificación antes de la entrada a la antorcha de combustión es el colector final donde desembocan las tuberías de la red secundaria.

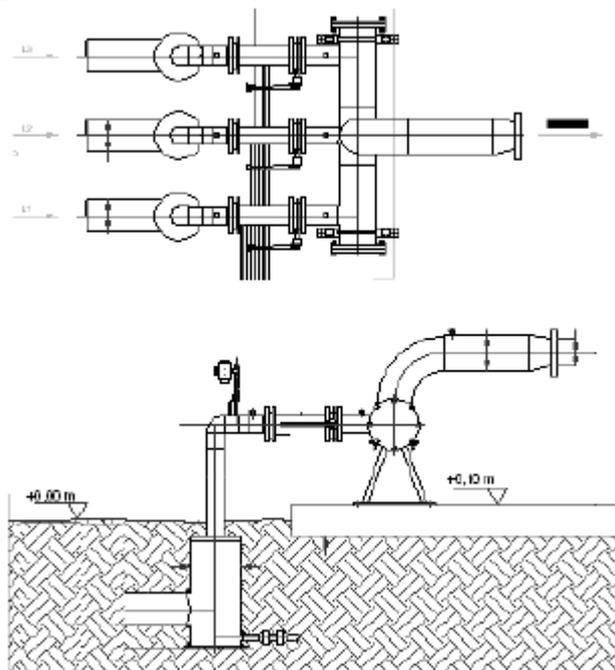
Este colector está localizado justo antes de la entrada a los motores de compresión para alimentar a éstos desde un único punto de entrada.

El colector está fabricado en PEAD, conectado a las tuberías de la red secundaria mediante brida de aluminio según las necesidades. Dispone de válvula de regulación en cada una de las entradas, válvula de regulación de mariposas y sistema de acumulación de condensado y bomba eléctrica.

Beckmann, Carolina Silvia

El colector final cuenta con un pozo de acumulación y evacuación de condensados donde se recogen los condensados provenientes de la red secundaria y los condensados producidos en el resto de equipos aguas abajo.

En el mismo foso del colector se alojará el pozo de PEAD de entre 1 y 3 m de profundidad y unos 1,5 a 3 m<sup>3</sup> de capacidad desde donde se bombeará de manera análoga al resto de pozos instalados en línea.



**Figura 10: Ejemplo de colector final**

#### **g) CENTRAL DE ASPIRACIÓN Y COMBUSTIÓN - CONJUNTO ANTORCHA SOPLANTE**

Se deberá instalar una antorcha con sistema de succión incorporado con una capacidad de quemado igual o superior al volumen de gas captable calculado según el modelo teórico y una capacidad de succión suficiente.

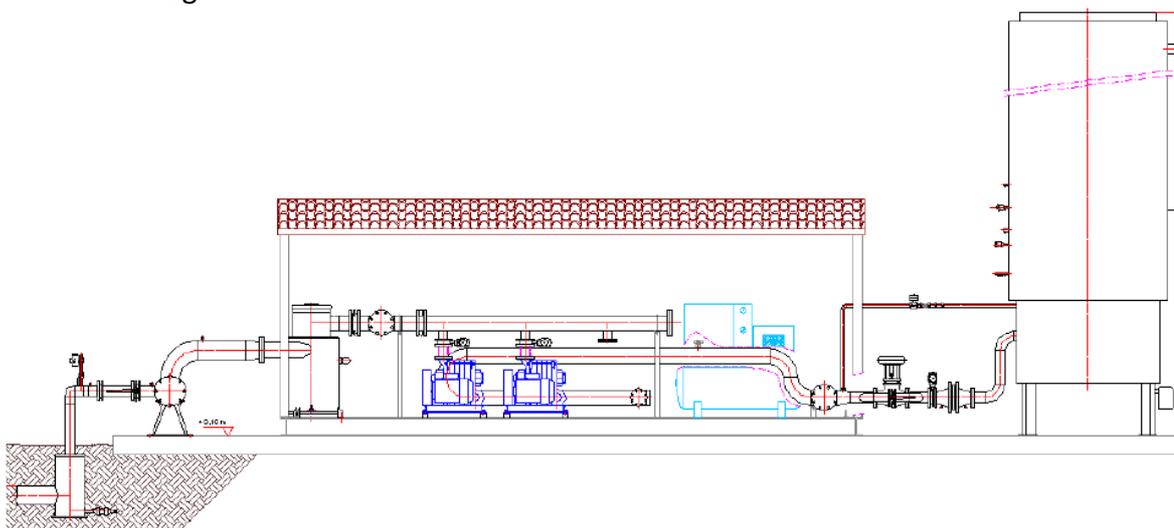
En la cámara de combustión de la antorcha hay un sistema de quemadores que proporciona una alta eficiencia en la combustión del gas. La cámara de combustión, que está diseñada para mantener la llama encerrada bajo condición normal de operación, es lisa con un grosor de material cerámico que retiene el calor de la llama manteniendo la cámara a una alta temperatura a 1.000 - 1.200 °C, y con un tiempo de permanencia que típicamente excede los 0,3 segundos. Esto asegura que se hayan eliminado los elementos indeseables que componen al biogás en un 99%.

Las características específicas de un equipo compacto son los siguientes:

- Caudal: Nm<sup>3</sup>/h.
- Succión: mbar.
- Capacidad del quemador: kW.
- Bomba centrífuga.
- Retención de llama, con puntos de muestreo de presión diferencial.
- Acero galvanizado para las tuberías de interconexión interiores.

Beckmann, Carolina Silvia

- Galgas de presión de entrada y salida.
- Válvulas de control manual del gas.
- Puntos de muestreo del gas.
- Sistema de vaciado de condensados.
- Partes metálicas a tierra.
- Ventanilla de visión de llama.
- 110 mm de cerámica aislante en toda la cámara de combustión para mantener la pared externa fría y alargar la vida útil.
- Varios puntos de muestreo preinstalados para la medida de las emisiones contaminantes a la atmósfera.
- Sistema de ignición por chispa de alta temperatura en el extremo del fogón.
- Detección de la llama por rayos ultra violeta y sensor de temperatura termopar.
- Aperturas de entrada de aire de graduación automática y manual hacia la cámara de combustión.
- Colector de acero galvanizado para la entrada del gas, instalado con válvulas de aislamiento de 3 vías.
- Panel de control centralizado, con indicadores de marcha, fallo y visores de temperatura.
- Reencendido automático cuando la llama se apaga.
- Válvula de corte rápido neumática o eléctrica, que previene de la emisión de biogás a la atmósfera.



**Figura 11: Esquema central de aspiración y combustión**

#### **h) INSTALACIONES AUXILIARES**

Para el funcionamiento de los equipos de aspiración y combustión, y evacuación de lixiviados la instalación requiere de una acometida de suministro eléctrico para el funcionamiento de los motores de compresión, cuadros de análisis y bombas principalmente.

### 3.4.5. SISTEMA DE EXTRACCIÓN, CAPTACIÓN Y CONTROL DE LIXIVIADOS

#### 3.4.5.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LIXIVIADOS

Para la evacuación de las aguas pluviales caídas sobre el vaso de vertido, junto con los lixiviados producidos por el propio material depositado, se dispondrá una capa de drenaje de lixiviados en el fondo del vaso de vertido.

La capa de drenaje estará formada por áridos silíceos de tamaño 20 - 40 mm y permeabilidad de al menos  $10^{-2}$  cm/s con pendientes adecuadas para facilitar el drenaje de los lixiviados. El espesor será de 0,5 metros en todos los puntos.

En los taludes, zonas de pendientes iguales o superiores al 18 - 20 %, esta capa de grava será sustituida por un geocompuesto drenante dadas las dificultades constructivas, que a su vez cumplirá la función de protector de la lámina de PEAD y se eliminarán los geotextiles ya que el geocompuesto indicado estará formado por uno o dos geotextiles y una geored.

La red de evacuación de lixiviados se diseña con un ramal principal y varios ramales secundarios. El ramal principal confluye en el punto más bajo del relleno sanitario.

La red de lixiviados así configurada estará formada por tuberías ranuradas y colocadas en zanja y rellenas de material drenante (gravas fundamentalmente) en toda la superficie con diámetros de 160 mm. A modo indicativo se presenta la siguiente figura:

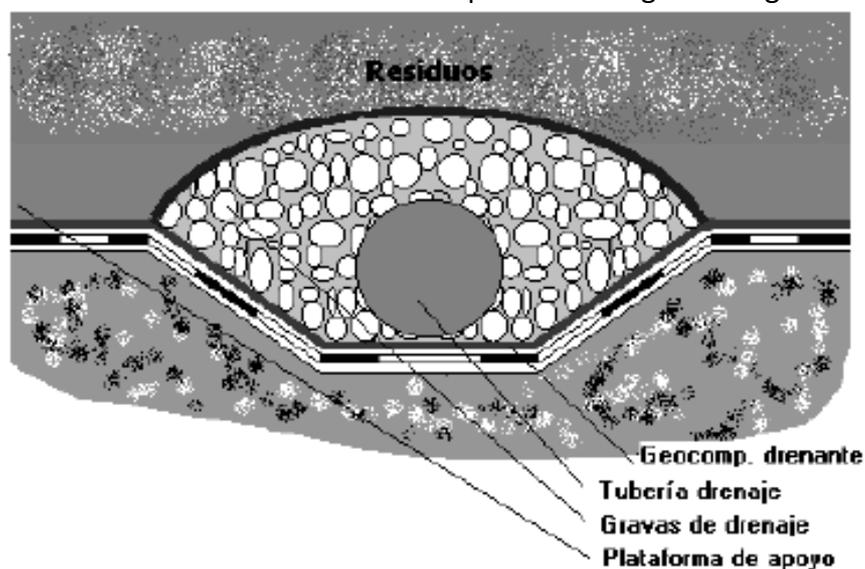


Figura 12: Detalle colocación red lixiviados

Las pendientes de desagüe tendrán un valor mínimo del 2% transversal y 1% longitudinal.

Los lixiviados serán canalizados por gravedad a través de la capa de drenaje de lixiviados hasta un depósito situado en el fondo del vaso, rellena y protegida mediante gravas. Dicho depósito, permite la entrada del lixiviado para su posterior extracción por gravedad hasta la balsa a través de una tubería de PEAD de  $\varnothing$  355 mm.

### **3.4.5.2. Balsa o estanque de almacenamiento de lixiviados**

Los lixiviados serán conducidos a una balsa de recogida de lixiviados que será proyectada. La función de dicha balsa es la siguiente:

- a) Recoger los lixiviados del fondo del relleno sanitario procedentes del propio vertido.
- b) Recoger el agua de percolación caída sobre el relleno sanitario en caso de lluvias fuertes.
- c) Almacenar y disminuir la producción de lixiviados por evaporación en la balsa.

El cálculo está desarrollado en mayor detalle en “ANEXO D: DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN MÍNIMO DE LA Balsa DE LIXIVIADOS”

El volumen mínimo de la balsa de almacenamiento de lixiviados será igual a  $VB = 20.700 \text{ m}^3$

La profundidad de la balsa de lixiviados se fija en 3 metros y sus dimensiones en planta serán de 100 m x 69 m.

### **3.4.6. DRENAJE PLUVIAL**

Se determinarán las dimensiones necesarias para las cunetas perimetrales previstas en el vaso de vertido, con el fin de que las aguas pluviales caídas en las cuencas colindantes a la instalación sean recogidas y conducidas hasta una balsa, denominada, balsa de almacenamiento de aguas pluviales, con lo que se consiguen los siguientes beneficios:

- Por una parte se evita la entrada de aguas pluviales en el interior del vaso de vertido y, por tanto, la generación de lixiviados, con el consecuente ahorro en su gestión.
- Por otra parte se obtiene una fuente de agua limpia, necesaria para el riego de los caminos perimetrales y de los jardines presentes en la instalación.

Para el cálculo del caudal de referencia se utilizará el método hidrometeorológico, el cual se basa en la obtención de la intensidad media de precipitación para un periodo de retorno determinado y para un tiempo de concentración dado para la cuenca en estudio.

Una vez obtenido el caudal de referencia se diseñará la sección necesaria de las cunetas para evacuar dicho caudal utilizando para ello la fórmula de Manning la cual es de aplicación en aquellos casos en que la pendiente del cauce no supera el 8%, valor considerado como máximo aconsejable.

Por otra parte, se obtendrá el volumen mínimo de almacenamiento necesario que deberá presentar la balsa de almacenamiento de lixiviados que se ha previsto con el fin de que sea capaz de albergar la cantidad de estos efluentes líquidos que se extraerán del interior de la masa de residuos en función de la máxima lluvia que se puede producir en la zona para un periodo de retorno determinado.

En primer lugar se proyectarán las cunetas necesarias, procediendo a la determinación del volumen de almacenamiento de lixiviados necesario posteriormente.

Beckmann, Carolina Silvia

---

### **3.4.7. ÁREA DE EMERGENCIA**

El área de emergencia en un relleno sanitario es un área destinada para la recepción de los residuos cuando, por fenómenos naturales o meteorológicos, no se permita la operación en el frente de trabajo del área de vertido.

Para ello se debe habilitar un área especialmente protegida para el depósito temporal de los residuos durante un tiempo mínimo de 3 días. En esta área se realizará la descarga de los residuos entrantes, su almacenamiento temporal y su posterior retirada a la celda o zona de vertido que corresponda.

La adecuación de esta área para la protección ambiental del entorno, a la vez que la correcta operación debe considerar:

- Impermeabilización de la superficie
- Creación de una red de recogida de lixiviados conectada a la red de recogida de lixiviados del vertedero
- Adecuación de la zona para el tránsito de vehículos en condiciones adversas.

Para cumplir estos objetivos el área de emergencia debe ejecutarse de acuerdo a las siguientes recomendaciones.

Una primera capa de suelo granular para el drenaje de las pluviales infiltradas en el área alrededor de los residuos y evitar la formación de embalsamientos en la superficie de trabajo próxima. Espesor recomendable de esta capa 10 cm.

Capa de geotextil de protección equivalente al utilizado para la impermeabilización de las zonas de vertido; de espesor 3 mm y densidad 350 g/m<sup>2</sup>.

Lámina de impermeabilización equivalente a la utilizada para la impermeabilización de las zonas de vertido, lámina de PEAD de espesor mínimo 2 mm.

Capa de hormigón armado de espesor suficiente. El condicionante será la densidad del tráfico pesado en la zona para las operaciones de descarga y posterior retirada de los residuos con maquinaria pesada.

Murete perimetral de protección de 60 cm de altura que servirá para la contención de residuos, evitar la entrada de aguas pluviales de la zona periférica y contener los lixiviados y escorrentía de los residuos

Canaleta de recogida de lixiviados. Será una canaleta con rejilla para la recogida de los lixiviados y escorrentía producidas por la masa de residuos que comunicará con la propia red de recogida de lixiviados del relleno para llevarlo al tratamiento que corresponda. Las dimensiones de esta canaleta estarán en función de la superficie resultante del área de emergencia y las precipitaciones de la zona.

En el ANEXO E: DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL ÁREA DE EMERGENCIA se encuentra el cálculo de la misma, obteniéndose un área de emergencia de 655 m<sup>2</sup>.

### **3.4.8. OBRAS COMPLEMENTARIAS**

Tales como: Caminos de acceso y caminos interiores, cerco perimetral, caseta de vigilancia y control de acceso, báscula, agua potable, electricidad, drenaje, vestidores y servicios sanitarios, franja de amortiguamiento (mínimo 10 metros), oficinas, servicio médico y seguridad personal.

## **“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

Se recomienda situar la báscula justo a continuación de la entrada principal del relleno (control de entrada), báscula y entrada constituirán la barrera de separación entre las partes interior y exterior del conjunto de los accesos.

La parte externa de los accesos debe cumplir con las siguientes exigencias:

Suficiente espacio de estacionamiento para los camiones que esperan su turno de entrada (100 a 150 m); El ancho de la vía de acceso al relleno en las inmediaciones de la entrada, donde los camiones estacionados esperan su turno, será de 8 m como mínimo mientras que el resto de la vía debe tener una anchura mínima de 6 m. El firme de la carretera debe estar preparado para soportar tráfico pesado.

Una buena iluminación y señalización es recomendable.

Se recomienda la realización de un firme adicional de 0,5 m de ancho en material antideslizante, como elemento protector del borde de la carretera.

Se recomienda la construcción de una zanja de drenaje paralela a la carretera de acceso.

Dentro del relleno sanitario se establece un diseño del tránsito perimetral sobre vial de anchura suficiente entre 4 a 6 m alrededor de todo el relleno sanitario, que permita el tráfico fluido de los camiones. Desde este vial perimetral salen los ramales suficientes para la entrada a las distintas zonas de vertido de dimensiones similares, con un flujo igualmente perimetral alrededor de estas zonas para hacerlo más ágil, evitando cruces de vehículos, esperas en las entradas y salidas de las zonas de vertido y facilita la maniobrabilidad en curvas y puntos singulares.

Para el trazado de los viales interiores un condicionante importante es el radio de giro necesario para la correcta maniobrabilidad de los camiones.

Para el correcto funcionamiento del relleno se debe llevar un estricto control de accesos y registro de entrada de vehículos, personal, y sobre todo de la entrada de residuos. Para llevar a cabo este control se necesitará ofrecer las instalaciones apropiadas para alojar los medios y el personal dedicado a ello. La configuración de los accesos debe permitir la entrada por un único punto de acceso donde se ubicará la caseta de vigilancia y control de acceso para permitir un control visual adecuado del tráfico entrante y saliente.

La báscula es un equipamiento de gran importancia para llevar a cabo un registro adecuado de las cantidades de residuos que entran en el relleno. La báscula debe estar situada en el punto de acceso, a una distancia limitada para, primero, asegurar que todos los vehículos que transportan residuos sean correctamente pesados y, segundo, para realizar esta operación sin desviar de su ruta ni interferir en el tráfico interno. La situación del puesto debe permitir que se realicen los trámites normales sin la necesidad de que los transportistas bajen del camión, instalando máquinas expendedoras de tickets de vertido a la altura de la cabina de los camiones.

El número de básculas depende principalmente del tráfico de vehículos de residuos, no tanto de la capacidad del relleno. Deberá considerarse el tránsito en horas punta, será condicionante para evitar esperas de vehículos, teniendo en cuenta que el tiempo de parada para la correcta pesada, identificación y registro de será de aproximadamente 5 minutos.

Beckmann, Carolina Silvia

---

Para los trámites administrativos, la ocupación de más personal administrativo, de gestión y dirección, y para la celebración de posibles reuniones se requiere, en los rellenos de mayor tamaño, la dotación de oficinas. Se deberán integrar igualmente en la zona de acceso, para limitar los accesos innecesarios de vehículos y personal más allá en la zona de vertido.

Aprovechando la construcción del edificio de oficinas se recomienda integrar el resto de edificaciones e instalaciones sanitarias, vestidores y otras adaptaciones para el personal en el mismo edificio aprovechando la calidad de la edificación.

Los requerimientos de equipamiento en el edificio de oficinas dependerán del número de personas que trabajen en total en el relleno.

Se recomienda habilitar una zona de estacionamiento cerca de las oficinas en la zona de acceso para abandonar los vehículos particulares en una zona previa a la zona de trabajo y zonas de circulación de maquinaria.

En último lugar, para proteger de la dispersión de residuos e impedir el acceso incontrolado de personas o animales al sitio deberá estar limitado y protegido por un cerramiento de una altura mínima de 2,5 m. Interior a este cerramiento se deberá respetar una franja de amortiguamiento de mínimo 10 metros para el mantenimiento de los conductos y como zona de limpieza.

Esta franja de amortiguamiento se puede aprovechar para la plantación de un cerramiento vegetal que minimice el impacto visual del relleno.

### **3.5. ALTERNATIVAS PROPUESTAS**

#### **3.5.1. Alternativa N° 1**

En esta alternativa se propone mejorar las condiciones actuales del basurero municipal, trasladándolo al lugar seleccionado anteriormente y convirtiéndolo en un vertedero controlado.

Se plantea utilizar como impermeabilización de la base y laterales del vertedero una barrera formada con una capa mineral de suelo seleccionado compactado. El coeficiente de permeabilidad vertical del suelo será  $K_f \leq 10^{-7}$  cm/s y el espesor del manto igual a 0,60 metros. Se realizarán los correspondientes sistemas de drenaje para recolección de lixiviados y pluviales, y su posterior tratamiento. No se realizará captación de biogás ni cobertura diaria de los residuos. El predio estará cercado y dentro de la franja de amortiguación se implantará una cortina forestal para evitar la propagación de olores y reducir el impacto visual.

#### **3.5.2. Alternativa N° 2**

Para esta segunda alternativa se propone construir un relleno sanitario con todas las instalaciones y equipos necesarios para su buen desempeño, el cual se localizará en el lugar seleccionado con anterioridad.

Constará de impermeabilización de la base y laterales con una barrera formada con una capa mineral de suelo seleccionado compactado, el coeficiente de permeabilidad vertical del suelo será  $K_f \leq 10^{-7}$  cm/s y el espesor del manto igual a 0,60 metros. Por

Beckmann, Carolina Silvia

---

encima se le adicionará una barrera artificial formada con una geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD) y geotextiles de ambos lados como refuerzo. Se realizarán los correspondientes sistemas de drenaje para recolección de lixiviados y pluviales, y su posterior tratamiento. Se realizará captación de biogás y la cobertura diaria de los residuos. El predio estará cercado y dentro de la franja de amortiguación se implantará una cortina forestal.

### **3.6. MEMORIA DESCRIPTIVA COMÚN A AMBAS ALTERNATIVAS**

Todo relleno sanitario deberá estar diseñado y ejecutado de forma que cumpla las condiciones necesarias para impedir la contaminación del suelo, de las aguas subterráneas o de las aguas superficiales y garantizar la recogida eficaz de las emisiones perjudiciales, procurando igualmente una armonía e integración estética con el paisaje.

#### **3.6.1. Cerco perimetral**

Se restringirá el acceso directo al predio mediante un cerco perimetral, la entrada se realizará por un portón con una oficina de vigilancia y control de peso de los vehículos tanto del municipio como de terceros. El terreno estará rodeado de un cerco perimetral conformados por postes de hormigón premoldeados.

Los esquineros de sección 12,5 x 12,5 cm se colocan en los ángulos de aproximadamente 90°. Los refuerzos de sección 12,5 x 12,5 cm se colocan cada 24 o 28 m. Los postes intermedios de sección de 10 x 10 cm se colocan cada 4 m.

Los puntales de sección de 7 x 7 cm, se acoplan a los postes esquineros y/o refuerzos. Las fundaciones de los postes se realizan a una profundidad de 90 cm con una mezcla de hormigón pobre, hormigonando además un cordón inferior una vez colocado el alambre tejido para fijarlo adecuadamente al terreno.

Se usará tejido romboidal de alambre liso de mediana resistencia de 2,00 m de altura, con planchuelas y tensores en los extremos para su tensado. Todos los accesorios a utilizar son galvanizados.

En la parte superior de los postes ménsula inclinada se colocan tres hilos de alambre de púas acerado, de alta resistencia. Los hilos de alambre se tensan con torniquetes al aire N° 7.

Este cerco contará con un portón de acceso de dos hojas, construido de caño estructural y malla metálica o alambre romboidal.

#### **3.6.2. Zona de amortiguación**

El relleno sanitario estará rodeado de una zona de amortiguación. Se computará un ancho de 20,00 m que contendrá en la mayor parte de su perímetro un cerco vivo bajo, desagües pluviales de 1,00 a 1,50 m y 0,50 m de profundidad y 2,00 m para la implantación de especies arbóreas importantes.

Se constituirá de un cerco bajo de ligustrina (*Ligustrum ovalifolium*) sobre todo el cerco perimetral y una cortina forestal de casuarinas (*Casuarina cunninghamiana*) y ligustros

Beckmann, Carolina Silvia

---

(*Ligustrum lucidum*), eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), álamo blanco piramidal (*Populus alba cv bolleana*) y álamo blanco coposa (*Populus alba cv nívea*).

Sobre el lado Sur del predio donde se ubica la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales y Lixiviados (orientado al Norte) se pondrá solo un cerco bajo de ligustrina para permitir la mayor cantidad de horas de sol a las lagunas aeróbicas, sobre el costado Norte del predio y sobre el cual se ubica el sector de compostaje se colocará una cortina forestal, cassuarina (*Casuarina cunninghamiana*) y grevillea (*Grevillea robusta*) para evitar evaporación y dar reparo.

Para sombrear en verano las oficinas, garita de acceso y planta de clasificación se elegirán las especies caducas para permitir el sol en invierno sobre la cortina forestal orientada al Este y Norte. Se usará arce (*Acer negundo*), ligustro disciplinado (*Ligustrum lucidum cv Aureovariegatum*), lambertianas (*Lambertiana aurea*), crespones, prunus (*prunus ceracifera*), plátanos. El cerco bajo se dispondrán en línea con una densidad de tres plantas por metro y en el caso de la cortina forestal una separación de 1,40 a 1,60 m para los álamos y de 4,00 a 6,00 m para las otras especies.

Otras especies vegetales a los fines paisajístico y que también fueron evaluadas por su buen desempeño en la forestación rellenos sanitarios son: Jacarandá, sauce, lapacho araucaria, fresno (*Fraxinus americana*); acacia australiana (*Acacia melaxylon*); ceibo (*Reythina crita.galli*) y tala (*Celtis tala*).

Los terraplenes también deben ser protegidos con alfombra vegetal para minimizar la erosión.

Cuando los módulos estén por finalizar o hayan finalizado su operación se estudiará la implantación de especies adaptables sobre los mismos y en sus laderas, construyendo camellones de tierra o la utilización de hoyas.

Las limitantes en estos casos son: el tirante del suelo de cobertura y los productos derivados de la descomposición de la basura, principalmente gases y lixiviados.

### **3.6.3. Módulo**

Constituye en este proyecto las unidades de diseño rodeadas por terraplenes de circulación. Desde el punto de vista constructivo, este módulo conforma un recinto estanco que impida la migración lateral y vertical de gases y de líquidos lixiviados hacia el exterior o al acuífero. Estas condiciones se cumplirán al construir los terraplenes perimetrales y la impermeabilización de fondos y taludes de acuerdo a lo establecido en 3.4.3 SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN.

Se contempla la construcción de un módulo para la disposición de residuos sólidos urbanos y asimilables.

Con una capacidad total de 270.000 m<sup>3</sup>, dividido en dos celdas para su mejor operación, para la disposición final de los residuos. La conformación final de cada celda deberá presentar pendientes definidas conforme a los siguientes criterios: estabilidad de taludes; máximo escurrimiento; mínima infiltración; mínima erosión y adecuadas pendientes a fin de integrarse con el paisaje circundante.

Beckmann, Carolina Silvia

---

El diseño contempla el relleno del módulo en etapas, es decir en capas o escalones cuyos tirantes (espesores de residuos), deberán ser indicados en la manual de operación, así como la secuencia y cronograma de construcción correspondientes.

#### **3.6.4. Celdas**

Surgen de la división del módulo mediante bermas de separación las que serán impermeabilizadas artificialmente. Su cantidad y distribución dependerán de las necesidades operativas. Estas bermas tendrán una altura mínima de 1,00 m, debiendo mantener su coronamiento en cota constante. El suelo necesario para su construcción deberá obtenerse de la excavación del módulo, de la zona de préstamo o de aporte externo.

#### **3.6.5. Celdas diarias**

Surgen de la división de las celdas en unidades operativas diarias. En el manual de operación se establece la metodología y el ordenamiento secuencial del relleno, así como las dimensiones de las celdas. En el desarrollo de esta metodología se pondrá especial cuidado para que, el tratamiento del fondo de las celdas determine una superficie uniformemente tratada en todo el módulo.

El fondo de las celdas tendrá un sistema de drenaje adecuado con pendientes del 1 – 2% para facilitar la concentración del líquido lixiviado. El escurrimiento hacia los colectores y bocas de captación será del 2% estando constituidas por caños de PVC ranurados o perforados de 110 mm de diámetro recubiertos con grava y geotextil y las extracciones desde estas últimas serán por caños de PVC ranurados de 355 mm.

#### **3.6.6. Bermas operativas y drenes de colección de lixiviados**

Se diseñarán y construirán en el interior de los sectores bermas operativas para separar las aguas de lluvia de los líquidos lixiviados y drenes de colección de lixiviados para su conducción hasta los sumideros para su extracción. Las bermas de operación deberán tener una altura de 1,00 m, como mínimo. El suelo necesario para la construcción de las mismas será obtenido de la excavación del módulo, de la zona de préstamo o de aporte externo.

#### **3.6.7. Terraplenes perimetrales y caminos de circulación permanentes**

Son los que conforman y delimitan el módulo a construirse y que son utilizados anclar la membrana en el relleno sanitario. Los mismos deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Pendiente externa máxima de taludes laterales: 2H:1V
- Pendiente interna máxima de taludes laterales: 1,5H:1V
- Ancho mínimo de coronamiento: 2,00 m
- Cota de coronamiento mínima: 0,80 m por encima de la cota de inundación con una recurrencia de 50 años.

Beckmann, Carolina Silvia

---

El suelo deberá ser compactado durante su colocación hasta el 95% de la máxima densidad del ensayo de Próctor Standard. Las últimas capas que constituirán la base de la superficie de rodamiento, deberán ejecutarse con suelo seleccionado de calidad adecuada para tal fin.

La capa de suelo vegetal correspondiente a la caja de asiento de los terraplenes a construir deberá ser retirada, a efectos de favorecer la continuidad entre el terreno inmediatamente subyacente a la misma y el núcleo de dichos terraplenes. Este manto de suelo vegetal, así como el que se extraiga de toda la superficie del módulo a construir no podrá ser utilizado para la construcción del núcleo de estos terraplenes, quedando limitado su uso para el revestimiento de los taludes externos de los terraplenes a construir como así también a la conformación del estrato superior de la cobertura de los residuos compactados, debiendo quedar acopiado en el predio o en préstamos al final del proyecto.

La capa de rodamiento deberá estar constituida por una carpeta de piedra caliza de espesor no menor de 0,15 m y contará con un ancho de 6,00 metros.

Los taludes exteriores de los terraplenes deberán ser sembrados para evitar su erosión. Se utilizará una mezcla de semillas de gramíneas que permita una cobertura a lo largo de todo el año.

### **3.6.8. Caminos temporarios**

El avance de las obras de relleno sanitario obliga a implementar la construcción de caminos de servicio sobre residuos. Su ubicación relativa en los módulos a rellenar obedece a diversos factores que hacen a la eficiencia del relleno propiamente dicho y rendimiento óptimo de los equipos (distancia de empuje, tiempo de distribución, descarga de residuos, etc.). Por lo tanto se deberán subdividir el módulo en unidades de operatividad adecuada en lo que hace al relleno y su cobertura.

Otro aspecto de suma importancia, que hace al diseño y ejecución de estos caminos es el referido a las exigencias a que se verán sometidos a lo largo de la obra, tanto de índole climática, de carga; así como sus pendientes; por lo tanto, deberá asegurarse que sean permanentemente transitables en óptimas condiciones. El ancho de estos caminos con banquetas deberá ser como mínimo de 6,00 metros. El paquete estructural mínimo corresponde a un núcleo de suelo apto para este fin, asentado sobre la correspondiente cobertura primaria de los residuos ya ejecutada.

La secuencia constructiva deberá ser la siguiente: Se distribuirá una primera capa de suelo sobre la cobertura primaria de los residuos, compactándose con el equipo adecuado, cuidando que la intensidad de las cargas no dañe la superficie de la cobertura primaria que le sirve de sustento. El espesor compactado deberá ser de 0,30 metros. Terminadas las tareas de compactación de esta capa se colocará un geotextil no tejido de no menos de 300 g/m<sup>2</sup>. Sobre el geotextil se distribuirá un manto de suelo convenientemente compactado de 0,30 m de espesor. Concluido el aporte de suelo arcilloso se deberá someter al camino a una prueba de carga con el tránsito de camiones cargados a su máxima capacidad, esta prueba se repetirá por varios días y se irán reparando las fallas que pudieran presentarse. Una vez comprobada que la respuesta a

Beckmann, Carolina Silvia

---

las cargas de tránsito es adecuada se procederá a la ejecución de la carpeta de rodamiento, que como mínimo deberá ser construida con cascotes de demolición (libres de hierros u otros objetos punzantes, para evitar pinchaduras de neumáticos en los vehículos que circularán por los mismos) o piedra partida. El material para la carpeta de rodamiento una vez descargado sobre los caminos temporarios será distribuido en capas uniformes por medio de topadora y perfectamente compactado, debiendo en todo momento mantenerse los caminos temporarios en el mejor estado de conservación, eliminando en forma inmediata los baches y depresiones que pudieran producirse.

En el caso de que se contemple realizar la subdivisión de los módulos en sectores con terraplenes cuyo núcleo sea de residuos, los taludes y banquinas deberán contar con cobertura primaria. Para evitar deslizamientos, eventuales escapes de líquido lixiviado y olores, los taludes tendrán una pendiente máxima 8H:1V.

Una vez finalizado su uso temporario, los materiales aportados a estos terraplenes deberán ser removidos, pudiendo ser reutilizados. Teniendo en cuenta que la superficie final del relleno deberá presentar una topografía uniforme y continua, se deberá extraer el material de rodamiento y parte del material de la rasante de los caminos temporarios ubicados sobre zonas del módulo que alcance la cota final, rellenándose la depresión resultante con suelo vegetal hasta alcanzar la misma altura.

### **3.6.9. Playas de descarga**

En el diseño se considera la capacidad soporte del núcleo, la carpeta de rodamiento, la superficie de las playas, la circulación de los vehículos, equipos y maquinarias así como los drenajes, teniendo en cuenta su uso bajo cualquier condición climática.

Su ubicación relativa con respecto a la celda a llenar, teniendo en cuenta las pendientes a lograr y la distancia de carreteo de los equipos. Las distintas clases de vehículos que transportarán residuos (semirremolques, compactadores, volcadores, de descarga automática y manual, porta volquetes, etc.), a efectos de agilizar y facilitar las operaciones. El ancho de las mismas deberá ser tal, que permita cumplimentar lo expresado en los ítems precedentes y además lograr minimizar la superficie de residuos expuesta. Se deberá señalar en ambos extremos, el ancho de las playas de descarga en operación, no permitiéndose vuelcos en otros sectores hasta alcanzar la cota de proyecto.

### **3.6.10. Drenajes y control de inundaciones**

El control adecuado de los drenajes superficiales asegurará el acceso de vehículos, la maniobrabilidad de equipos, permitiendo reducir al mínimo la penetración de líquido y la consecuente generación de lixiviado. Deberá posibilitarse un rápido escurrimiento de las aguas mediante cunetas de drenaje y alcantarillas que servirán a las zonas de relleno terminadas y a las que se encuentran en operación.

Para lograr el objetivo buscado, se deberán cumplimentar los siguientes aspectos que deberán tenerse en cuenta en la realización del proyecto hidráulico:

La pendiente sobre el relleno a nivel final de proyecto, en cualquier punto de la topografía durante su construcción deberá ser del 5 % como valor mínimo para favorecer el escurrimiento y reducir la acumulación de agua en la superficie. Para las pendientes

Beckmann, Carolina Silvia

---

adoptadas, deberá estudiarse la posibilidad de erosión en la superficie resultante por acción del agua de lluvia y en caso necesario, proyectar canalizaciones revestidas y/o tuberías de descarga para evitar erosiones e infiltración de agua dentro del módulo. La topografía final de la superficie del relleno estará diseñada para que las aguas superficiales se alejen del mismo.

Todo el drenaje superficial estará dirigido hacia el sistema existente y canales a construir.

Para que el agua de lluvia que queda retenida dentro de los módulos en operación no tome contacto con los residuos o líquidos lixiviados, deberá diseñarse un sistema de bermas de separación transversales a la dirección del escurrimiento y se deberá efectuar su bombeo inmediato hacia la red de drenaje. Estas bermas deberán estar impermeabilizadas con las mismas características que el fondo de celda, tratando además de minimizar la utilización de suelo.

En todo momento se contemplará el drenaje de aguas de lluvia y captación de líquido lixiviado, según corresponda, del sector en operación, mediante el bombeo, de acuerdo a la distribución de las celdas proyectadas en el mismo, las que estarán delimitadas por bermas de operación; lográndose de esta manera que la disposición final de los residuos se efectúe sin la presencia de líquidos.

Como parte integrante del proyecto hidráulico se podrán construir alcantarillas perimetrales a los módulos, conectadas al sistema de escurrimiento o terreno natural, las características de las mismas deberán definirse en el proyecto hidráulico pero deberán estar separadas entre sí una distancia máxima de 50,00 m, los caños de cruce deberán ser de acero y con un diámetro a definir en el proyecto hidráulico, construidas de acuerdo a las reglas del arte, con los correspondientes disipadores de energía.

En el caso que se opte por el relleno de los módulos en etapas posteriores por capas o escalones, se deberá contemplar el drenaje desde los distintos estratos mediante caños o canalizaciones revestidas. No se permitirá la construcción de cunetas sobre zonas rellenadas con residuos, a excepción de las correspondientes a caminos temporarios y playas de descarga.

El área afectada del módulo que por el avance de las operaciones no se encuentre impermeabilizada, deberá mantenerse permanentemente libre de agua, debiéndose adoptar los recaudos necesarios para su escurrimiento superficial y captación correspondiente para su extracción fuera del módulo y su posterior envío hacia la red de drenaje.

### **3.6.11. Impermeabilización**

El módulo del relleno sanitario deberán contar como mínimo con una barrera geológica equivalente a 0,60 m de suelo con una permeabilidad vertical ( $K_f$ ) igual o menor a  $10^{-7}$  cm/s. El método que deberá utilizarse para determinar el coeficiente de permeabilidad mencionado del estrato de suelo correspondiente al primer metro que estará bajo la base del relleno sanitario, será mediante permeámetro de carga variable sobre muestras inalteradas extraídas cada 10 cm, tomadas sobre la misma vertical, siendo

Beckmann, Carolina Silvia

---

necesario garantizar la representatividad de las muestras con un nivel de confianza del 95% y un error de la media del 10%.

En caso de no contarse con una barrera geológica natural de esas características, deberá lograrse artificialmente. Esta barrera geológica deberá también cubrir los taludes internos del módulo.

### **3.6.11.1. Características de las membranas (en el caso de ser requerido)**

#### **Control de calidad**

Se implementará un programa detallado de control de calidad de la impermeabilización, asentando en planillas todas las certificaciones, controles, ensayos y aprobaciones relacionadas con dicha tarea, adjuntando la documentación que corresponda.

#### **Material**

Se utilizarán membranas de polietileno de alta densidad (PEAD o en sus siglas en inglés HDPE), de 1.500 µm de espesor mínimo, fabricado con materia prima virgen 100%, imputrescible, químicamente inerte, con protección UVH, color negro. Los paños deberán tener un ancho mínimo de 5 metros. El material deberá cumplir con los requisitos técnicos y deberá contar con protocolos de calidad emitidos por el fabricante.

#### **Preparación de la base de apoyo**

El fondo de celda se ejecutará retirando el manto de suelo vegetal, cuyo espesor deberá ser definido de acuerdo con los estudios geotécnicos, el que será transportado a la zona de acopio de suelo vegetal.

Para la preparación del fondo de celda, sobre la barrera geológica natural o artificial, y su correspondiente impermeabilización se deberá mantener el sector totalmente libre de agua, debiéndose prever el desagote de la misma a efectos de efectuar los trabajos correspondientes con la debida antelación. Es por ello que se deberá utilizar tres motobombas de 6 CV y 6 m<sup>3</sup>/h cada una con mangueras tipo manga de diámetro 2” y largo mínimo de 50 m, a lo largo de las distintas etapas. La superficie de apoyo de la membrana será nivelada, rodillada y compactada a efectos de obtener una base de asiento de capacidad portante suficiente, perfectamente alisada y de acuerdo con las pendientes que se establezcan en el proyecto. De la superficie nivelada se deberán extraer piedras y elementos punzantes que pudieran perforar la membrana.

Para la colocación de la misma, se deberá obtener la aprobación de la superficie en cuestión y tendrá que quedar asentada en una planilla del programa de control de calidad de la impermeabilización.

#### **Tendido, solapado y soldado de paños**

Los paños se colocarán sobre la superficie preparada y previamente autorizada por la inspección, solapándolos a fin de poder ejecutar la soldadura entre ellos.

Beckmann, Carolina Silvia

---

Todas las soldaduras al ser sometidas a ensayo de corte, deberán tener una resistencia mínima del 80% del material base y al ensayo de despegado deberán tener una resistencia mínima del 60% del material base.

Se deberán garantizar la continuidad de las características de permeabilidad en la totalidad de la superficie tratada 30 días antes de iniciar los trabajos de impermeabilización en cada sector, se deberá presentar la documentación técnica que certifique la calidad de la membrana a emplear, así como los equipos a utilizar. Estos comprobantes deberán formar parte de la documentación integrante del programa de control de calidad.

Para la aprobación de los trabajos de impermeabilización, que constará en una planilla del programa de control de calidad, se deberán presentar los planos que indiquen la ubicación de cada paño y las soldaduras con la respectiva identificación de sectores y cordones, localización de parches y otros aspectos que se consideren importantes del fabricante de la membrana, debiéndose indicar el lugar en donde se efectuaron los ensayos y los resultados obtenidos, donde consten las certificaciones del técnico que garantice la calidad de los mismos. El certificado de garantía de calidad será firmado por el instalador y por el fabricante de la membrana. Todos estos elementos formarán parte de la documentación integrante del programa de control de calidad de la impermeabilización.

### **Cobertura y anclado de la membrana**

La membrana se anclará en una zanja excavada en la zona de banquina interna del terraplén perimetral.

Una vez aprobados los trabajos de tendido, solapado y soldado de paños de membrana, se procederá a cubrir los mismos con una capa de 0,30 m de espesor de suelo seleccionado compactado, libre de piedras, escombros, ramas y cualquier otro elemento punzocortante, procediendo a cubrir en primer lugar la superficie de fondo de celda, para luego cubrir las bermas de separación y los taludes del terraplén.

A continuación se completarán las zanjas de anclaje con igual tipo de suelo y similar espesor de cobertura.

Se indica el procedimiento a adoptar, a efectos de evitar el deterioro de la membrana en la zona de anclaje, durante la operación del relleno, en particular en ocasión de preparar y utilizar las playas de descarga perimetrales. La superficie lograda de esta forma será nivelada y compactada, obteniéndose así una cobertura homogénea y transitable, sobre la que deberán construirse las bermas de operación.

Las soldaduras de paños de membrana que se realicen sobre los taludes del terraplén deberán ejecutarse en el sentido de las pendientes, a efectos de minimizar los esfuerzos sobre las mismas. Por otra parte, se recomienda que el tendido de los paños sobre los taludes de los terraplenes presente pliegues, para absorber eventuales deslizamientos.

### **3.6.12. Zona de préstamo**

Un sector del predio se destina a zona de préstamo, la misma deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Beckmann, Carolina Silvia

---

Se deberá tener en cuenta que el manto del suelo vegetal será retirado y acopiado en un sector a efectos de su posterior utilización para cobertura de los taludes externos de los terraplenes a construir y cobertura final de residuos si fuera necesario. La operación de esta zona será ejecutada por capas superficiales, la pendiente de los taludes internos de la excavación deberá ser de 3H:1V. Los taludes indicados deberán quedar conformados durante la explotación de la obra, en la medida en que finalice la misma en el frente correspondiente.

A efectos de evitar su anegamiento se podrán construir terraplenes perimetrales de protección, con las siguientes características:

- Cota de coronamiento mínima: 0,80 m por encima de la cota de inundación con una recurrencia de 50 años.
- Ancho de coronamiento mínimo: 2,00 metros
- Pendiente de taludes máxima interna 2H:1V
- Pendiente de taludes máxima externa: 2H:1V

Se deberá asegurar el ingreso permanente a la zona de préstamo, como así también al área de acopio de suelo vegetal, debiendo construir caminos de acceso a las mismas con una cota de coronamiento mínima igual a la indicada para los terraplenes perimetrales de protección, un ancho de coronamiento mínimo de 2,00 metros y pendientes de taludes laterales 2H:1V. Los núcleos de estos caminos deberán construirse, de acuerdo a lo indicado “3.6.7 Terraplenes perimetrales y caminos de circulación permanentes”, debiendo colocar una carpeta de rodamiento la que será construida con cascotes de demolición (libres de hierros u otros objetos punzantes, para evitar pinchaduras de neumáticos en los vehículos que circularán por los mismos) o piedra partida.

Para la explotación se deberá prever el drenaje de la superficie inundada durante la totalidad de las etapas, el equipo de bombeo a utilizar para tal fin serán tres motobombas de 6 CV y 6 m<sup>3</sup>/h cada una con mangueras tipo manga de diámetro 2” y largo mínimo de 50,0 m.

El material con alto contenido de humedad deberá ser previamente acondicionado hasta obtener las condiciones que permitan su distribución, compactación y perfilado. Se indicará que uso posterior se le va a dar a la zona de préstamo una vez finalizado el relleno. A éste efecto, deberá presentar un proyecto de uso de ésta zona con todos los detalles de las labores que llevará a cabo (movimiento de suelos, parquización, etc.), que permita integrarla al área rellena con un criterio paisajístico integral.

### **3.6.13. Planta de clasificación de residuos domiciliarios**

La planta para clasificación de R.S.U. se ubicará en un galpón de 800 m<sup>2</sup>, de los cuales 200 m<sup>2</sup> son para la descarga de residuos de manera de evitar la generación de lixiviados o que el material se humedezca y degrade por la lluvia. Esta área poseerá la fosa de alimentación de la cinta de clasificación que tendrá una capacidad para procesar aproximadamente 50 / 60 toneladas de residuos por turno.

En el área contigua (600 m<sup>2</sup>) se encuentran las cintas de clasificación y derivación, las prensas y equipos para el acopio y despacho de materiales acondicionados. Los equipos estarán sometidos a servicio extra pesado, tanto por las características del material que

Beckmann, Carolina Silvia

---

mueven como por la forma de trabajo, por ello se emplearán estructuras muy robustas, con perfiles pesados, caños y chapas gruesas, y sistemas de movimientos sencillos pero totalmente blindados.

Un foso de capacidad suficiente como para manejar cómodamente los tiempos de carga con un elevador por banda, que al generar un piso totalmente móvil evita la mayoría de los problemas generados por cargas atípicas que producen bloqueos y enganches.

Un desgarrador de bolsas de cuchillas se encarga de la apertura y dispersión primaria de las bolsas, para facilitar a los operarios la tarea de selección manual. Con rotores que aseguren la máxima eficiencia de desgarrado compatible con la mínima rotura de materiales frágiles, aumentando la seguridad para los operarios de clasificación.

La cinta de clasificación debe ser diseñada sobre cama de chapa gruesa enteriza, para garantizar el cierre lateral, el correcto funcionamiento a diferentes cargas de trabajo, y evitar oscilaciones del material que resultan molestas para el personal que realiza la selección.

En el extremo de la cinta de clasificación, una cinta de derivación reversible transporta el material hacia dos puntos de descarga en carros o volquetes para traslado al sector de disposición final. Una cinta de derivación lateral transporta el material orgánico seleccionado hasta el molino triturador, ubicado sobre una plataforma elevada para carga directa a carros o volquetes para envío al sector de compostaje.

El molino triturador está preparado para utilización con martillos oscilantes o fijos (dependiendo de la contaminación con fibrosos que se presente en el material alimentado). Su grilla de molienda es recambiable, para permitir variar el tamaño del material molido.

#### **3.6.14. Red vial interna y comunicación del predio con la red caminera principal**

Los caminos interiores del predio deberán ser consolidados igualmente que los caminos sobre los terraplenes perimetrales del módulo.

#### **3.6.15. Área de acceso al predio**

En esta zona se instalará de un cartel de identificación de obra de 2,00 metros por 4,00 metros, capaz de resistir fuertes vientos e iluminado con dos reflectores de 500 W, cada uno.

La construcción de una oficina de vigilancia, la que estará ubicada sobre el borde de la calzada de entrada y salida, se realizará en mampostería, con una superficie interna mínima de 12 m<sup>2</sup>, con alero y vereda circundante de 1,00 m, debiendo contar con todos los servicios (comunicaciones, gas, agua y energía eléctrica) y con las mismas características constructivas que las demás oficinas. Deberá estar provista de 1 escritorio, 3 sillas, calefactor tiro balanceado de 2.500 kcal y un ventilador de techo.

El ingreso al predio deberá efectuarse por una calzada de 8,0 m de ancho mínimo. Se colocará un portón de dos hojas, construido de estructura metálica y malla metálica o alambre romboidal.

Beckmann, Carolina Silvia

---

Los equipos de recolección municipales una vez revisados pueden salir del predio directamente. Aquellos que transportan residuos de origen privado, podrán efectivizar su egreso previo control por parte de la vigilancia, de la documentación que avale el cumplimiento de las normas previstas para estos casos, para lo cual se deberá prever la señalización correspondiente.

### **3.6.16. Zona de oficina control y monitoreo**

Está ubicada cerca de la oficina de vigilancia y del ingreso a la báscula, se realizará en mampostería, con una superficie interna de 24,00 m<sup>2</sup> (6,00 m x 4,00 m) con una sala contigua para preparar muestras de 12,00 m<sup>2</sup> (6,00 m x 2,00 m); tendrá una cota (+0,20 m) que las calzadas de ingreso al predio y con las mismas características constructivas que las demás oficinas.

Las principales características constructivas para esta oficina serán las siguientes:

- Mampostería exterior de ladrillos comunes con junta rasada, espesor 0,20 m, con tratamiento externo de impermeabilización y barnizado.
- Mampostería interior de ladrillos comunes o cerámicos, espesor 0,10 m.
- Revoque interior común a la cal, terminado al fieltro.
- Techo dos aguas conformado por estructura metálica liviana, reticulada y cerramiento en chapa galvanizada acanalada.
- Cielorraso de yeso suspendido, reforzando la aislación con un manto adicional de lana de vidrio.
- Contrapiso de hormigón de 0,10 m de espesor, sobre el que se ejecutará un solado de cerámica roja tipo Alberdi de 20 x 20 cm.
- Pintura de muros con látex vinílico y de carpintería con esmalte sintético.
- Instalación eléctrica empotrada, iluminación utilizando materiales aprobados de primera calidad.
- Veredas en cerámica roja tipo Alberdi de 20 x 20 cm.
- Las ventanas deberán ser corredizas y traba interna, tendrán cortinas de tela plástica auto enrollables; externamente deberán tener rejas de seguridad.
- Puerta de acceso metálico de dos hojas con cerradura tipo Trabex.

Además deberá contar con los siguientes elementos:

- 1 escritorio de melanina con tres cajones.
- 2 sillones giratorios.
- 4 sillas.
- 1 perchero.
- 1 armario metálico de dos hojas de 1,80 m de altura.
- 1 ventilador de techo.
- 1 estufa tiro balanceado 2.500 kcal.
- 1 heladera.
- 1 mesada de acero inoxidable con pileta.

### **3.6.17. Zona de básculas, cabina de pesaje y playa de maniobras**

Esta zona estará ubicada en el ingreso frente a las básculas sobre una playa maniobras al aire libre cuyas características constructivas serán similares a las de los caminos de circulación permanente.

En esta zona se instalarán las básculas, cabina de pesaje, la oficina administrativa y playa de maniobras que tendrá como mínimo una superficie de 700 m<sup>2</sup>. Su ubicación debe permitir una circulación fluida, de los equipos que deban ser pesados cargados y vacíos (tara). Se instalará una balanza electrónica con una capacidad máxima de 45,00 tn, un largo mínimo de 9,00 m y un ancho mínimo de 3,00 m.

Asimismo deberá efectuarse la construcción de la cabina de pesaje, rampa de acceso a báscula, infraestructura necesaria, iluminación y señalización en las operaciones de pesaje. La obra civil para la instalación de la balanza deberá construirse adoptando los recaudos necesarios para evitar su anegamiento.

Además, a ambos laterales de las básculas, se deberá construir un cordón de seguridad de hormigón de 0,30 m de ancho por 0,20 m de alto por encima de la plataforma y en toda su longitud. El ingreso y egreso de báscula deberá estar balizados con luces intermitentes.

### **3.6.18. Salón de usos múltiples**

Se instalará un salón de usos múltiples de contiguo a la oficina de control y monitoreo, se realizará en mampostería, con una superficie interna de 60,00 m<sup>2</sup> (6,00 m x 10,00 m), tendrá una cota (+0,20 m) que las calzadas de ingreso al predio.

Las principales características constructivas para esta sala serán las siguientes:

- Mampostería exterior de ladrillos comunes con junta rasada, espesor 0,20 m, con tratamiento externo de impermeabilización y barnizado.
- Mampostería interior de ladrillos comunes o cerámicos, espesor 0,10 m.
- Revoque interior común a la cal, terminado al fieltro.
- Techo dos aguas conformado por estructura metálica liviana, reticulada y cerramiento en chapa galvanizada acanalada.
- Cielorraso de yeso suspendido, reforzando la aislación con un manto adicional de lana de vidrio.
- Contrapiso de hormigón de 0,10 m de espesor, sobre el que se ejecutará un solado de cerámica roja tipo Alberdi de 20 x 20 cm.
- Pintura de muros con látex vinílico y de carpintería con esmalte sintético.
- Instalación eléctrica empotrada, iluminación utilizando materiales aprobados de primera calidad.
- Veredas en cerámica roja tipo Alberdi de 20 x 20 cm.
- Las ventanas deberán ser corredizas y traba interna, tendrán cortinas de tela plástica auto enrollables; externamente deberán tener rejas de seguridad.
- Puerta de acceso metálico de dos hojas con cerradura tipo Trabex.

Además deberá contar con los siguientes elementos:

Beckmann, Carolina Silvia

---

- 1 mesa grande.
- 2 sillones giratorios.
- 30 sillas.
- 1 aire acondicionado 5.000 frig.
- 1 estufa tiro balanceado 3.000 kcal.

Servirá para capacitación del personal, reuniones, charlas, recepción de visitas, etc.

### **3.6.19. Comedor**

Se instalará un comedor contiguo a la oficina de control y monitoreo, se realizará en mampostería, con una superficie interna de 30,00 m<sup>2</sup> (6,00 m x 5,00 m), tendrá una cota (+0,20 m) que las calzadas de ingreso al predio.

Las principales características constructivas para esta sala serán las siguientes:

- Mampostería exterior de ladrillos comunes con junta rasada, espesor 0,20 m, con tratamiento externo de impermeabilización y barnizado.
- Mampostería interior de ladrillos comunes o cerámicos, espesor 0,10 m.
- Revoque interior común a la cal, terminado al fieltro.
- Techo dos aguas conformado por estructura metálica liviana, reticulada y cerramiento en chapa galvanizada acanalada.
- Cielorraso de yeso suspendido, reforzando la aislación con un manto adicional de lana de vidrio.
- Contrapiso de hormigón de 0,10 m de espesor, sobre el que se ejecutará un solado de cerámica roja tipo Alberdi de 20 x 20 cm.
- Pintura de muros con látex vinílico y de carpintería con esmalte sintético.
- Instalación eléctrica empotrada, iluminación utilizando materiales aprobados de primera calidad.
- Veredas en cerámica roja tipo Alberdi de 20 x 20 cm.
- Las ventanas deberán ser corredizas y traba interna, tendrán cortinas de tela plástica auto enrollables; externamente deberán tener rejas de seguridad.
- Puerta de acceso metálico de una hoja.

Además deberá contar con los siguientes elementos:

- 4 mesas empotradas de PRFV 1,40 m por 3,00 m.
- 8 bancos empotrados de PRFV 0,30 m por 3,00 m.
- 2 ventiladores de techo.
- 1 estufa tiro balanceado 3.000 kcal.
- 1 mesada de acero inoxidable de 1,80 m con pileta.
- 1 horno microondas.
- 1 dispenser agua potable fría-caliente.
- 1 heladera.

### **3.6.20. Vestuarios y sanitarios para el personal**

Se instalarán dos grupos de sanitarios contiguo al comedor donde tendrán 4 baños con inodoro y ducha para personal masculino y 2 baños similares para personal femenino, se

Beckmann, Carolina Silvia

---

realizará en mampostería, con una superficie interna de 40,00 m<sup>2</sup> (8,00 m x 5,00 m), tendrá una cota (+0,20 m) que las calzadas de ingreso al predio.

Las principales características constructivas para esta sala serán las siguientes:

- Mampostería exterior de ladrillos comunes con junta rasada, espesor 0,30 m, con tratamiento externo de impermeabilización y barnizado.
- Mampostería interior de ladrillos comunes o cerámicos, espesor 0,10 m.
- Revoque interior común a la cal, terminado al fieltro y azulejado hasta 1,60 m de altura.
- Techo dos aguas conformado por estructura metálica liviana, reticulada y cerramiento en chapa galvanizada acanalada.
- Cielorraso de yeso suspendido, reforzando la aislación con un manto adicional de lana de vidrio.
- Contrapiso de hormigón de 0,10 m de espesor, sobre el que se ejecutará un solado de cerámica roja tipo Alberdi de 20 x 20 cm.
- Pintura de muros con látex vinílico y de carpintería con esmalte sintético.
- Instalación eléctrica empotrada, iluminación utilizando materiales aprobados de primera calidad.
- Veredas en cerámica roja tipo Alberdi de 20 x 20 cm.
- Las ventanas deberán ser fijas.
- Instalación sanitaria con agua fría y caliente.
- Puerta de acceso metálico de una hoja a cada área.

Además deberá contar con los siguientes elementos:

- 1 ventilador de pared (en cada grupo).
- 1 estufa tiro balanceado de 3.000 kcal.
- 1 estufa tiro balanceado de 5.000 kcal.
- 60 percheros y lockers.

### **3.6.21. Instalación eléctrica e iluminación**

Componentes de la red eléctrica, iluminación e internet:

- Luminarias y lámparas
- Instalación eléctrica en oficinas
- Postes de madera
- Tableros de iluminación
- Conductores
- Conjuntos de puesta a tierra
- Montaje de la red

#### **Luminarias y lámparas**

Se deberán utilizar luminarias tipo pera de brazo corto para el interior del predio, con lámparas de 150W vapor de sodio alta presión y equipo balasto electromagnético de exterior del tipo tw 130 Δt 70 o similar característica. Las luminarias deberán contar con fotocélulas para el encendido y apagado. Los artefactos, lámparas y equipos auxiliares a ser suministrados deberán responder a lo indicado en las normas IRAM AADL J 20 - 20 y J

Beckmann, Carolina Silvia

---

20 – 21. Las lámparas deberán incluir los capacitores adecuados para asegurar que el factor de potencia sea  $> 0,85$ .

En oficinas se deberán colocar artefactos con tubos fluorescentes de 2x40w y apliques de pared con lámpara bajo consumo de 1x26w.

#### **Instalación eléctrica en oficinas**

La instalación eléctrica en las oficinas se deberá realizar embutida con caños, cajas, tablero principal, conectores y todos los accesorios de acero serie semipesada, en un todo de acuerdo a la Norma IEC 61386-21 / IRAM IAS U 500-2005.

Todo el cableado se deberá realizar de acuerdo con las reglas del arte. No podrán efectuarse empalmes en su recorrido. Se deberán utilizar conductores unipolares aislados según normas IRAM NM 247-3 Y 62267. La sección mínima de los cables deberá ser:  $1,5 \text{ mm}^2$  para circuitos de iluminación,  $2,5 \text{ mm}^2$  para los circuitos de tomacorrientes y  $4 \text{ mm}^2$  para la alimentación del tablero principal del local. Por toda la instalación, incluyendo las cajas de paso y aquellas bocas que no posean tomacorriente, pasará un conductor de protección PE color verde – amarillo de  $2,5 \text{ mm}^2$  de sección.

El tablero principal del local contendrá como mínimo 1 Interruptor diferencial bipolar clase AC según IEC, de  $I_n = 25\text{A}$ -  $I_d = 30\text{mA}$ -  $t = 30\text{ms}$ ; Interruptores termomagnéticos bipolares clase C de 25A para llave de corte general, 16A para circuitos de tomas, 10A para circuitos de iluminación.

No se permite el uso de dispositivos unipolares o los bipolares denominados con "neutro no protegido", "neutro pasante" o marcados "1P+N" como protección de circuitos en las instalaciones monofásicas. Además esta prohibición alcanza a los conjuntos integrados interruptor automático-diferencial, donde la protección térmica y magnética se encuentran en un solo polo.

Todos los tableros eléctricos de distribución (principal y seccionales), deben ser fácilmente identificables, para lo cual las envolturas o envolventes que los constituyan deberán poseer en la parte frontal exterior de sus marcos, o de sus puertas o, en caso de no poseerlas, de sus barreras de protección contra el contacto directo, el símbolo de "riesgo eléctrico" (Norma IRAM 10005-1) con una altura mínima de 40 mm. Debajo del símbolo, deberá pintarse o fijarse una leyenda indicativa de la función del tablero (por ejemplo: "Tablero principal"; "Tablero seccional" o "Tablero seccional general"), escrita con letras negras, con una altura mínima de 10 mm, sobre un fondo de color amarillo.

#### **Conjuntos de puesta a tierra**

Para asegurar la efectiva puesta a tierra, se realizará la conexión de todos los elementos metálicos con el conductor de protección, para lo cual todas las cajas metálicas, canalizaciones metálicas, los tableros y equipos deberán disponer de bornes o barras de tierra claramente identificados, ya sea con el símbolo que se corresponde con el símbolo N° 5019 de IEG 60417, o con las letras PE o por la combinación-bicolor verde y amarillo. Las indicaciones no serán fijadas ni colocadas sobre un tornillo, arandela u otras partes que puedan ser removidas en la conexión de los conductores. Se asegurará además la continuidad eléctrica entre las cajas y los conductos metálicos que a ella acometen, utilizando dispositivos apropiados, no susceptibles de desconexión accidental o involuntaria.

Beckmann, Carolina Silvia

---

La conexión del borne de tierra de todos los tableros, cajas, canalizaciones y equipos, incluyendo los tomacorrientes, al conductor de protección se efectuará mediante una derivación con conductor de cobre aislado bicolor verde-amarillo de una sección nominal mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

#### **Postes de madera**

Para el tendido de línea y las luminarias se utilizarán postes de madera de eucalipto de 7 m, tratado mediante impregnación con sustancias químicas perseverantes autorizados que aseguren su durabilidad tanto en tramos enterrados como los emergentes expuestos a los agentes atmosféricos. En todos los casos queda expresamente prohibido empotrar postes de madera en bloques de hormigón, que aceleren la putrefacción por estancamiento de humedad alrededor del poste. Deberán resistir los esfuerzos derivados del tiro de los conductores, y el peso de éstos y los accesorios y la acción del viento sobre los mismos y sobre los elementos que lo soportan. Los postes deberán cumplir, en cuanto a medidas y defectos, con las Normas IRAM 9530, 9531 y 9586. El empotramiento de los postes será de una longitud mínima del 10% de la longitud del poste más 0,60 m. La diferencia entre el agujero hecho por la hoyadora o por la pala, y el soporte, se rellenará con el mismo material extraído, que se compactará con pisones de hierro hasta el rechazo.

#### **Tableros de Iluminación**

##### **1. Tablero General**

En todo lo que no fuera establecido expresamente en la presente especificación los tableros deberán realizarse en un todo de acuerdo con las normas:

- IRAM 2200 Tableros para distribución de energía eléctrica. Prescripciones generales.
- IRAM 2195 Tableros para distribución de energía eléctrica. Ensayos dieléctricos.
- IRAM 2181 Tableros de maniobra y comando de baja tensión.
- IRAM 2169 Interruptores automáticos.
- IRAM 2444 Grados de protección mecánica proporcionada por las envolturas de equipos Eléctricos.
- IRAM 2186 Tableros - Calentamiento.
- IRAM 2240 Contactores.
- IEC N° 60947-2 Interruptores de Baja Tensión 63 A.
- IEC N° 60947-4-1 Contactores.
- IEC N° 60269-1 Fusibles de Baja Tensión.

Las características técnicas del tablero serán las siguientes:

Tensión nominal de servicio 380/220Vca

Fases 3

Hilos 4

Neutro Rígido a tierra

Frecuencia 50 Hz

Todos los componentes eléctricos del tablero, tales como barras, interruptoras y borneras deberán ser montados en una estructura independiente de la caja del tablero.

## **“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

Esta estructura deberá quedar fijada dentro de la caja por medio de bulones. Deberá disponerse además, de una contratapa calada que cubrirá todos los interruptores dejando al acceso de la mano únicamente las palancas de comando de los interruptores.

Las palancas de comando de los interruptores, deberán ser accesibles para su manejo y mantenimiento, sin posibilidad de contactos accidentales que puedan poner en peligro a los operadores, producir deterioro de elementos o salida de servicio de equipos. Los conductores deberán ser individualizados en sus extremos por medio de numeradores.

Las marcas serán inalterables y no permitirán desprendimientos involuntarios. Todo el cableado deberá ser realizado de acuerdo con las reglas del arte. No podrán efectuarse empalmes en su recorrido y deberán utilizarse cables unipolares del tipo VN - 2000. La sección mínima de los cables deberá ser: 2,5 mm<sup>2</sup> para circuitos de comando, y 4mm<sup>2</sup> para los de fuerza. Se deberán utilizar para las conexiones sometidas a flexiones (puertas, paneles rebatibles, etc.) cable tipo extra flexible. Todos los extremos de los cables deberán llevar terminales; los circuitos deberán estar agrupados en borneras y separados por función y por tensión, mediante separadores adecuados. Para protección de los cables en el interior del tablero deberán emplearse canales plásticos con tapa. Las derivaciones que acometen a los dispositivos y aparatos deberán ser realizadas con cable aislado para evitar contactos accidentales del personal de operación o mantenimiento.

En el tablero deberá colocarse una barra de Cobre eléctricamente conectada a la estructura.

Las puertas metálicas deberán ser puestas a tierra mediante cable verde - amarillo extra flexible de cobre. Cada panel o cubículo deberá unirse en un punto a la barra de tierra.

Todos los circuitos auxiliares de los tableros y/o aparatos deberán terminar en borneras convenientemente dispuestas en el panel. El acceso a éstas deberá ser posible y seguro, aun estando el equipo en servicio. Los bornes deberán ser del tipo componible montados individualmente sobre guías de fijación.

El ajuste del conductor al borne deberá efectuarse de tal modo que el tornillo no actúe directamente sobre el conductor sino a través de una mordaza de cobre que permita aprisionar el conductor con la presión de contacto adecuada, sin dañarlo. Los interruptores termomagnéticos deberán ser de ejecución fija, sin posibilidad de acceso a sus bornes desde el frente del panel interior, con accionamiento manual desde el mismo frente y bobinas de cierre y apertura.

### **2. Tableros Seccionales**

El tablero responderá a los requerimientos de servicio y se construirán y conectarán de acuerdo a normativa vigente. Éste deberá comandar los circuitos de cada oficina y deberá contar con interruptor diferencial e interruptores termomagnéticos independientes para los circuitos de iluminación y tomacorrientes.

### **3. Conductores Eléctricos**

Para los circuitos de alimentación de energía a los tableros seccionales de iluminación y los tableros de las columnas desde el tablero general, deberán utilizarse conductores subterráneos de doble aislamiento de PVC, cuya sección no será inferior a la indicada en los planos. Una vez terminada la instalación se deberán realizar mediciones con

Beckmann, Carolina Silvia

---

voltímetro, en la totalidad de los circuitos, a fin de verificar la caída de tensión, que no deberá superar el 3% entre fase y neutro en la última columna, con respecto de la tensión recibida de la empresa de electricidad en el tablero.

#### **Cruces de calle**

Todos los cruces de calle deberán ejecutarse en cañeros con caños de PVC embebidos en hormigón. Deberá emplearse tubos de policloruro de vinilo rígido, tipo reforzado, de 3” de diámetro, de una longitud de 6 m con terminación en un extremo con enchufe hembra y de dimensiones radiales, según lo establecido por la normas IRAM en vigencia.

No obstante y en virtud de que el tendido eléctrico se realizará por líneas de preensablado sobre postes de madera, los cruces mayormente serán aéreos, respetando las alturas para el tránsito vehicular.

#### **Tendido de Cables**

El cable deberá ser desenrollado desde la parte superior de la bobina, debiéndose tirar desde el extremo mediante una malla camisa adecuada. El tendido deberá hacerse a pulso distribuyendo el personal convenientemente, cuidando de no golpearlo ni provocar esfuerzos de tracción ni torsión que puedan ocasionar perjuicios en la aislación del cable y provocar futuras averías. Para su mejor desplazamiento, en el fondo de la zanja deberán colocarse, a distancias aproximadas de 2 a 3 m rodillos adecuados, por donde se deslizará el cable. Antes del ingreso y a la salida de la acometida a postes y/o tablero seccional de iluminación, el conductor deberá tener un rulo, de una longitud no menor de 1,50 m. Todo conductor deberá finalizar en un terminal de cobre cadmiado, de medida adecuada al conductor respectivo. No se deberá ejecutar ningún tipo de empalme, ya sea en zanjas, cámaras o columnas.

#### **Retoque de pintura**

Los postes del tendido eléctrico interno en BT y los de iluminación, deberán ser pintados de blanco hasta el metro y medio (1,50m) de altura.

#### **Puesta a tierra**

El valor máximo de la resistencia de puesta a tierra, no deberá ser superior a 10 Ohm.

Deberán colocarse puestas a tierra respectivas de todos los circuitos eléctricos.

Deberán conectarse a la jabalina mediante cable de cobre aislado en PVC color verde amarillo de 25 mm<sup>2</sup>. La puesta a tierra deberá ser ejecutada con jabalinas de cobre con alma de acero trefiladas JL15.8x1500. La unión entre la jabalina y los conductores deberá efectuarse mediante soldadura cupro aluminio térmica.

#### **Instalación para suministro de agua**

Se construirán pozos para suministro de agua, tanques para su almacenamiento y sistema de distribución. Los pozos serán realizados de acuerdo con las reglas del arte, asegurando una perfecta aislación entre las distintas napas.

Una vez finalizadas las perforaciones se presentará un informe en el que se detallarán las tareas realizadas, indicando las características de la estratigrafía encontrada y las aprobaciones correspondientes.

Los pozos deberán confinarse mediante casetas para evitar su contaminación y deberán tener grifos para la extracción de muestras para control y para su desinfección.

Beckmann, Carolina Silvia

---

Se tendrá un tanque de 2.500 L para acopio y una bomba centrífuga de 2 CV dará la presión suficiente para las operaciones de limpieza en el galpón de la planta de clasificación y se abastecerá al complejo sanitario. Se tenderá a la reutilización del agua para riego de las pilas de compostaje y caminos.

### **3.6.22. Instalación para suministro de agua potable**

En caso de no obtenerse agua apta para consumo humano, su provisión deberá asegurarse mediante bidones de 20 L u otro medio o tanque a granel.

### **3.6.23. Instalación para suministro de gas**

Se instalará un tanque para almacenar 1,00 m<sup>3</sup> de GLP que se destinará a la calefacción de oficinas y agua sanitaria. La demanda de gas en invierno será de 0,54 m<sup>3</sup> mensual.

### **3.6.24. Señalización**

Se colocarán postes, barreras y señales para dirigir el tránsito dentro de la planta hacia las oficinas de control, pesaje y áreas de descarga y carteles que indiquen las normas y disposiciones de circulación a observar dentro del predio.

Asimismo se contemplará la colocación de carteles indicativos de las normas de higiene y seguridad en el trabajo. Estos elementos serán de características tales que resulten efectivos, tanto en horarios diurnos como nocturnos.

Igualmente será necesario señalar mediante conos fosforescentes las vías de circulación más importantes, como ser: camino principal hasta el acceso a la zona de básculas y terraplenes de circulación transitorios. El ingreso y egreso de báscula deberá estar balizados con luces intermitentes.

### **3.6.25. Grupo electrógeno**

A futuro se instalará un grupo electrógeno no menor de 100 kW, a efectos de contrarrestar eventuales cortes de energía eléctrica. La capacidad de este equipo debe ser tal que permita, en un lapso no mayor de 5 minutos desde el corte de energía, alimentar las instalaciones en las oficinas, pesaje, planta de clasificación, vigilancia y la iluminación, en los casos que el corte se produzca en horario nocturno, de los caminos que necesariamente deben recorrer los equipos que transportan residuos y playa de descarga, para completar el circuito de ingreso-egreso en el predio.

La línea que suministre energía eléctrica a los equipos de la balanza y su computadora tendrá una UPS, en caso de corte de suministro público, y se desconectará del resto de la alimentación. Una vez restablecido el servicio se podrá conectarse.

### **3.6.26. Sistema de Monitoreo de aguas**

El monitoreo de la calidad de las aguas proporcionará información sobre el comportamiento del relleno sanitario. Se deberá construir una red de monitoreo de aguas subterráneas conformada por pozos de extracción de agua de los distintos acuíferos de la zona teniendo en cuenta las escorrentías subterráneas determinadas sobre la base de los

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

estudios hidrogeológicos y geotécnicos, dado que los mismos son necesarios para fijar las características de los pozos de monitoreo.

Los pozos de monitoreo se ubicarán en la zona de amortiguación perimetral al módulo. Se deberá realizar el mantenimiento (p ej. desmalezar en forma periódica el entorno del emplazamiento de los mismos), vigilancia, accesibilidad, desobstrucción y reposición de todos los pozos de monitoreo.

### 3.7. PRESUPUESTO DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

#### 3.7.1. Alternativa N° 1

Tabla 7: Presupuesto alternativa N° 1

ÍTEM	DENOMINACIÓN	UN.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	Inc. %
<b>1</b>	<b>TAREAS PRELIMINARES</b>					
1.1	Obrador (Oficina para la inspección de obra, oficina de pesaje, oficina administrativa, vestuarios y sanitarios, oficina de vigilancia, oficina de control y monitoreo, portón de acceso, estacionamiento, salón de usos múltiples, comedor)	Gl	1,00	\$ 1.771.575,20	\$ 1.771.575,20	1,52%
1.2	Calle de acceso y calles internas de circulación	m	3.293,00	\$ 4.235,90	\$ 13.948.818,70	11,98%
1.3	Cerco perimetral	m	1.804,00	\$ 1.051,20	\$ 1.896.364,80	1,63%
1.4	Instalación de agua potable, contra incendios y cloacas	Gl	1,00	\$ 54.985,30	\$ 54.985,30	0,05%
1.5	Instalación eléctrica y alumbrado de camino	Gl	1,00	\$ 149.752,80	\$ 149.752,80	0,13%
1.6	Cartel de obra	Gl	1,00	\$ 14.198,20	\$ 14.198,20	0,01%
1.7	Limpieza y desmonte	m <sup>2</sup>	206.400,00	\$ 45,10	\$ 9.308.640,00	8,00%
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE SUELOS</b>					
2.1.1	Excavación de fondo de módulo (desmonte)	m <sup>3</sup>	71.061,79	\$ 113,16	\$ 8.040.997,23	6,91%
2.1.2	Terraplén perimetral	m <sup>3</sup>	72.662,28	\$ 246,34	\$ 17.899.573,49	15,37%
2.2	Excavación de zanjas para drenes de lixiviados	m <sup>3</sup>	849,74	\$ 311,87	\$ 265.011,74	0,23%
2.3	Excavación para zona de emergencia	m <sup>3</sup>	102,31	\$ 246,68	\$ 25.238,60	0,02%
2.4	Sistema de captación de lixiviados	m <sup>3</sup>	14.475,00	\$ 54,33	\$ 786.485,17	0,68%
2.5	Zanja perimetral para drenaje pluvial	m <sup>3</sup>	3.519,23	\$ 457,51	\$ 1.610.072,13	1,38%
<b>3</b>	<b>IMPERMEABILIZACIÓN</b>					
3.1	Barrera mineral $k \leq 10^{-7}$ cm/s; e = 0,60 m	m <sup>3</sup>	71.323,10	\$ 728,25	\$ 51.940.799,22	44,61%
<b>4</b>	<b>DRENAJE DE LIXIVIADOS (SISTEMA DE COLECCIÓN)</b>					
4.1	Drenes horizontales	m	2.350,00	\$ 375,34	\$ 882.053,08	0,76%
4.2	Drenes verticales	m	8,00	\$ 9.578,60	\$ 76.628,80	0,07%

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

<b>5</b>	<b>DRENAJE PLUVIAL</b>					
5.1	Cuneta revestida con hormigón	m	1.491,20	\$ 2.053,92	\$ 3.062.802,89	2,63%
<b>6</b>	<b>SISTEMA TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS</b>					
6.1	Captación de lixiviados - Desarenador	m <sup>2</sup>	4.225,00	\$ 170,62	\$ 720.852,11	0,62%
6.2	Mezclado y sedimentación	m <sup>2</sup>	400,00	\$ 170,62	\$ 68.246,35	0,06%
6.3	Tanque de tratamiento biológico	m <sup>2</sup>	400,00	\$ 170,62	\$ 68.246,35	0,06%
6.4	Tanque de clorado	m <sup>2</sup>	400,00	\$ 170,62	\$ 68.246,35	0,06%
<b>7</b>	<b>ZONA DE EMERGENCIA</b>					
7.1	Hormigón Armado Tabique e = 0,30 m, h = 1,50 m	m <sup>3</sup>	33,12	\$ 8.697,48	\$ 288.060,70	0,25%
7.2	Hormigón Armado Platea e = 0,30 m	m <sup>3</sup>	204,62	\$ 8.248,88	\$ 1.687.919,33	1,45%
<b>8</b>	<b>VARIOS</b>					
8.1	Reforestación	Gl	1,00	\$ 1.144.294,79	\$ 1.148.475,96	0,99%
8.2	Limpieza final	Gl	1,00	\$ 643.293,81	\$ 643.293,81	0,55%
<b>MONTO TOTAL</b>					<b>\$ 116.427.338,32</b>	<b>100,00%</b>

### 3.7.2. Alternativa N° 2

Tabla 8: Presupuesto alternativa N° 2

ÍTEM	DENOMINACIÓN	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	Inc. %
<b>1</b>	<b>TAREAS PRELIMINARES</b>					
1.1	Obrador (Oficina para la inspección de obra, oficina de pesaje, oficina administrativa, vestuarios y sanitarios, oficina de vigilancia, oficina de control y monitoreo, portón de acceso, estacionamiento, salón de usos múltiples, comedor)	Gl	1,00	\$ 1.771.575,20	\$ 1.771.575,20	1,00%
1.2	Calle de acceso y calles internas de circulación	m	3.293,00	\$ 4.235,90	\$ 13.948.818,70	7,84%
1.3	Cerco perimetral	m	1.804,00	\$ 1.051,20	\$ 1.896.364,80	1,07%
1.4	Instalación de agua potable, contra incendios y cloacas	Gl	1,00	\$ 54.985,30	\$ 54.985,30	0,03%
1.5	Instalación eléctrica y alumbrado de camino	Gl	1,00	\$ 149.752,80	\$ 149.752,80	0,08%
1.6	Cartel de obra	Gl	1,00	\$ 14.198,20	\$ 14.198,20	0,01%
1.7	Limpieza y desmonte	m <sup>2</sup>	206.400,00	\$ 45,10	\$ 9.308.640,00	5,23%
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE SUELOS</b>					
2.1.1	Excavación de fondo de módulo	m <sup>3</sup>	71.061,79	\$ 113,16	\$ 8.040.997,23	4,52%
2.1.2	Terraplén perimetral	m <sup>3</sup>	72.662,28	\$ 246,34	\$ 17.899.573,49	10,06%
2.2	Excavación de zanjas para drenes de lixiviados	m <sup>3</sup>	849,74	\$ 311,87	\$ 265.011,74	0,15%
2.3	Excavación para zona de emergencia	m <sup>3</sup>	102,31	\$ 246,68	\$ 25.238,60	0,01%
2.4	Sistema de captación de lixiviados	m <sup>3</sup>	14.475,00	\$ 54,33	\$ 786.485,17	0,44%
2.5	Zanja perimetral para drenaje pluvial	m <sup>3</sup>	3.519,23	\$ 457,51	\$ 1.610.072,13	0,90%

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

<b>3</b>	<b>IMPERMEABILIZACIÓN</b>					
3.1	Barrera mineral $k \leq 10^{-7}$ cm/s; $e = 0,60$ m	m <sup>3</sup>	71.323,10	\$ 728,25	\$ 51.940.799,22	29,20%
3.2	Geomembrana PEAD $e = 1,5$ mm instalada	m <sup>2</sup>	123.770,50	\$ 229,21	\$ 28.369.328,09	15,95%
3.3	Zanja de anclaje	m <sup>3</sup>	322,85	\$ 457,51	\$ 147.706,03	0,08%
<b>4</b>	<b>SUELO PARA COBERTURA DE MEMBRANA</b>					
4.1	Cobertura protectora de suelo $e = 0,50$ m	m <sup>3</sup>	46.526,99	\$ 691,27	\$ 32.162.852,88	18,08%
<b>5</b>	<b>DRENAJE DE LIXIVIADOS (SISTEMA DE COLECCIÓN)</b>					
5.1	Drenes horizontales	m	2.350,00	\$ 375,34	\$ 882.053,08	0,50%
5.2	Drenes verticales	m	8,00	\$ 9.578,60	\$ 76.628,80	0,04%
<b>6</b>	<b>DRENAJE PLUVIAL</b>					
6.1	Cuneta revestida con hormigón	m	1.491,20	\$ 2.053,92	\$ 3.062.802,89	1,72%
<b>7</b>	<b>VENTEO DE GAS</b>					
7.1	Extracción de regulación y medición del biogás	Gl	1,00	\$ 803.002,05	\$ 803.002,05	0,45%
<b>8</b>	<b>SISTEMA TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS</b>					
8.1	Captación de lixiviados - Desarenador	m <sup>2</sup>	4.225,00	\$ 170,62	\$ 720.852,11	0,41%
8.2	Mezclado y sedimentación	m <sup>2</sup>	400,00	\$ 170,62	\$ 68.246,35	0,04%
8.3	Tanque de tratamiento biológico	m <sup>2</sup>	400,00	\$ 170,62	\$ 68.246,35	0,04%
8.4	Tanque de clorado	m <sup>2</sup>	400,00	\$ 170,62	\$ 68.246,35	0,04%
<b>9</b>	<b>ZONA DE EMERGENCIA</b>					
9.1	Hormigón Armado Tabique $e = 0,30$ m, $h = 1,50$ m	m <sup>3</sup>	33,12	\$ 8.697,48	\$ 288.060,70	0,16%
9.2	Hormigón Armado Platea $e = 0,30$ m	m <sup>3</sup>	204,62	\$ 8.248,88	\$ 1.687.919,33	0,95%
<b>10</b>	<b>VARIOS</b>					
10.1	Reforestación	Gl	1,00	\$ 1.144.294,79	\$ 1.148.475,96	0,65%
10.2	Limpieza final	Gl	1,00	\$ 643.293,81	\$ 643.293,81	0,36%
				<b>MONTO TOTAL</b>	<b>\$ 177.910.227,36</b>	<b>100,00%</b>

### 3.8. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

#### 3.8.1. Aspectos técnicos

En este aspecto considerado se tiene en cuenta la dificultad en la construcción y provisión de materiales para la ejecución de cada alternativa.

La principal diferencia entre ambas opciones es la colocación de una geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD) y su refuerzo con geotextil en la alternativa N° 2. La instalación de la misma requiere especial cuidado en la preparación de la base y unión de las láminas, el cual deberá estar a cargo de personal especializado y se realizará en condiciones climáticas adecuadas.

Otra diferencia importante que posee la alternativa N° 2 es el sistema de captación y regulación del biogás generado en la masa de residuos. La recolección del biogás puede ser aprovechado para la generación de energía y así alimentar al predio del relleno

Beckmann, Carolina Silvia

---

sanitario. La construcción del mismo no es compleja pero conlleva varios elementos para su instalación.

La última desigualdad entre ambas opciones es la colocación, extensión y compactación del material de cobertura de las celdas diarias lo que implicaría disponer de una zona de acopio para utilizarlo cuando sea necesario. Esto también corresponde a la alternativa N° 2.

### **3.8.2. Aspectos funcionales o de operación**

Se considera las posibles situaciones de mejora con respecto a la etapa de operación del relleno sanitario.

La colocación, extensión y compactación del material de cobertura de las celdas diarias impide la dispersión de los residuos, la creación de vectores y fauna nociva, y reduce la infiltración de aguas pluviales, debido a la desigualdad del coeficiente de permeabilidad vertical, evitando la mayor generación de lixiviados. Esto mejoraría considerablemente la operación del relleno sanitario.

La otra desigualdad que afectaría durante la operación y clausura del relleno sanitario es el sistema de captación y regulación del biogás generado en la masa de residuos. Debido a su alto contenido en metano, el componente que más peligro le confiere al biogás, al no ser captado éste tiene dos riesgos: por ser un gas combustible se puede dar lugar a incendios y el carácter asfixiante del metano, desplaza al oxígeno presente en cualquier ambiente además de generar olores nauseabundos.

La colocación de geomembrana para impermeabilización de la base también mejora considerablemente la funcionalidad del relleno sanitario, impidiendo la percolación de lixiviados y canalizando los líquidos para luego ser extraídos y tratados.

### **3.8.3. Aspectos económicos**

Para los proyectos de mayor tamaño se efectúa el análisis de costo beneficio (ACB), mediante la estimación previa de beneficios y costos económicos, es decir todos aquellos en los que incurre la sociedad de manera directa e indirecta en el proyecto. Se recomienda iniciar por la comprensión precisa de la situación sin proyecto y la situación con proyecto, con lo cual se identifican, cuantifican y valoran los costos y beneficios atribuibles al proyecto, de manera incremental: los de la situación con proyecto menos los de la situación sin proyecto, para verificar que el balance incremental es favorable.

#### **3.8.3.1. Método de evaluación de proyectos**

Existen diferentes metodologías para el análisis económico de proyectos:

##### **1) Método simple o de los estados contables**

Se llama así porque los datos para determinar la utilidad y la inversión surgen de un proceso de información idéntico estructuralmente al que se emplea para la confección de los estados contables.

Tasa Rendimiento (Tr) = 
$$\frac{\text{Utilidad media} - \text{depreciaciones}}{\text{Inversión}}$$

Beckmann, Carolina Silvia

---

## **2) Relación costo beneficio**

La relación costo beneficio surge del cociente entre los flujos de fondos actualizados a la tasa de retorno requerida y el valor actual de la inversión inicial.

$$RCB = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} \frac{F_j}{(1+i)^j}}{I_0} = \frac{VAN}{I_0}$$

## **3) Periodo de recuperación de la inversión o periodo de repago**

Es el tiempo necesario para que la inversión pueda pagarse por sí misma.

Se suman los valores absolutos de los resultados de los flujos de fondos y en el período que ésta sumatoria se hace 0 (cero) ese es el plazo de repago.

## **4) Tasa Interna de Retorno**

La TIR es la máxima tasa de interés que podría pagarse por el capital empleado durante toda la vida de una inversión, sin que se sufra pérdida alguna en el proyecto.

$$\sum_{j=0}^{j=n} F(j) \times \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

A medida que aumentamos la tasa del VAN, el resultado empeora, porque –como los egresos se producen al principio y los ingresos luego- el flujo resulta cada vez mas penalizado. La TIR es aquella a la cual, siguiendo con el proceso iterativo, el flujo neto de fondos actualizado suma cero. La alternativa más conveniente es la de la tasa más alta (siempre que sea mayor a la llamada tasa de corte, que equivale al costo del capital que afronta la empresa para realizar la inversión).

Criterio de aceptación:

- a) TIR > Tasa de corte (TC), el proyecto brindará ganancias, es aceptable
- b) TIR < Tasa de corte (TC), el proyecto no dará ganancias, es rechazado.

La diferencias entre la TIR y TC, se denomina “margen de seguridad”. Cuando mayor sea las diferencias entre la TIR y TC, el proyecto tendrá mayor margen de seguridad, y podrá soportar variaciones en el mercado. Si la TIR está muy próxima o es igual a la TC, el proyecto tendrá un escaso margen de seguridad.

La TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión, utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo. Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por la TIR- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

## **5) Valor Actual Neto**

Es la diferencia entre el Valor Actual de los futuros flujos positivos de caja (ingresos) y el Valor Actual de los flujos negativos de caja (egresos).

$$\sum_{j=1}^{j=n} \frac{F_j}{(1+i)^j} = VAN$$

La aplicación del VAN implica la adopción de una tasa de interés que se considera representativa para la empresa en las circunstancias, la actualización del flujo de fondos en base a ella y la observación del resultado de sumar los valores actualizados para ver si es positivo o negativo, decidiendo en consecuencia. Si hay que analizar más de una alternativa de inversión, se opta por la de mayor valor actual.

## “Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

Criterio de aceptación:

- a) Si el valor del VAN > 0 (positivo) significa que la corriente actualizada de los ingresos es mayor a la de egresos, o sea que el proyecto brindará ganancias, por lo tanto, es aceptable.
- b) Si el valor del VAN < 0 (negativo) significa que la corriente actualizada de los ingresos es menor a la de egresos, o sea que el proyecto dará pérdidas, por lo tanto, se lo desecha.
- c) Si el valor del VAN = 0 significa que el valor actualizado de los ingresos es igual al de los egresos, o sea que el proyecto brindará la ganancia exactamente proyectada, por lo tanto, es aceptable. Este es un proyecto demasiado justo, por lo tanto, no puede existir ningún contratiempo o error.

Conclusión: En este caso, por ser un proyecto que no tiene finalidad lucrativa, no se generarán beneficios (ingresos). Los valores VAN y TIR darán valores no aceptables ya que se producirá pérdidas económicas y no se podrá recuperar la inversión.

Por este motivo solo se tendrá en cuenta los costos totales de ejecución de la obra para la evaluación de las alternativas.

Tabla 9: Comparativa de presupuestos

Alternativas	Alternativa N° 1	Alternativa N° 2
Presupuestos	\$ 116.427.338,32	\$ 177.910.227,36

Resultando la alternativa N° 2 un 53 % más costosa.

### 3.8.4. Aspectos sociales

Se analiza la articulación del proyecto en su desarrollo con la comunidad, por lo que se validan aspectos como la participación de la comunidad en el proceso de identificación del problema y las alternativas de solución, la identificación de los involucrados del proyecto y las estrategias de vinculación con el proyecto. Además, se valida si el proyecto está en lugar de prioridad para la comunidad o los usuarios y si el proyecto contempla responsabilidades a cargo de involucrar a la comunidad para incrementar su sostenibilidad.

Este proyecto brindará una oferta laborable considerable, además de mejorar las condiciones actuales de las personas que se encuentran trabajando hoy por hoy. La diferencia entre ambas alternativas es que en el vertedero controlado, al simplificar y prescindir de algunos elementos ya mencionados, se incorporará menor cantidad de personal para el mantenimiento y operación. En el “ANEXO F: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERSONAL” se detalla el personal requerido para la operación de un relleno sanitario.

### 3.8.5. Riesgos

Es necesario verificar si el proyecto, por su esencia y ubicación, está amenazado por eventualidades naturales y si es vulnerable ante dichas amenazas. El análisis de riesgo fue analizado en la “Etapa 2: Inventario” en su ítem “2.3.11. Riesgos por fenómenos naturales” en el cual se llegó a la conclusión que en el lugar de emplazamiento del proyecto no hay riesgo de inundabilidad o sismicidad.

Beckmann, Carolina Silvia

---

### **3.8.6. Aspectos ambientales**

La verificación se centra en el análisis de la afectación ambiental que pudiera darse a partir de la ejecución y operación del proyecto, considerando las afectaciones ambientales desde la utilización de insumos, la generación del producto, la generación de residuos o sobrantes y la utilización de factores de producción armónicos con el medio ambiente. Deben considerarse las afectaciones ambientales en las dos fases del proyecto: ejecución y operación.

La ejecución y operación de ambas alternativas generaría impactos ambientales negativos similares sobre el suelo, aire, agua, fauna y flora del predio. Diferenciándose la alternativa 2 por poseer una geomembrana impermeable reduciendo al máximo la posibilidad de percolación de lixiviados y contaminación de napas superficiales; además el sistema de captación y regulación de biogás y la utilización de material de cobertura sobre las celdas diarias de residuos eliminarían la posibilidad de incendios y explosiones, la emanación de malos olores, la proliferación de fauna nociva, entre otros.

### **3.9. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA**

Para el análisis comparativo de las alternativas se utilizará una matriz de decisión, por medio de la cual se determinará la opción más conveniente. En esta matriz se encuentran señalados aspectos técnicos, funcionales, económicos, sociales y ambientales de ambas alternativas descritos anteriormente.

A cada alternativa se le asignará el valor de 0 (cero) o 1 (uno), asignándole el valor 1 a la alternativa que posee mejores características para cada aspecto considerado. A su vez, cada puntaje será afectado por el porcentaje de incidencia establecido para cada aspecto considerado, de acuerdo a su importancia relativa en el conjunto, siendo el de mayor importancia el aspecto ambiental.

El puntaje final para cada alternativa, se obtendrá sumando la totalidad de los valores individuales.

Tabla 10: Matriz de decisión

<b>Aspectos considerados</b>	<b>% de incidencia</b>	<b>Alternativas</b>			
		<b>Alternativa 1</b>		<b>Alternativa 2</b>	
Técnicos	10 %	1	10 %	0	0 %
Funcionales	10 %	0	0 %	1	10 %
Económicos	30 %	1	30 %	0	0 %
Sociales	10 %	0	0 %	1	10 %
Ambientales	40 %	0	0 %	1	40 %
	100 %		40 %		60 %

### **3.10. CONCLUSIÓN**

Se concluye que la propuesta más conveniente es la alternativa N° 2 por los aspectos expuestos anteriormente y es la que se desarrollará en la siguiente etapa de factibilidad.

### **3.11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- (1) SEMARNAT - 2.009 - Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos de Manejo Especial (RME).
- (2) Maccaferri SpA - 2.007 - Landfill Manual
- (3) Lic. Nadia M. Mazzeo - 2.012 - Manual para la sensibilización comunitaria y educación ambiental: gestión integral de residuos sólidos urbanos.
- (4) Ing. José Luis Dávila - 2.009 – Biogás de rellenos sanitarios – generalidades.
- (5) Ing. Marcela DeLuca e Ing. Néstor Giorgi - 2.015 - Estudio de estrategia y factibilidad de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) para la República Argentina.
- (6) Daniel Álvaro López Arriaza - 2.016 - Modelo para el diseño de sistemas de captación y aprovechamiento de biogás producido en rellenos sanitarios.
- (7) UTN Facultad Regional Concordia y Dirección de Hidráulica de Entre Ríos - 2.008 - Tormentas de diseño para la provincia de Entre Ríos.
- (8) Municipalidad de Venado Tuerto - 2.011 - Planta de tratamiento de RSU y relleno sanitario.
- (9) Ing. Ignacio Silva e Ing. Horacio Pessa - 2.012 - Proyecto final: ampliación de las lagunas de estabilización de la ciudad de San Salvador.
- (10) Dirección General de Inversiones Públicas - Guía metodológica general para la formulación y evaluación de programas y proyectos de inversión pública.

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

**ANEXO A: CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL O CAPACIDAD DEL RELLENO SANITARIO**

**a) CANTIDAD DE RESIDUOS O GENERACIÓN ANUAL: Pn**

Para la población estable atendida:

$$P_n \text{ (tn/año)} = \frac{\text{Población (hab)} \cdot \text{Generación per cápita (kg/hab.día)} \cdot 365 \text{ (días/año)}}{1.000 \text{ (tn/kg)}}$$

Para la población viajera atendida:

$$P_n \text{ (tn/año)} = \frac{\text{Población (viaj)} \cdot \text{Generación per cápita (kg/viaj.día)} \cdot \text{Pernoctes (días/año)}}{1.000 \text{ (tn/kg)}}$$

Para conocer la capacidad del relleno sanitario real habrá que corregir la cantidad de residuos recibida con factores adimensionales que incorporen la evolución de la población atendida de acuerdo a estudios demográficos y la corrección de la generación de residuos por habitante. Para este último factor no existe un consenso sobre el sentido de esta evolución ya que los planes gestores de residuos y las diferentes políticas medioambientales marcan como objetivo disminuir la producción de residuos, pero la evolución real muestra la tendencia inversa.

Por tanto, dada la incertidumbre para cuantificar este último parámetro se obvia y se adopta la primer hipótesis desarrollada en la “Etapa 2: Inventario” en el ítem 2.5.4 “Proyección de la generación de RSU” en la cual se mantiene constante la generación per cápita durante los 12 años de vida útil adoptados. Por comodidad se repite a continuación la tabla ya desarrollada.

Tabla 11: Proyección de la generación de RSU (hipótesis 1)

Año	Proyección población (hab)	Población estable		Proyección turismo (viaj/año)	Población viajera			Generación total (tn/año)
		Generación per cápita (Kg/hab.día)	Gener. Anual (tn/año)		Generación per cápita (Kg/viaj.pern)	Pernoctes estimados en días	Gener. Anual (tn/año)	
2.018	190.380	0,85	55.590,88	182.890	1,00	1,91	349,96	55.940,84
2.019	191.507	0,85	55.920,12	185.633	1,00	1,94	360,54	56.280,66
2.020	192.635	0,85	56.249,36	188.417	1,00	1,97	371,44	56.620,80
2.021	193.762	0,85	56.578,60	191.243	1,00	2,00	382,66	56.961,26
2.022	194.890	0,85	56.907,84	194.112	1,00	2,03	394,23	57.302,07
2.023	196.017	0,85	57.237,08	197.024	1,00	2,06	406,15	57.643,23
2.024	197.145	0,85	57.566,32	199.979	1,00	2,09	418,42	57.984,74
2.025	198.272	0,85	57.895,56	202.979	1,00	2,12	431,07	58.326,63
2.026	199.400	0,85	58.224,80	206.024	1,00	2,16	444,10	58.668,90
2.027	200.528	0,85	58.554,04	209.114	1,00	2,19	457,52	59.011,56
2.028	201.655	0,85	58.883,28	212.251	1,00	2,22	471,35	59.354,63
2.029	202.783	0,85	59.212,52	215.435	1,00	2,25	485,60	59.698,12
2.030	203.910	0,85	59.541,76	218.667	1,00	2,29	500,28	60.042,04

**Total 12 años 753.835,50**

Beckmann, Carolina Silvia

**b) VOLUMEN DE LOS RESIDUOS DEPOSITADOS: V**

Para el cálculo de la capacidad del relleno sanitario interesa el volumen final equivalente de los residuos depositados y acondicionados para su disposición final en el relleno. Este volumen depende únicamente del grado de compactación que se consiga durante la explotación del relleno. Este parámetro va a depender del tipo de residuo, humedad, pluviometría, método de explotación, evolución de los residuos.

Las opciones de compactación de los residuos arrojan resultados de densidad como:

- **Compactación de baja densidad**

Los residuos depositados en la zona de vertido son esparcidos con pala cargadora que produce una débil compactación de la masa de residuos. Se alcanzan densidades alrededor de 500 kg/m<sup>3</sup>.

- **Compactación de media densidad**

En este sistema se utiliza maquinaria pesada (mínimo 15 tn) para el esparcimiento, pisado y compactación de los residuos. Se alcanzan densidades de 800 kg/m<sup>3</sup>.

- **Compactación de alta densidad**

Consiste en provocar una trituración y compactación simultáneas con maquinaria pesada de más de 20 toneladas de peso. Los residuos se depositan en el área de vertido y se extienden y compactan hasta formar capas finas de 25-30 cm. Se repiten pasadas de la maquinaria a los 15 y 30 días. Por lo general, la densidad normalmente manejada se encuentra alrededor de 600 - 800 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 12: Estimación del volumen de residuos generados

<b>Año</b>	<b>Generación total (tn/año)</b>	<b>V. Diario de RS (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>V. Anual de RS (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>V. Anual acumulado RS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>V. Anual de RS no reutilizable (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>V. Anual acumulado RS no reut. (m<sup>3</sup>)</b>
2.018	55.941	191,58	69.926,05	69.926,05	13.985,21	13.985,21
2.019	56.281	192,74	70.350,82	140.276,88	14.070,16	28.055,38
2.020	56.621	193,91	70.776,00	211.052,87	14.155,20	42.210,57
2.021	56.961	195,07	71.201,58	282.254,45	14.240,32	56.450,89
2.022	57.302	196,24	71.627,59	353.882,04	14.325,52	70.776,41
2.023	57.643	197,41	72.054,03	425.936,08	14.410,81	85.187,22
2.024	57.985	198,58	72.480,93	498.417,01	14.496,19	99.683,40
2.025	58.327	199,75	72.908,29	571.325,30	14.581,66	114.265,06
2.026	58.669	200,92	73.336,13	644.661,42	14.667,23	128.932,28
2.027	59.012	202,09	73.764,46	718.425,88	14.752,89	143.685,18
2.028	59.355	203,27	74.193,29	792.619,17	14.838,66	158.523,83
2.029	59.698	204,45	74.622,65	867.241,82	14.924,53	173.448,36
2.030	60.042	205,62	75.052,55	<b>942.294,38</b>	15.010,51	<b>188.458,88</b>

Beckmann, Carolina Silvia

---

Volumen de residuos depositados:

$$V \text{ (m}^3\text{/año)} = \text{Generación total de RS (tn/año)} / \text{Densidad (tn/m}^3\text{)}$$

Se adopta los siguientes parámetros para el cálculo del volumen anual de RS:

- Densidad de compactación = 0,80 tn/m<sup>3</sup>

- RS no reutilizable = 20% (según Etapa 2 “Inventario” en el ítem 2.4.2 “Composición de la generación”)

En la “Tabla 12: Estimación del volumen de residuos generados” se puede observar dos situaciones, la ideal y la más desfavorable.

Con respecto a la primera, sería la mejor de las dos situaciones. Esta sería posible si toda la población realizaría la separación en origen de los residuos (en húmedos, secos y peligrosos), simplificando la tarea de clasificación en la planta de tratamiento y logrando que sólo llegara al relleno sanitario los residuos sólidos no reutilizables (aquellos que no tienen valor de reciclaje ni de compostaje que es alrededor del 20% del RS totales). En esta instancia el volumen total al final de la vida útil de 12 años sería de 188.458,88 toneladas.

Con respecto a la situación más desfavorable, que no sería la real, todos los residuos sólidos urbanos recolectados irían directamente al relleno sanitario sin clasificación o separación alguna. Logrando un volumen total luego de 12 años de operación de 942.294,38 toneladas.

Se destaca la importancia de la separación en origen de los residuos sólidos urbanos, ya que el 80% de éstos tiene valor comercial y además se reduce radicalmente las dimensiones físicas del relleno sanitario o aumento de vida útil del mismo.

En la situación actual se reciclan 7 tn/día de las 130 toneladas diarias que se reciben, representando un 5,38% del total. Sin embargo la tendencia está en aumento y la meta es lograr reciclar hasta el 30% del total de los RSU, cuyo valor fue estudiado por la CEAMSE en el relevamiento del año 2.013 en el campo El Abasto.

### **c) VOLUMEN EFICAZ: Vef**

Frente al volumen total de los residuos depositados en el relleno las necesidades de volumen que requiere el tratamiento de los residuos es superior. La eficiencia en el vertido y uso del volumen disponible, así como los elementos intercalados con el residuo para el control ambiental del relleno y correcta explotación del mismo resta parte del volumen disponible en el relleno.

Según la referencia “Landfill Manual” (Maccaferri SpA, Abril 2.007) se recurre a un coeficiente adimensional de uso del relleno de 0,99.

El volumen habilitado para el relleno sanitario será ocupado por los residuos y por los elementos intercalados para el control ambiental y correcta explotación del mismo.

Las capas de cubiertas intermedias para sellado periódico de las celdas de residuo son el principal actor que aumenta el volumen eficaz requerido. Las dimensiones de estas capas son variables dependiendo del tipo de explotación, altura de las capas de residuo y forma de compactación; aunque generalmente se maneja un valor de 20-25% de la capa de residuos a cubrir.

Beckmann, Carolina Silvia

---

Teniendo en cuenta estos dos factores el volumen eficaz de relleno para albergar los residuos generados por una población quedará determinado por la siguiente ecuación:

$$V_{ef} \text{ (m}^3\text{/año)} = \text{Vol. de residuos depositados (m}^3\text{/año)} \times \text{Coef. eficiencia} \times \text{Coef. MC}$$

Coeficiente corrector de eficiencia en el vertido ( $ef = 1/0,99$ )

Proporción del volumen requerido para material de cobertura ( $cp = 1,2 - 1,25$ )

Se adopta los siguientes parámetros:  $cp = 1,25$  y  $ef = 1/0,99$

#### **d) VOLUMEN NECESARIO DEL SITIO: $V_n$**

En este caso en particular se adopta la vida útil del relleno ya que el espacio no es un parámetro limitante.

Por lo tanto el volumen necesario del sitio será:

$$\text{Volumen necesario (m}^3\text{)} = \text{Vida útil (años)} \times \text{Volumen eficaz (m}^3\text{/año)}$$

Situación ideal depositando solo RS no reutilizables:

$$V_n = 237.953,13 \text{ m}^3$$

Si se adopta la profundidad de la base del relleno sanitario en 3 metros, el área necesaria será de:

Situación ideal:

$$A_n = 7,93 \text{ ha } (\approx 290 \text{ m} \times 290 \text{ m})$$

Beckmann, Carolina Silvia

---

## **ANEXO B: CÁLCULO DE LA CELDA DIARIA**

La cantidad de basura para diseñar la celda diaria se puede obtener a partir de:

$$DSrs = DSp \cdot (7/dhab)$$

Donde:

DSrs: Cantidad media diaria de residuos en el relleno sanitario (tn/día)

DSp: Cantidad de residuos producidos por día (tn/día)

dhab: Días hábiles o laborables en una semana (6 días)

$$Vc = (DSrs / Drsm) \cdot m.c.$$

Donde:

Vc: Volumen de la celda diaria (m<sup>3</sup>)

Drsm: Densidad de los residuos recién compactados en el relleno sanitario (0,80 tn/m<sup>3</sup>)

m.c.: Material de cobertura (+25%)

## **ANEXO C: CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE BIOGÁS EN EL RELLENO SANITARIO**

### **Modelo LandGEM (Landfill Gas Emissions Model)**

Existen diferentes modelos cinéticos basados en el crecimiento bacteriano. Dada la dificultad de describir todas las variables que influyen en este proceso, es que los modelos existentes son simplificaciones apoyadas en principios fundamentales, con ajustes empíricos mediante constantes cinéticas.

Un modelo importante de esta categoría es el de LandGEM, el que asume que después de estabilizadas las condiciones anaeróbicas y de masa microbial, la producción de biogás es máxima. Pero a partir de ahí, la tasa decrece junto con la fracción orgánica de los desechos del relleno sanitario. Este modelo es recomendado por la “Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.” (EPA). El modelo consiste en la ecuación:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k L_0 \left( \frac{M_i}{10} \right) (e^{-kt_{ij}})$$

Siendo:

$Q_{CH_4}$ : Cantidad de gas metano generada en el año t [ $m^3/año$ ].

$L_0$ : Potencial de generación de metano [ $m^3/tn$ ].

$M_i$ : Cantidad de residuos promedios depositadas al año i [ $tn/año$ ].

$k$ : Tasa anual de generación de metano [ $1/año$ ].

$n$ : Año de cálculo (año inicial de disposición de residuos).

$t_{ij}$ : Edad de la "j" sección de los residuos depositados en año "i" [año].

- El potencial de generación de metano ( $L_0$ ) es una función casi exclusiva de la composición de los residuos. Su valor se estima en base al contenido de carbono del desecho, la fracción de carbono biodegradable y un factor de conversión estequiométrico. Si se tiene información del sitio, se puede estimar el valor de  $L_0$  empleando la ecuación:

$$L_0 = 1000 \cdot MCF \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot F \cdot (16/12)$$

Donde:

MCF: Factor de corrección de metano.

DOC: Factor de ajuste de la composición de los residuos.

$DOC_f$ : Factor de proporción de carbono disponible convertida en biogás.

F: Fracción de metano contenido en biogás, su asume típicamente 0,5.

El factor 16/12 corresponde a la constante estequiométrica.

❖ MCF depende de la profundidad y el tipo de relleno sanitario, los valores estimados se observan en la siguiente tabla:

Tabla 13: Estimación del factor de corrección de metano

<b>Manejo del sitio</b>	<b>Profundidad &lt; 5 m</b>	<b>Profundidad ≥ 5 m</b>
Sin manejo	0,4	0,8
Con manejo	0,8	1,0
Semi-aeróbico	0,4	0,5
Condición desconocida	0,4	0,8

Beckmann, Carolina Silvia

---

❖ DOC depende la composición de los residuos orgánicos, los que son divididos en 4 categorías. Se calcula mediante la ecuación:

$$DOC = 0,4 \cdot A + 0,17 \cdot B + 0,15 \cdot C + 0,3 \cdot D$$

Donde:

A: Porcentaje de residuos que corresponden a papel, cartón y textiles.

B: Porcentaje de residuos que corresponde a desechos de jardín u orgánicos putrescibles (excluidos los alimentos).

C: Porcentaje de residuos que corresponden a desechos de alimentos.

D: Porcentaje de residuos que corresponden a madera y paja.

❖  $DOC_F$  representa la porción de materia orgánica que es convertida en biogás, su cálculo está basado en un modelo teórico que varía solo con la temperatura en la zona anaeróbica del relleno sanitario, el cual se observa en la siguiente ecuación. El valor predeterminado utilizado por la IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) es de 0,77.

$$DOC_F = 0,014 \cdot T + 0,28$$

En que:

T: Temperatura [°C].

- La tasa anual de generación de metano (k) depende de parámetros específicos del lugar en que se encuentra el relleno sanitario, como por ejemplo: contenido de humedad, temperatura, potencial de óxido reducción, pH, densidad y tamaño de las partículas del relleno. Aunque se sabe cuáles parámetros impactan la tasa anual de generación de metano, no existe una relación matemática entre estos.

Hay 4 formas tradicionales para determina el valor de “k” para un relleno sanitario:

- Comparando con otros rellenos sanitarios de condiciones similares cuyos valores de k son conocidos,
- Usando la información del flujo de gas de un sistema de extracción y las condiciones específicas de residuos para estimar k.
- Estimar k en base a información histórica de las emisiones de un relleno sanitario.
- Instalar una chimenea de extracción y usar el método USEPA 2E.

Se identifican cuatro factores clave de mayor impacto en “k” que son: la precipitación media anual, temperatura promedio diaria, fracción biodegradable de los residuos y la profundidad del relleno sanitario.

El rango típico es de 0,01 a 0,10 (unidades = 1/año).

Para el cálculo del biogás generado se partirá de los datos de composición de residuos depositados en el relleno sanitario. Se distinguirán al menos estos tipos de residuo:

RVP: residuo rápidamente biodegradable (residuo alimentario, residuo vegetal).

RLP: residuo lentamente biodegradable (papel, cartón, tejidos y textiles, madera).

RNP: residuo no degradable biológicamente (plástico, vidrio e inertes, metales).

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

Tabla 14: Composición de los RSU de la República Argentina

<b>Componentes</b>	<b>Residuos en %</b>	<b>RVP; RLP; RNP</b>
<b>Desechos alimenticios</b>	<b>38,74%</b>	<b>38,74%</b>
<b>Papeles y cartones</b>	<b>13,99%</b>	<b>35,30%</b>
Diarios y revistas	2,15%	
Papel de oficina (alta calidad)	0,71%	
Papel mezclado	6,33%	
Cartón	3,96%	
Envases tetrabrik	0,84%	
<b>Materiales textiles</b>	<b>4,50%</b>	
<b>Madera</b>	<b>1,09%</b>	
<b>Pañales descartables y apósitos</b>	<b>5,77%</b>	
<b>Residuos de poda y jardín</b>	<b>9,95%</b>	
<b>Plásticos</b>	<b>14,61%</b>	
PET	2,30%	
PEAD	1,77%	
PVC	0,54%	
PEBD	5,82%	
PP	2,50%	
PS	1,42%	
Otros	0,26%	
<b>Vidrio</b>	<b>3,16%</b>	
Verde	1,59%	
Ámbar	0,40%	
Blanco	1,14%	
Plano	0,03%	
<b>Metales ferrosos</b>	<b>1,43%</b>	
<b>Metales no ferrosos</b>	<b>0,41%</b>	
<b>Goma, cuero, corcho</b>	<b>1,26%</b>	
<b>Pilas</b>	<b>0,002%</b>	
<b>Aerosoles</b>	<b>0,17%</b>	
<b>Materiales de construcción y demolición</b>	<b>2,05%</b>	
<b>Residuos peligrosos y patológicos*</b>	<b>0,22%</b>	
<b>Misceláneas menores a 25,4mm**</b>	<b>2,59%</b>	
<b>Material electrónico</b>	<b>0,02%</b>	
<b>Otros</b>	<b>0,04%</b>	

\*Se consideran como residuos peligrosos a los contenedores de: productos para el mantenimiento del hogar (tales como pintura al aceite, removedor, solventes y aguarrás, esmaltes, thinner, selladores, barnices y adhesivos), productos para los automotores (fluidos lubricantes en general: aceites y grasas para el automotor, aditivos varios, ceras, lustres, limpiadores, líquido de frenos, líquido refrigerante); Productos para la limpieza y desinfección del

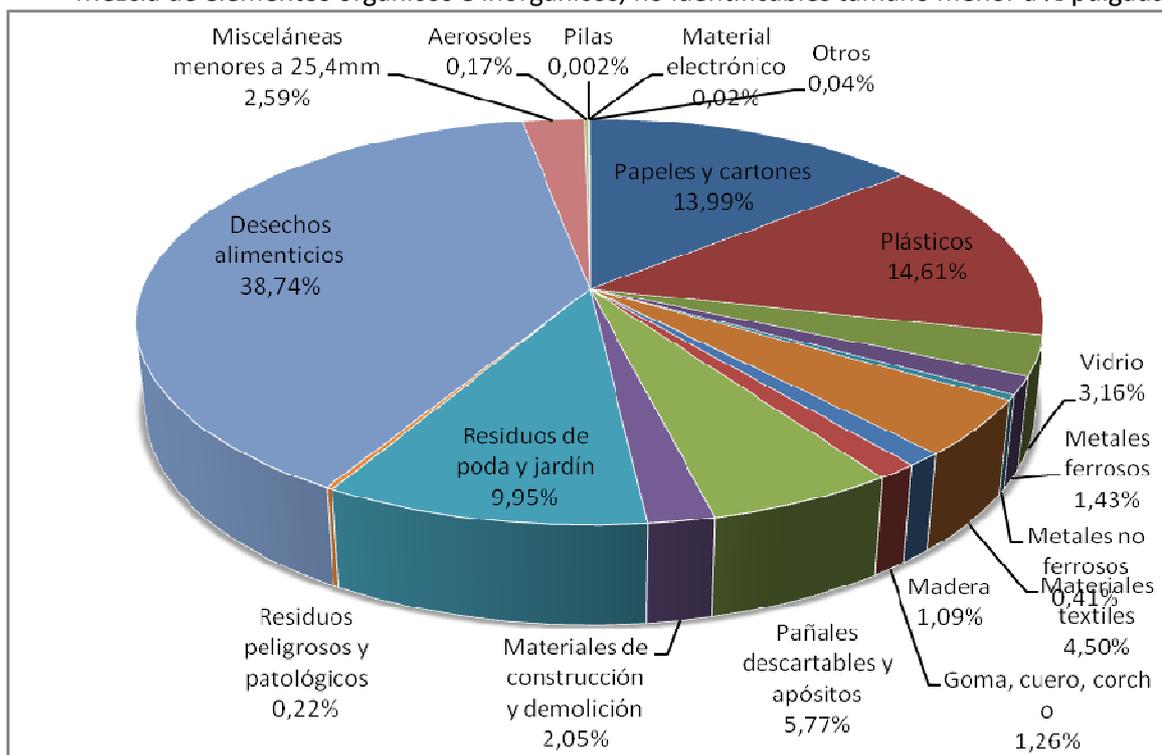
**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

hogar (tales como envases de: desinfectantes, desengrasantes, limpiadores de horno, lustramuebles, pule-metal, limpiavidrios, destapa-cañerías); Elementos de cosmética y tocador (tales como: tintura de pelo, cera depiladora, esmalte y quitaesmalte); Medicamento; Productos de jardinería (envases de insecticidas, pesticidas y herbicidas, fungicidas y preservantes de madera), Anilinas; Aerosoles de gas para encendedores y Elementos de Fotografía (fijador para fotografía).

\*\*Mezcla de elementos orgánicos e inorgánicos, no identificables tamaño menor a ½ pulgada.



**Figura 13: Composición física promedio de los RSU en la República Argentina**

En este caso se tiene un porcentaje de residuos rápidamente biodegradables del 38,74%, un 35,30% de residuos lentamente biodegradables y un 25,96% de residuos no biodegradables. Solamente los primeros y segundos producirán biogás.

❖ Factor de ajuste de la composición de los residuos:

$$DOC = 0,4 \cdot 18,49\% + 0,17 \cdot 15,72\% + 0,15 \cdot 38,74\% + 0,3 \cdot 1,09\% = 0,1621$$

❖ Factor de proporción de carbono disponible convertida en biogás:

$$DOC_f = 0,014 \cdot T + 0,28 = 0,77$$

❖ Fracción de metano contenido en biogás:

$$F = 0,5$$

❖ Factor de corrección de metano:

$$MCF = 0,8 \text{ (Con manejo del sitio y profundidad menor a 5 metros)}$$

❖ Potencial de generación de metano:

$$L_0 = 1000 \cdot 0,8 \cdot 0,1621 \cdot 0,77 \cdot 0,5 \cdot (16/12) = 66,57 \text{ m}^3/\text{tn}$$

❖ Tasa anual de generación de metano:

$$k = 0,1 \text{ año}^{-1} \text{ (valor adoptado)}$$

❖ Cantidad de gas metano generada:

Tabla 15: Cálculo de la generación de biogás

Año	Generación total (tn/año)	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024	2.025	2.026	2.027	2.028	2.029	2.030	2.031	2.032	2.033
2.018	55.941	33.696	18.365	9.057	4.042	1.632	596	197	59	16	4	1	0	0	0	0	0
2.019	56.281		33.901	18.477	9.112	4.066	1.642	600	198	59	16	4	1	0	0	0	0
2.020	56.621			34.106	18.589	9.167	4.091	1.652	603	199	60	16	4	1	0	0	0
2.021	56.961				34.311	18.700	9.222	4.115	1.662	607	201	60	16	4	1	0	0
2.022	57.302					34.516	18.812	9.277	4.140	1.672	611	202	60	16	4	1	0
2.023	57.643						34.721	18.924	9.333	4.165	1.682	614	203	61	16	4	1
2.024	57.985							34.927	19.036	9.388	4.189	1.691	618	204	61	17	4
2.025	58.327								35.133	19.149	9.443	4.214	1.701	622	205	61	17
2.026	58.669									35.339	19.261	9.499	4.239	1.711	625	207	62
2.027	59.012										35.546	19.373	9.554	4.263	1.721	629	208
2.028	59.355											35.752	19.486	9.610	4.288	1.731	633
2.029	59.698												35.959	19.599	9.665	4.313	1.741
2.030	60.042													36.166	19.712	9.721	4.338
Totales	Prod. biogás (m <sup>3</sup> /año)	33.696	52.266	61.639	66.053	68.081	69.085	69.693	70.164	70.594	71.012	71.427	71.842	72.258	36.300	16.684	7.003
	Prod. biogás (m <sup>3</sup> /día)	92,32	143,19	168,88	180,97	186,52	189,27	190,94	192,23	193,41	194,55	195,69	196,83	197,97	99,45	45,71	19,19
	Prod. biogás extraída (m <sup>3</sup> /año)	28.642	44.426	52.394	56.145	57.869	58.722	59.239	59.640	60.005	60.360	60.713	61.066	61.419	30.855	14.182	5.953
	Prod. biogás extraída (m <sup>3</sup> /día)	78,47	121,72	143,54	153,82	158,55	160,88	162,30	163,40	164,40	165,37	166,34	167,30	168,27	84,53	38,85	16,31



**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

Se debe tener en cuenta que no todo el biogás generado podrá ser captado, ya que parte escapará al sellado o quedará acumulado en bolsas en el relleno sanitario. Por ello se supone un porcentaje de biogás captable (mientras que el resto no se recuperará), en la práctica sólo un 70 a 85% resulta ser extraíble. Por tanto, a efectos de cálculo y dimensionamiento de la red de captación y del conjunto de antorcha y soplante se deberá tener en cuenta el dato de producción de biogás captable anual que será igual a la cantidad de biogás generada multiplicada por un factor que en este caso es igual a 0,85.

#### ANEXO D: DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN MÍNIMO DE LA Balsa DE LIXIVIADOS

El método que se utilizará para la determinación del volumen mínimo a conferir a la balsa de almacenamiento de lixiviados con el fin de que sea capaz de albergar el volumen de estos efluentes líquidos generados a raíz de un episodio lluvioso determinado, para un periodo de retorno determinado, sin que se produzcan reboses, estará basado en los siguientes criterios:

- Se considerará que toda el agua que cae sobre la superficie de vertido traspasa la masas de residuos depositados y es recogida por la red de lixiviados proyectada despreciando la absorción de agua que se pudiera producir por parte de los residuos depositados.
- Se considerará como área tributaria de la balsa de lixiviados la proyección horizontal del vaso de vertido que se encuentre o se pueda encontrar ocupado por residuos en algún momento a lo largo de la vida útil de la instalación.

Por otra parte, se considerará un periodo de retorno de 500 años para la determinación del volumen de la balsa de lixiviados, adoptando de esta forma un criterio de seguridad máxima frente a reboses y salidas de estos efluentes hacia el entorno, ya sea hacia las aguas superficiales como hacia las aguas subterráneas.

Teniendo en cuenta los criterios apuntados, el volumen mínimo que deberá tener la balsa de lixiviados vendrá determinado por la expresión siguiente:

$$VB = Pd \cdot Av$$

Siendo:

Pd: Precipitación máxima diaria para el periodo de retorno considerado.

Av: Área del vaso de vertido en proyección horizontal.

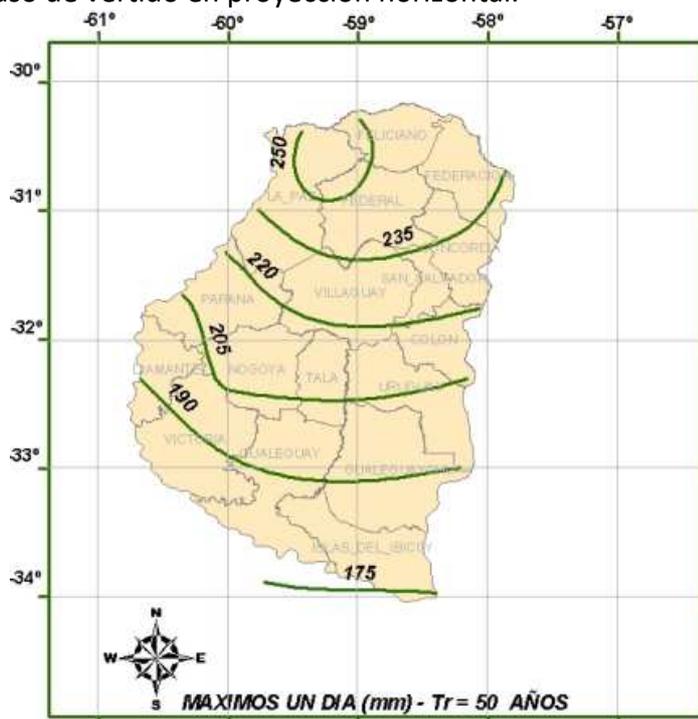


Figura 14: Precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 50 años

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

$$Pd = 230 \text{ mm} = 0,230 \text{ m}$$

$$Av = 300 \text{ m} \cdot 300 \text{ m} = 90.000 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$VB = 20.700 \text{ m}^3$$

Si la profundidad de la balsa de lixiviados se fija en 3 metros, sus dimensiones en planta serán de 100 m x 69 m.

### **ANEXO E: DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL ÁREA DE EMERGENCIA**

Las dimensiones de esta área de emergencia dependerán de la capacidad diaria del relleno sanitario, es decir el volumen de residuos que se recibe diariamente. Además se debe considerar un tiempo mínimo de 3 días para depósito temporal de los residuos cuando se lo requiera.

Se considera una altura de la pila de residuos de 4 metros, y una densidad media de los mismos de 200 - 300 kg/m<sup>3</sup>, lo que nos resultará la superficie requerida:

$$\text{Área} = \frac{\text{Toneladaresiduo(tn/día)} \cdot \text{Días}}{\text{Densidad(tn/m}^3\text{)} \cdot \text{Alturapila(4m)}}$$

Considerando 4 días para el depósito provisorio de los residuos, densidad promedio obtenida de 0,250 tn/m<sup>3</sup> y que para el año 2.030 se estimó que se generarán 163,13 tn/día, se obtiene un área aproximada de 655 m<sup>2</sup>.

Beckmann, Carolina Silvia

---

## **ANEXO F: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERSONAL**

La construcción, operación, control y mantenimiento del relleno sanitario exige la necesidad de una lista de personal estructurado de tal manera que exista una coordinación de funciones y actividades deseadas para que el relleno opere eficientemente.

La cantidad de personal que trabaje en el sitio variará de acuerdo con la magnitud de los trabajos realizados en un momento determinado de la obra. Es decir, durante la etapa de construcción del relleno sanitario (conformación de la primera plataforma e infraestructura general) trabajará una cuadrilla de trabajo diferente a la que operará el relleno una vez iniciado las actividades.

A continuación se describen el número y puestos de personas requeridas para la operación del relleno sanitario.

Tabla 16: Requerimiento de Personal

Puesto	Total
Residente General	1
Auxiliar Administrativo	1
Coordinador Operativo	1
Secretario	1
Basculista	1
Analista	1
Chofer de camioneta	1
Mecánico	2
Ayudante de maquinaria pesada	1
Operador de Maquinaria	4
Chofer de volteo	2
Acomodador	1
Examinador de material de cobertura	1
Examinador de Maquinaria	1
Velador	1
Vigilante	2
Almacenista	1
Topógrafo	1
Cuadrilla de topografía	2
Brigada de limpieza	4
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>

Las características generales del personal que operará el relleno sanitario serán las siguientes:

- **PUESTO: RESIDENTE GENERAL**

**ACTIVIDAD.** Es quien verifica en forma coordinada las diversas operaciones para el funcionamiento, conservación, mantenimiento y conclusión del relleno sanitario; asume

Beckmann, Carolina Silvia

---

las funciones técnico-administrativas de recibir órdenes, ordenar, ejecutar, controlar, concentrar información y elaborar informes.

**FUNCIÓN.** Técnico especializado directamente responsable del relleno sanitario; debe establecer la planeación, programación, observar su avance, comportamiento, tomando las medidas necesarias para la conservación, mantenimiento y operación del mismo.

Programar, organizar y controlar las actividades que desarrollan las diferentes áreas del relleno sanitario, conforme a los objetivos, políticas y programas establecidos por la dirección.

Planear con el coordinador operativo y el topógrafo la forma en que deberán realizarse las operaciones en el frente de trabajo y en las actividades de cobertura en el relleno sanitario, con base en la información proporcionados por el Auxiliar administrativo.

Coordinar y controlar para que el coordinador operativo efectúe las operaciones de acomodo, descarga, extendido, compactación y cobertura de los residuos sólidos en las celdas programadas.

Coordinar y controlar que el auxiliar administrativo le proporcione información oportuna y confiable de las operaciones efectuadas en la operación del relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el encargado de sistemas le proporcione información oportuna y confiable de las operaciones efectuadas en la operación del relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el topógrafo realice los estudios necesarios para la determinación de los avances en la operación del relleno sanitario.

Coordinar y controlar el cumplimiento de las normas y políticas establecidas en la administración del personal del relleno.

Coordinar y controlar las actividades de la secretaria para que proporcione apoyo eficiente a las diferentes áreas del relleno sanitario.

Realizar anualmente la programación de la operación del relleno sanitario.

Proporcionar información oportuna y confiable a supervisores en relación a la operación del relleno sanitario, así como realizar los estudios (volúmenes de residuos sólidos y de material de cobertura y otros reportes específicos relacionados con el avance de la obra) solicitados por los mismos.

Enviar los informes programados y establecidos por su superior.

- **PUESTO: COORDINADOR OPERATIVO**

**ACTIVIDAD.** Es el trabajador que coordina y controla las operaciones de descarga y de cobertura de residuos sólidos en el relleno sanitario.

**FUNCIÓN.** Supervisar que se realicen las operaciones de descarga y cobertura de residuos sólidos de acuerdo a lo establecido.

Coordinar y controlar a todo el personal que se encuentre en la zona de operaciones utilice el equipo de seguridad asignado para la realización de sus labores.

Coordinar el uso de la maquinaria pesada, así como la distribución de materiales de cobertura para la realización de las operaciones en el relleno sanitario.

Supervisar que la información proporcionada al auxiliar administrativo en relación a las operaciones de descarga de los residuos sólidos en el relleno, sea oportuna.

Supervisar que los caminos y accesos a la zona de tiro se encuentren en condiciones óptimas para la operación del relleno.

Beckmann, Carolina Silvia

---

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el residente.

- **PUESTO: EXAMINADOR DE MATERIAL DE COBERTURA**

**ACTIVIDAD.** Proporcionar información referente a los vehículos con materiales de cobertura que entran al relleno sanitario.

**FUNCIÓN.** Registrar la hora de entrada y salida, el número de placas, tipo de material, la cubicación y la zona de relleno sanitario a la cual debe dirigirse el vehículo, así como recoger el vale que le entrega el chofer.

Verificar el contenido de los vehículos que ingresan con material de cobertura al relleno sanitario.

Entregar diariamente al área de sistemas los registros de ingreso de materiales de cobertura.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el coordinador de operaciones y el área de sistemas.

- **PUESTO: ACOMODADOR**

**ACTIVIDAD.** Apoyar en las maniobras de descarga de residuos sólidos y de materiales de cobertura a los choferes de los vehículos de acuerdo a lo planeado.

**FUNCIÓN.** Indicar a los choferes y a los operadores de maquinaria el lugar de las celdas donde deberán descargar los residuos sólidos y materiales de cobertura.

Reportar a los choferes con sobrestante de operaciones cuando no efectúen las operaciones de descarga de acuerdo a sus indicaciones.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el coordinador de operaciones.

- **PUESTO: TOPÓGRAFO**

**ACTIVIDAD.** Planear, organizar, integrar, dirigir, y controlar la realización de los estudios topográficos del relleno sanitario.

**FUNCIÓN.** Planear con el residente y coordinador de operaciones la forma en que deberán realizarse las operaciones de descarga de los residuos sólidos y de material de cobertura en el relleno sanitario con base en la información proporcionada por el área de sistemas a la residencia.

Coordinar y controlar la realización de los estudios topográficos necesarios para la determinación de los avances en la operación del relleno sanitario. Con base a la información proporcionada por el ayudante del topógrafo.

Coordinar y controlar la realización de los estudios topográficos para la operación futura del relleno sanitario.

Supervisar y controlar las actividades realizadas por los ayudantes de topógrafo.

Solicitar el apoyo a la secretaría para la escritura de los informes elaborados en el área.

Proporcionar información oportuna y confiable al residente en relación a la operación del relleno sanitario, así como realizar los estudios solicitados por el mismo.

Realizar las demás funciones inherentes a su puesto que le sean encomendadas por el residente.

Beckmann, Carolina Silvia

---

- **PUESTO: CUADRILLA DE TOPOGRAFÍA**

**ACTIVIDAD.** Son los auxiliares del topógrafo para realizar nivelaciones, colocación de estacas y monumentos dentro del relleno sanitario.

**FUNCIÓN.** Utilizan equipo de apoyo para el área de topografía en nivelaciones y levantamientos topográficos.

- **PUESTO: OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA**

**ACTIVIDAD.** Realizar las actividades de excavación, empuje, acomodo y compactación de los residuos sólidos y materiales de cobertura en el relleno sanitario, además de operar los controles procede a mover tierra, desmontar, excavar canales, nivelar terrenos y otras obras semejantes en la construcción de caminos, demoliciones, trabajos similares. Puede realizar pequeñas reparaciones a la máquina o reportarla para mantenimiento y reparación.

**FUNCIÓN.** Este trabajador es parte fundamental en la operación del relleno sanitario de acuerdo al método de operación seleccionado ya que inicialmente realizará la preparación de la base conforme a los niveles de desplante del proyecto realizado, extendiendo o compactando el área por utilizar y con el equipo mecánico correspondiente.

Revisar el adecuado funcionamiento de la maquinaria pesada.

Realizar la operación de la maquinaria pesada para efectuar las tareas del relleno sanitario.

Realizar, en su caso, el empuje de los residuos sólidos en las celdas del relleno sanitario con la maquinaria pesada adecuada.

Operar la maquinaria pesada para realizar las tareas de compactación de los residuos sólidos.

Realizar, en su caso, las tareas de cobertura de residuos sólidos con el material de cobertura y la maquinaria pesada adecuada.

Informar a los examinadores de maquinaria y al coordinador de operaciones las fallas detectadas en la maquinaria.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el coordinador de operaciones.

- **PUESTO: EXAMINADOR DE MAQUINARIA**

**ACTIVIDAD.** Llevar el control de tiempos y movimientos de la maquinaria pesada utilizada en la operación del relleno sanitario.

**FUNCIÓN.** Registrar hora de inicio y terminación de operaciones de todas y cada una de las maquinas utilizadas en la operación.

Registrar tiempos muertos por desperfectos mecánicos u otros.

Entregar diariamente bajo los formatos establecidos los informes relativos a cada máquina al área de sistemas.

- **PUESTO: CHOFER DE CAMIÓN DE VOLTEO**

**ACTIVIDAD.** Es el trabajador que opera un camión de volteo para el transporte de materiales geológicos, térreos y/o de construcción. Verifica el funcionamiento del vehículo y lo conduce hasta el sitio de carga de material de cubierta para después, una

## “Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

vez cargado, llevarlo hasta el frente de trabajo, donde lo descargará, previa indicación del controlador del frente de trabajo. Este trabajador deberá tener el tipo de licencia correspondiente que lo acredite como calificado para conducir este tipo de vehículo. Puede realizar algunas reparaciones al vehículo, reportarlo o conducirlo al taller mecánico para su reparación.

**FUNCIÓN.** Está encargado de abastecer al frente de trabajo del material de cubierta que se requiera en el transcurso de una jornada.

También podrá transportar materiales geológicos y/o de construcción para realizar reparaciones en caminos o alguna obra de infraestructura del relleno sanitario.

Revisar el funcionamiento del vehículo y reportar, en su caso, los desperfectos al coordinador operativo.

Abastecer al vehículo con los materiales de cobertura.

Apoyar actividades encomendadas de acuerdo a las instrucciones del coordinador de operaciones.

Recabar los vales correspondientes al examinador de materiales de cobertura y entregarlo al coordinador de operaciones al término de su jornada.

Realizar las operaciones de descarga en el lugar indicado por el acomodador.

Mantener aseado y engrasado el vehículo.

Efectuar reparaciones menores o elementales al vehículo en caso de desperfecto en tránsito.

- **PUESTO: CHOFER DE CAMIONETA**

**ACTIVIDAD.** Es el trabajador que opera una camioneta para el transporte de carga. Verifica el funcionamiento del vehículo y lo conduce hasta el lugar donde recoge la carga, opera la camioneta hasta su destino, donde entrega correcta la carga, y presenta la documentación que la ampara. Este trabajador deberá tener el tipo de licencia correspondiente que lo acredite como calificado para conducir esta clase de vehículo. Puede realizar pequeñas reparaciones al vehículo, reportarlo y/o conducirlo al taller mecánico para su reparación.

**FUNCIÓN.** Está encargado de abastecer de combustibles, refacciones, aceites y agua para la operación y mantenimiento del equipo mecánico.

También podrá transportar al personal que trabaje en el relleno desde algún lugar específico hasta la zona de trabajo; desarrollará actividades complementarias de mensajero.

- **PUESTO: ANALISTA**

**ACTIVIDAD.** Proporcionar información referente a los vehículos que ingresan al relleno sanitario.

**FUNCIÓN.** Supervisar que la información proporcionada por los examinadores de entrada y salida de vehículos, de materiales de cobertura, sea confiable y oportuna.

Mantener actualizada diariamente el registro de ingresos de vehículos con base en la información proporcionada por los examinadores.

Proporcionar la información contenida en el registro al analista administrativo.

Elaborar y entregar al encargado administrativo la relación con el número de vales correspondientes al material de cobertura que ingresan al relleno sanitario.

## “Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

Realizar las demás funciones inherentes a su puesto que sean encomendadas por el auxiliar administrativo.

- **PUESTO: SECRETARIO**

**ACTIVIDAD.** Es la persona que reproduce en computadora, maneja el archivo, lleva registros y puede realizar otras labores de oficina.

**FUNCIÓN.** Esta persona permanecerá en la oficina del relleno sanitario, actuará como apoyo administrativo del residente, coordinador y auxiliar administrativo. Será el encargado de archivar todo lo relativo al costo, funcionamiento, información técnica y administrativa del relleno, así como contestar toda la correspondencia relativa al relleno sanitario.

Archivar y controlar todo tipo de escritos, memorias, oficios, informes, documentos y facturas que deban permanecer en las oficinas del relleno.

Atender a los visitantes autorizados al relleno sanitario.

Distribuir la correspondencia recibida en el relleno.

Solicitar al área de adquisiciones la papelería de artículos de oficina requeridos para la realización de las actividades del relleno sanitario.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el residente.

- **PUESTO: AUXILIAR ADMINISTRATIVO**

**ACTIVIDAD.** Es el trabajador administrativo que se encarga de llevar la administración directa del relleno sanitario, registrando los ingresos y egresos correspondientes, mediante la aplicación de un sistema de contabilidad general.

Reclutamiento, selección de personal, capacitación, así como lo referente a higiene y seguridad dentro del relleno.

**FUNCIÓN.** Este trabajador permanecerá en la oficina del residente general del relleno sanitario, será el encargado de llevar la contabilidad general del relleno sanitario.

Proporcionar la información al residente con relación a las operaciones de ingreso de residuos sólidos y de material de cobertura en el relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el área de sistemas capture y registre la información relacionada con la entrada y salida de vehículos del relleno sanitario.

Coordinar y controlar que el área de sistemas proporcione oportunamente la información, relacionada con la entrada y salida de vehículos del relleno sanitario.

Coordinar y controlar oportunamente al área de sistemas, el tiempo real de uso de la maquinaria pesada y de vehículos, y del cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Coordinar y controlar oportunamente al área de sistemas la información relacionada con los inventarios de almacén, así como de las cotizaciones efectuadas para la adquisición de las refacciones, papelería y mercaderías por el residente de servicios generales.

Revisar y autorizar las facturas de proveedores.

Efectuar, en su caso, los acuerdos con los propietarios de la maquinaria pesada, si fuera el caso.

Beckmann, Carolina Silvia

---

Supervisar quincenalmente que se realice oportunamente el pago de la nómina del personal del relleno.

Autorizar el rol de guardias del personal operativo y de vigilancia del relleno sanitario.

Coordinar y controlar quincenalmente información confiable con relación a las faltas, retardos y permisos del personal del relleno sanitario para que sea notificada a la residencia.

Supervisar el cumplimiento de las normas políticas establecidas en la administración del personal del relleno.

Realizar las demás funciones inherentes al puesto que le sean encomendadas por el residente.

También tendrá a su cargo todos los trámites administrativos del personal que trabaja en la operación del relleno tales como: tarjetas de control, establecer las jornadas y horarios de personal, roles de trabajo, etc.

A través de este trabajador se hará la petición de los suministros de combustibles o materiales necesarios para el correcto funcionamiento del relleno sanitario.

- **PUESTO: VIGILANTE**

**ACTIVIDAD.** Es el trabajador que realiza las labores de vigilancia durante el día; controla las entradas y salidas de materiales, productos, mercaderías u otros artículos que se manejan en el establecimiento, dentro de las horas de trabajo normal; cierra y abre la puerta de acceso al sitio, lleva registros y listas de los movimientos ejecutados diariamente, al terminar su jornada rinde un informe de las irregularidades observadas.

Proteger las actividades del personal, los materiales, maquinaria pesada, oficinas, vehículos e instalaciones del relleno sanitario.

**FUNCIÓN.** Deberá permanecer en la caseta asignada a esta función, su actividad es abrir y cerrar las puertas de acceso a los camiones recolectores tanto del municipio como de particulares o concesionarios que lo soliciten permitiendo el paso a aquellos que contengan únicamente residuos sólidos municipales.

Para personas extrañas a la operación del relleno sanitario únicamente se permitirá su paso mediante la autorización correspondiente del residente del relleno sanitario.

No deberá permitir la descarga de residuos sólidos de una manera indiscriminada dentro del establecimiento ni en sus alrededores, por los choferes de los camiones.

Presentar al residente y encargado administrativo el informe de irregularidades observadas.

- **PUESTO: VELADOR**

**ACTIVIDAD.** Es el trabajador que realiza las labores de vigilancia durante la noche. Recorre las diferentes áreas del establecimiento anotando su paso, vigila al personal que entra y sale del establecimiento después de las horas de trabajo normal, cierra puertas y contesta llamadas telefónicas. Al terminar su jornada rinde un informe de las irregularidades observadas. En el desempeño de su trabajo puede usar armas de fuego.

**FUNCIÓN.** Este trabajador dentro de la operación del relleno sanitario será reportar los vehículos particulares que descarguen sus residuos sólidos en las áreas próximas al relleno sanitario.

## “Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

Estar pendiente de cualquier eventualidad, como incendio de los residuos o algún pozo de biogás, inundaciones o daños a caminos por lluvia, etc., a fin de reportarlo inmediatamente o tomar las medidas preliminares que resulten convenientes.

- **PUESTO: BRIGADA DE LIMPIEZA**

**ACTIVIDAD.** Realiza las actividades de limpieza del relleno sanitario.

**FUNCIÓN.** Realizar la limpieza para mantener en condiciones higiénicas las oficinas, instalaciones y celdas de relleno.

Elaborar el control del uso y aprovechamiento del equipo y utensilios de limpieza.

Realizar las demás actividades inherentes al puesto que le sean encomendadas por el encargado de administrativo y el de servicios generales.

Controlar que las actividades de limpieza de las oficinas, instalaciones y celdas del relleno sanitario sean coordinadas satisfactoriamente por el jefe de brigada de limpieza.

- **PUESTO: MECÁNICO**

**ACTIVIDAD.** Realizar el mantenimiento correctivo y preventivo de la maquinaria pesada y equipo.

**FUNCIÓN.** Realizar el mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo de acuerdo a lo programado.

Revisar y diagnosticar los sistemas de la maquinaria y equipo, en su caso requerido, realizar la reparación de los mismos.

Solicitar las piezas requeridas para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, así como de todos aquellos materiales necesarios al Encargado administrativo y al almacenista.

Custodiar las herramientas de trabajo y verificar su buen uso y conservación.

Vigilar que su ayudante realice las tareas requeridas en el taller.

Mantener constante comunicación con el coordinador de operaciones con el fin de reportar los desperfectos detectados en los vehículos debido a un mal uso o falta de mantenimiento.

Realizar las demás funciones inherentes a su puesto que le sean encomendadas.

- **PUESTO: BASCULISTA**

**ACTIVIDAD.** Es quien controla a los pesos de los vehículos que ingresarán a depositar residuos al relleno sanitario.

**FUNCIÓN.** Este trabajador es el encargado directo para operar la báscula de pasaje por medio del impresor de boletos, también deberá reportar las fallas de la báscula al coordinador, informar diariamente sobre la cantidad de residuos sólidos pesados llevando un control sobre cada viaje y camión recolector.

- **PUESTO: ALMACENISTA**

**FUNCIÓN.** Es quien controla las entradas y salidas de materiales, productos, mercancías u otros artículos que se manejan en la bodega o almacén del que es responsable.

Vigila el orden dentro del establecimiento, supervisa o hace las entregas de los mismos mediante la documentación establecida; lleva registros, listas y archivo de los

**“Construcción de un módulo de relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Concordia”**

ETAPA 3: Prefactibilidad

Beckmann, Carolina Silvia

---

movimientos ejecutados diariamente; hace reportes y relaciones de materiales faltantes. Puede formular pedidos de materiales, etc.

- **PUESTO: AYUDANTE DEL OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA**

**ACTIVIDAD.** Es el trabajador que ejecuta labores de lubricación, limpieza y mantenimiento de las partes móviles del tractor; lava motor, revisa los niveles de combustibles, reponiendo el faltante o cambiándolo, según las indicaciones del operador, lubrica las partes provistas de graseras. Se auxilia de herramientas propias del oficio.

**FUNCIÓN.** Dentro de la operación del relleno sanitario, este trabajador ayuda al operador a llenar el tanque del combustible, a levantar, inclinar o nivelar la hoja topadora, acomodar mediante un rastrillo ciertos materiales voluminosos para su compactación, limpia las orugas o carriles del tractor, también ayuda a colocar las cadenas para el remolque de camiones atascados.

Recibe las instrucciones del operador para indicarle a los choferes de los camiones recolectores el sitio exacto en donde deberán descargar los residuos sólidos o el material de cubierta cuando el método lo requiera.