

Mendoza 25 de Agosto de 2014

Sra. Coordinadora GIRSU

Lic. Paula Kees

Presente.

Ref.: Contrato Préstamo 1868/OC-AR-2
PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RSU EN MUNICIPIOS TURÍSTICOS.
Subprograma 2
Consultor: Ing. Edgardo A. Espinoza
Nº de Contrato: 29/2014

De mi mayor consideración:

Por la presente me dirijo a Ud. a los efectos de adjuntar a la presente el 2º informe de la consultoría de referencia.

Saludo a Ud. muy cordialmente.

Mag. Ing. Edgardo A. Espinoza

Índice

1. Estudios de Suelo.....	3
2. Topografía del predio y Localización del Módulo:.....	10
3. Diseño del Módulo N°1:.....	13
3.1 Cantidad de Residuos a Disponer:	13
3.2 Densidad Final de Residuos Compactados	13
3.3 Volumen del Módulo N°1.	14
3.4 Balance de Suelos:	18
3.5 Impermeabilización del Módulo	21
3.6 Gestión de líquidos lixiviados (LL).....	22
3.7 Sistema de Captación de Gases	24
3.8 Coberturas	26
4. Consideraciones para el Emplazamiento del Sector Edificio.	27
5. Laguna de Retención de escurrimientos pluviales.	28
6. Laguna de Líquidos Lixiviados.....	29
7. Camino de Acceso. (Longitud 2.520 m)	30
8. Otras Obras Complementarias:	31
ANEXO I:.....	35
ANEXO II:.....	36

Informe Final

1. Estudios de Suelo

Los estudios de suelos realizados en el predio se realizaron en tres momentos distintos y en este informe se procederá a integrar los resultados de dichos estudios.

Los sondeos realizados por la UTN FRM, en el año 2000, fueron distribuidos en todo el predio y ninguno coincidió con la zona de emplazamiento del 1° Módulo. Dichos sondeos a partir de la información recopilada se observan en la Imagen 1(indicados con las siglas PE).

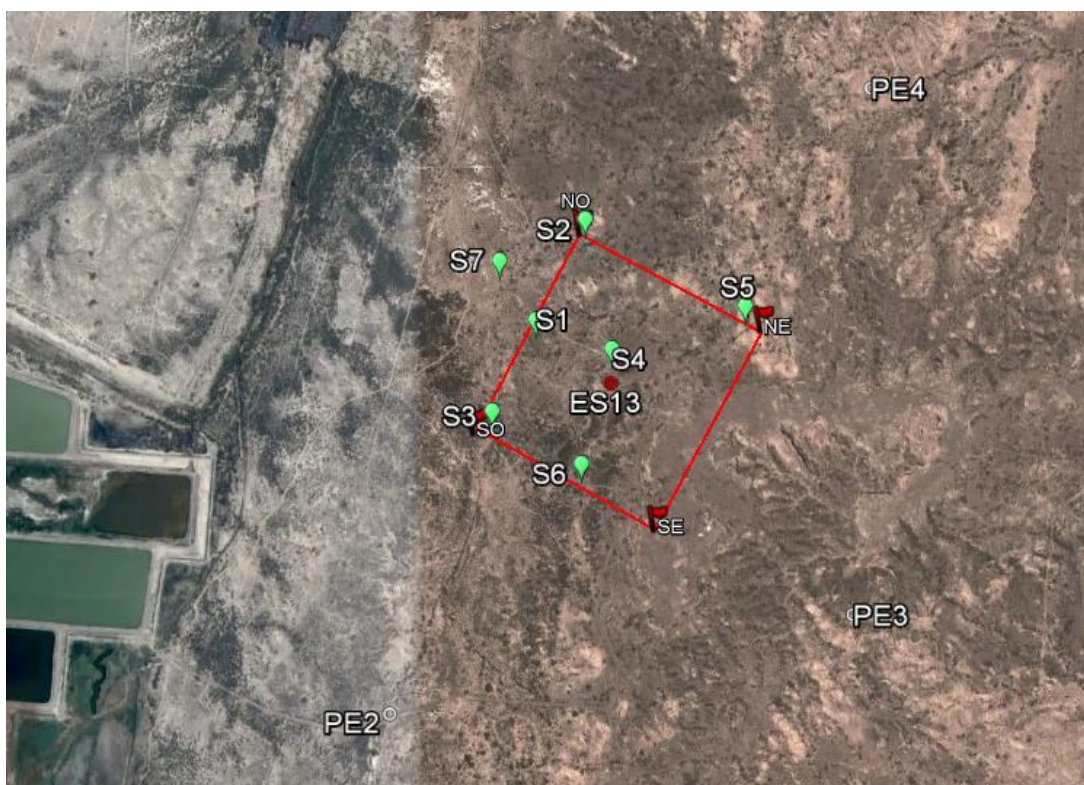


Imagen 1: Posición de Sondeos PE2,3,4 -UTN año 2000.

Tabla N°1: Coordenadas Geograficas de los Sondeos PE2, PE3 y PE4.

Referencia		Latitud	Longitud
Estudios suelos UTN-FRM Año 2000	PE2	32°46'54.60"S	68°46'43.30"O
	PE3	32°46'47.90"S	68°46'6.30"O
	PE4	32°46'12.23"S	68°46'4.48"O

Los resultados de estos sondeos en la zona próxima al emplazamiento del Módulo a construir se resumen, sus principales características, en los cuadros siguientes (Tabla N°2):

Tabla N°2: Perfiles Estratigráficos PE2, PE3 y PE4 (sondeos UTN-FRM 2000)

PERFIL ESTRATIGRAFICO N°2 (Coordenadas S = 32° 46' 54"				PERFIL ESTRATIGRAFICO N°4 (Coordenadas S = 32° 46' "				PERFIL ESTRATIGRAFICO N°3 (Coordenadas S = 32° 46' "			
Obra: Anteproyecto SGIRSU, Área Metropolitana, Campa				Obra: Anteproyecto SGIRSU, Área Metropolitana, Campa				Obra: Anteproyecto SGIRSU, Área Metropolitana, Campa			
Profundidad	Espesores	Litología	Densidad Relativa ó Consistencia	Profundidad	Espesores	Litología	Densidad Relativa ó Consistencia	Profundidad	Espesores	Litología	Densidad Relativa ó Consistencia
mts.	mts.			mts.	mts.			mts.	mts.		
	2,90	SM	Media en estado natural.						1,80	SM	Media en estado natural.
-2,90								-1,80			
-3,10	0,20	SM	Baja en estado natural.					-3,20	0,40	SM	Baja en estado natural.
	0,50	SM	Alta en estado natural.						0,80	SM	Alta en estado natural.
-3,70								-4,00			
	2,30	ML	Media en estado natural.						2,30	ML	Media en estado natural.
-6,00				-6,00				-6,00			

Fuente: SGIRSU¹ Área Metropolitana Mendoza UTN-FRM Año 2004.

De la observación de estos perfiles estratigráficos se puede decir que los sondeos presentan suelos excavables a máquina, hasta los 3.00 m de profundidad. En los sondeos PE2 y PE3, al Sur y al Sur-Este del Módulo a construir, existe la presencia de una capa compacta de arenas finas cementadas con carbonatos (tosca) de difícil excavación manual. En el PE4 (al Norte del 1° Módulo) esta capa no existe al menos hasta los 6.00 metros de profundidad.

La capacidad portante de estos suelos en los sondeos mencionados, de acuerdo a la profundidad, se observan en la Tabla siguiente y corresponden a valores a utilizar para la construcción edilicia en donde se minimizan los asentamientos admitidos.

Tabla N°2: Capacidad Portante

Profundidad	Rotura	Vertical + sismo	vertical
m	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
-0.70m	1.25	0.62kg	0.35
-1.00m	1.72	0.86	0.49
-2.00m	3.42	1.71	0.97
-2.60m	4.48	2.24	1.28

Fuente: SGIRSU Área Metropolitana Mendoza UTN-FRM Año 2004.

¹ Estudio de Consultoría para la realización de un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos para el Área Metropolitana Mendoza realizado por la UTN –FRM Año 2004 para la secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación..

Cabe mencionar que estas capacidades portantes no corresponden al lugar de emplazamiento propuesto para el Módulo pero sirve de marco de referencia del predio.

En Setiembre de 2013, el que suscribe, procedió a replantear la posición del 1º Módulo según la localización propuesta por IATASA (consultora contratada para realizar el proyecto en el año 2009), y a realizar sondeos con retroexcavadora, a los efectos de determinar: i) la posible existencia de suelos cementados (tosca), ii) la existencia de la napa freática y iii) la observación de los tipos de suelos excavados.

En dicha exploración se realizaron 7 excavaciones a máquina (sondeos S1 a S7 indicados en la Imagen 3) con los siguientes resultados observables en la Tabla N°3.



Imagen 2: Sondeos realizados en 2013 por el que suscribe.

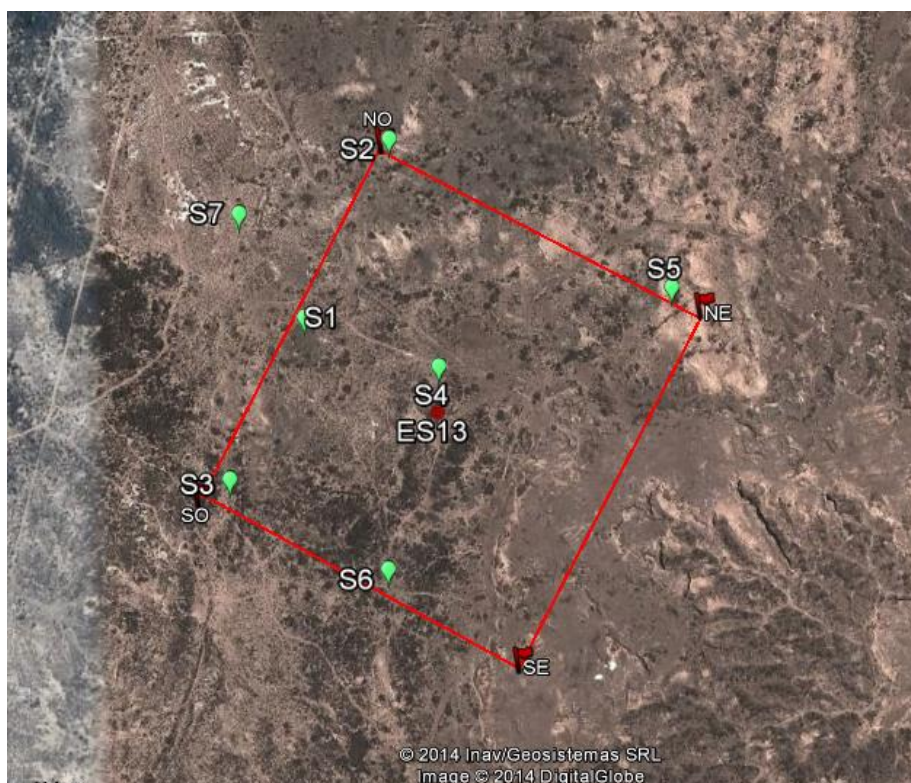


Imagen 3: Posición de los sondeos realizados a máquina (S1 a S7).

Referencias		Latitud	Longitud
Limites 1° Módulo (IATASA) Año 2009	NE	32°46'28.93"S	68°46'13.32"O
	NO	32°46'22.38"S	68°46'27.78"O
	SO	32°46'35.88"S	68°46'36.35"O
	SE	32°46'42.43"S	68°46'21.89"O
Sondeos Exploratorios realizados por Ing. Edgardo A. Espinoza Año 2013	S1	32°46'29.33"S	68°46'31.60"O
	S2	32°46'22.50"S	68°46'27.60"O
	S3	32°46'35.50"S	68°46'35.10"O
	S4	32°46'31.30"S	68°46'25.50"O
	S5	32°46'28.40"S	68°46'14.80"O
	S6	32°46'39.06"S	68°46'27.95"O
	S7	32°46'25.30"S	68°46'34.50"O
Estudio Suelos Ing. I. Maldonado Año 2013	ES13	32°46'32.32"S	68°46'25.57"O

Fuentes: Elaboración propia a partir del Plan de Gestión Integral de RSU (IATASA 2009) y de los Sondeos exploratorios realizados por el que suscribe.

Tabla N° 3: Resumen de sondeos con máquina.

S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7	
Profundidad	Tipo Suelo	Profundidad	Tipo Suelo	Profundidad	Tipo Suelo	Profundidad	Tipo Suelo	Profundidad	Tipo Suelo	Profundidad	Tipo Suelo	Profundidad	Tipo Suelo
0,50	Limo	0,50	Limo	0,50	Limo	0,50	Limo	0,60	Limo	0,40	Grava Arenosa	0,50	Limo
1,00		1,00		1,00		0,70	Grava Arenosa	0,70	Limo Arcilloso Compacto excavable	1,00	Limo	1,00	
1,50		1,50		1,40		1,50	Limo	1,50		1,50		1,30	Grava Arenosa
2,00		2,00		2,00	Grava Arenosa	2,00		2,00	Limo Arcilloso Compacto No Excavable	2,00		2,00	Limo
2,50	Limo Arcilloso Compacto mas humedo	2,50		2,50		2,50		2,30		2,50		2,50	
3,00		3,00		3,00		3,00		3,00		3,00		3,00	
3,50		3,40	Limo Arcilloso Compacto excavable	3,60		3,60	Limo Arcilloso Compacto excavable	3,60		3,50	Arena	3,50	
		+3,40				4,00		4,00		4,00			

Fuente: Sondeos realizados por el Ing. Edgardo A. Espinoza en Setiembre 2013.

De estos sondeos exploratorios (S1 a S7) se puede observar que el sondeo "S5" (esquina NE) presenta suelos cementados (tosca) a una profundidad de -2,30 m, respecto de la superficie del terreno. Este sondeo no pudo profundizarse con la retroexcavadora, lo que indica el grado de cohesión que presenta el suelo a partir de

dicha cota y su rotura podría demandar la utilización de equipos especiales (Topadoras de gran porte con escarificadores).

El resto de los sondeos exploratorios realizados indican suelos de las características de las arenas finas (SM) y los limos (ML), con la presencia de lentes de arenas y gravas mal graduadas en los sondeos "S3", "S4", "S6" y "S7".

Debido a que ninguno de los estudios geotécnicos realizados hasta el momento, coincidían con la probable posición del primer Módulo, se solicitó dicho estudio, el que fue realizado en la posición indicada como ES13² de la Figura N°3.

Dicho Estudio de Suelo mostró en los primeros 1,70m de profundidad, limos no plásticos, continuos, de color marrón claro, bajo tenor de humedad y con algunas esporádicas y discontinuas "lentejas muy finas" de gravas finas. Por debajo y hasta los -2,70m se presentaron arenas mal graduadas con tamaños máximos de granos de 1", con características de cantos rodados, de color gris claro y baja humedad. Posteriormente reapareció el limo descripto previamente y se mantuvo continuo hasta los -3,00m; para reaparecer nuevamente las arenas mal graduadas hasta los -4,00m analizados en forma destructiva.

De acuerdo a los ensayos no destructivos, estas alternancias se continúan hasta los -10,00m analizados sin la presencia de napas freáticas.

Superficialmente se detectó la presencia de suelos agresivos al contacto con el hormigón ($SO_4 = 0,15\%$). Las características resumidas del sondeo se puede observar en la Tabla N°4.

Tabla N°4: Perfil estratigráfico (ES13)

² Realizado por el Ing. Ignacio Maldonado. Estudio Suelo N°1114/13- 13 de Setiembre de 2013.

PERFIL ESTRATIGRAFICO																			
Fecha: Setiembre 2013																			
Proyecto: Sistema de Gestion Integral de RSU, para el Area Metropolitana de Mza																			
Tipo de perforación: A cielo abierto																			
Observaciones: SPT: Standard Penetration Test NP: No plastico. Se realizo ensayo de Placa Se practico refracción a mi su superficie y geoelectrica																			
Profundidad mts.	Espesores mts.	Litología	Densidad Relativa ó Consistencia	Características	Penetración			Nº Golpes	Humedad %	Granulometría			Lim. consistencia			Angulo Fricción	Cohesion KN/m2		
					SPT	15	30			T4	T10	T200	L.L.	L.P.	I.P.			%	%
						0	15	30	45	60	%	%	%	%	%	%	KN/m3		
	1,70	MIL	Baja	Son suelos limo arenos, practicamente sin plasticidad, muy sensibles a los cambios de humedad.						10	8,24	100,00	100,00	90,47	54,07	np	16,00	18°	10,00
-1,70																			
	1,00	SP	Media	Arena mal graduada, con características redondeadas y tamaño máximo 1". Bajo menor de humedad, color gris claro.						27	3,89	88,48	74,85	30,71	4,77	np	18,02	30°	0,00
-2,70																			
-3,00	0,30	MIL	Baja	Son suelos limo arenos, practicamente sin plasticidad, muy sensibles a los cambios de humedad.						9	8,24	100,00	100,00	90,47	54,07	np	16,00	18°	10,00
-4,00	1,00	SP	Media	Arena mal graduada, con características redondeadas y tamaño máximo 1". Bajo menor de humedad, color gris claro.						29	3,89	88,48	74,85	30,71	4,77	np	18,02	30°	0,00

De observar el cuadro se concluye que con 20m de columna de residuos, cualquiera sea la alternancia o secuencias de estos dos tipos de estratos que se han encontrado en el sondeo, el orden de asentamiento que manifestará el suelo de apoyo de celdas, será entre 0,40m a 0,50m. En el Anexo II se adjunta el estudio de suelos.

2. Topografía del predio³ y Localización del Módulo:

El estudio topográfico realizado en la zona de implantación del primer Módulo fue realizado en el año 2013 y permitirá precisar los movimientos de suelo acordes a un proyecto ejecutivo.

En dicho estudio se replantearon los vértices de la propiedad, puntos a, b, 2 y 3, los vértices del 1º Módulo (puntos 1, 2, 3, 4) y los puntos auxiliares m y n (ver plano Relevamiento Topográfico en el Anexo I: Planos).

Se posicionaron los mismos con Estación Total, logrando su ubicación y amojonamiento, como se observa en la Imagen 4.



Imagen 4: Amojonamiento de puntos característicos

En la etapa final se procedió a la medición con receptores GPS que se utilizaron para el posicionamiento de los puntos anteriores, configurando los mismos para una medición de un área aproximadamente de 57,61 ha, la cual está comprendida entre el cuadro determinado por los puntos 1, 2, 3, 4 y un polígono externo paralelo a estos lados a una distancia de 150m aproximadamente (ver plano Relevamiento Topográfico en el Anexo Planos).

Se levantaron con el método cinemático, 47.629 puntos planialtimétricos, con un intervalo de grabación entre puntos de 1 segundo. De esta forma se pudieron relevar los accidentes topográficos del levantamiento en un franja paralela a 150 a 200 m del rectángulo formado por los puntos principales de la posición original del módulo.

Se adoptó como punto de referencia del levantamiento la Estación Permanente GPS, denominada MZAC, ubicada en las instalaciones del Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT).

El sistema de referencia adoptado fue ajustado a POSGAR '07 en lugar de POSGAR '98, siendo el primero el Sistema de Referencia Oficial para la República Argentina, de acuerdo a la normativa del Instituto Geográfico Nacional. El sistema de coordenadas es Gauss-Krüger en la Faja 2.

³ Contratado por el Gobierno de la Provincia y ejecutado por el Ing. Agrimensor Raúl Manino

Con los datos obtenidos se procedió a realizar el cálculo del Modelo Digital de Terreno con el programa Autocad Civil 3D, logrando así la obtención de las curvas de nivel, con intervalos entre curvas principales de 1m y de curvas secundarias de 0.25m.



Imagen 5: Relevamiento topográfico
(Imagen completa en Anexo I: Planos)

Las características de los suelos, puesta de manifiesto durante los sondeos exploratorios, indicaba la presencia de tosca, de difícil excavación a máquina en el sector NE de la zona de localización del primer Módulo.

Para evitar la excavación de suelos con procedimientos especiales que encarecería la construcción del recinto, es aconsejable desplazar la posición original del Módulo (propuesto por la consultora IATASA) hacia el Oeste en dirección de la pendiente local, minimizando de este modo la zona a excavar en presencia de suelos cementados.

La nueva posición propuesta, para evitar la zona de tosca, implicaría desplazar el primer Módulo hacia el Oeste una distancia de 100 metros a 110 metros (línea azul de la imagen 6).

La posición ideal sería desplazarlo aún más al Oeste de lo propuesto, pero el límite de la propiedad obliga a aceptar dicho corrimiento.

Con este desplazamiento se estima evitar la zona de tosca y dejar una franja de terreno sobre el lado Oeste del predio de 60-80m, para emplazar terraplenes de borde, franja cortafuego, cortina de árboles y alambrado perimetral.

Esta posición obligará a relocalizar las lagunas de lixiviados y de almacenamiento de escurrimientos superficiales.



Imagen 6: Desplazamiento del Módulo N°1.(línea azul)

Referencias	Latitud	Longitud
NSE	32°46'42.54"S	68°46'26.45"O
NNE	32°46'28.67"S	68°46'18.00"O
NNO	32°46'21.80"S	68°46'32.31"O
NSO	32°46'35.73"S	68°46'41.13"O

3. Diseño del Módulo N°1:

3.1 Cantidad de Residuos a Disponer:

La cantidad de residuos a disponer, por la población estable y la población flotante, se observan en el cuadro siguiente, desde el año 2016 hasta el año 2020. En dichas cantidades esta deducidas las cantidades de residuos que se recuperaran en las plantas de separación.

Se supone que el 1° Módulo comenzará a operar el desde el año 2016 hasta el año 2020, es decir un período de 5 años.

Las cantidades de residuos a disponer por módulo se puede observar en la Tabla N°6.

Tabla N°6: Tabla Resumen de Cantidad de Residuos a Disponer

Municipalidad	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CAPITAL	170,0	172,2	174,4	177,2	179,1	181,0
GODOY CRUZ	221,5	222,6	223,7	224,8	226,0	227,1
GUAYMALLÉN	318,5	322,7	326,9	331,1	335,4	339,8
LUJÁN	114,3	116,0	117,7	119,5	121,3	123,1
LAS HERAS	230,0	232,6	235,1	237,7	240,3	243,0
MAIPÚ	146,7	148,4	150,2	152,0	153,9	155,7
LAVALLE	11,0	11,2	11,3	11,5	11,6	11,8
Total (tn/día)	1.212,0	1.225,6	1.239,4	1.253,8	1.267,6	1.281,4
Total (tn/año)	442.394	447.362	452.382	457.640	462.662	467.712
		Volumen Total 1° Módulo (m3)			2.287.758	

Fuentes: Arq. Marcela Davila- Área Proyectos Críticos y Unidad Ejecutora GIRSU de la SAYDS.

Para el primer Módulo la cantidad de residuos a disponer es de 2.287.758 toneladas (2016-2020).

3.2 Densidad Final de Residuos Compactados

La densidad de los residuos dispuestos y compactados es un dato crítico para el cálculo del volumen de residuos a disponer. La densidad de los RSU pasa por distintos valores de acuerdo a la etapa de gestión en la que se encuentra. En estado suelto, es decir en origen, la densidad oscila entre 80 y 120 Kg/m³ y, después de la compactación en Camión Recolector, su valor aumenta a valores de 350-500 Kg/m³, de acuerdo al estado de la prensa de dicho equipo. En el vertedero, los residuos pueden alcanzar

valores desde 600 kg/m^3 hasta 1100 Kg/m^3 , dependiendo su valor final promedio del espesor de residuos compactados, del peso del equipo compactador y del número de pasadas realizadas por cada capa compactada.

Existen pocos datos regionales de la densidad alcanzada en rellenos sanitarios a excepción de las estadísticas del Centro de Tratamiento y Disposición Final de los Municipios del Valle de Uco, donde se han alcanzado densidades superiores a 1.1 tn/m^3 . Dichas densidades han sido alcanzadas con equipos pesados (Topadora sobre Orugas de 20 tn de peso) en capas compactadas de espesor menores de 30 cm^4 .

Teniendo en cuenta estos datos regionales, se adopta para el diseño del primer Módulo, la densidad de $1,0 \text{ tn/m}^3$, para los residuos compactados en su posición final, teniendo en cuenta que los equipos serán similares a los utilizados en el vertedero mencionado.

3.3 Volumen del Módulo N°1.

La capacidad interior del primer Módulo surge del volumen de residuos a disponer, su densidad, del volumen ocupado por el suelo de protección de la geomembrana, y del suelo necesario para las bermas y coberturas diarias.

Para determinar el volumen se procedió a realizar cálculos a través de un modelo matemático a partir del volumen de una pirámide truncada. Dicho modelo necesita como dato básico el volumen necesario y por tanteos sucesivos se obtienen las dimensiones que cumplen con dicha premisa.

Otro de los datos básicos de control del Modelo Matemático es el tirante máximo ($H_{\max}$) que no debe superar los 20 a 21 m para evitar superar las tensiones compatibles con la resistencia y deformación del suelo de fundación.

Las dimensiones necesarias del Módulo N°1 para contener el volumen de residuos de $2.287.758 \text{ m}^3$ de RSU, el suelo de cobertura de protección de fondo, las bermas de separación, y el suelo necesario para las coberturas diarias, son las que se observan en el cuadro siguiente, obtenidas a partir de tanteos sucesivos:

Base mayor: 480 m x 420 m

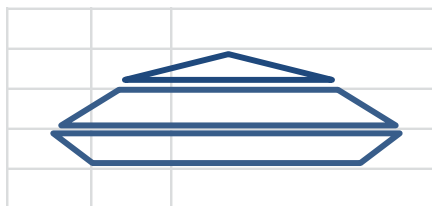
Base inferior: 384 m x 444 m

$H_{\max} = 20.50 \text{ m}$

$H_{\text{prom.}} = 13.80 \text{ m}$

⁴ Fuente: COINCE: se dispusieron 160.646 tn en 142.795 m³. Densidad promedio de 1.12 tn/m^3 de RSU compactados.

Tabla N°7: Dimensiones del Módulo N°1



Dimensiones Principales			Espesores					
Ancho	420	m	Suelo cobertura final	0,6	m			
Largo	480	m	suelo impermeable	0,2	m			
Altura H1	6,00	m	suelo protección geon	0,3	m			
Altura H2	8,00	m						
Altura H3	6,50	m						
	20,50							

observa las dimensiones de la berma y las capas que conforman el sello inferior del módulo.

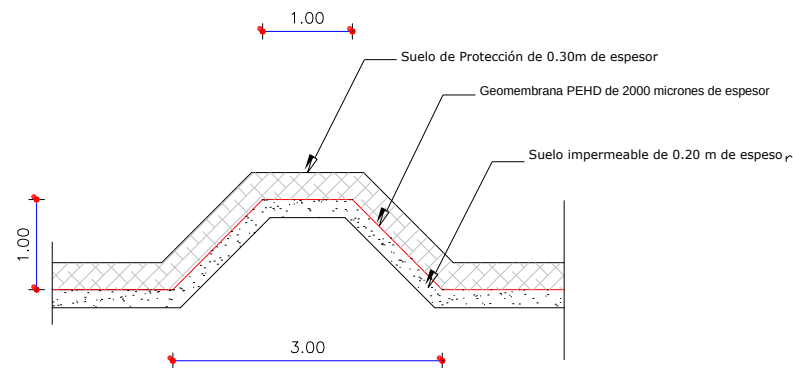


Imagen 7: Detalle del Bermas y sello Inferior.

Las dimensiones adoptadas (indicadas en la Tabla N° 7) aseguran una capacidad de 2.373.485 m³, es decir un volumen superior en un 3,7% del necesario para los 5 años de operación del Primer Módulo. En las imágenes siguientes se observan las principales características geométricas del primer Módulo y en el Anexo I se adjuntan los planos con los formatos de impresión.

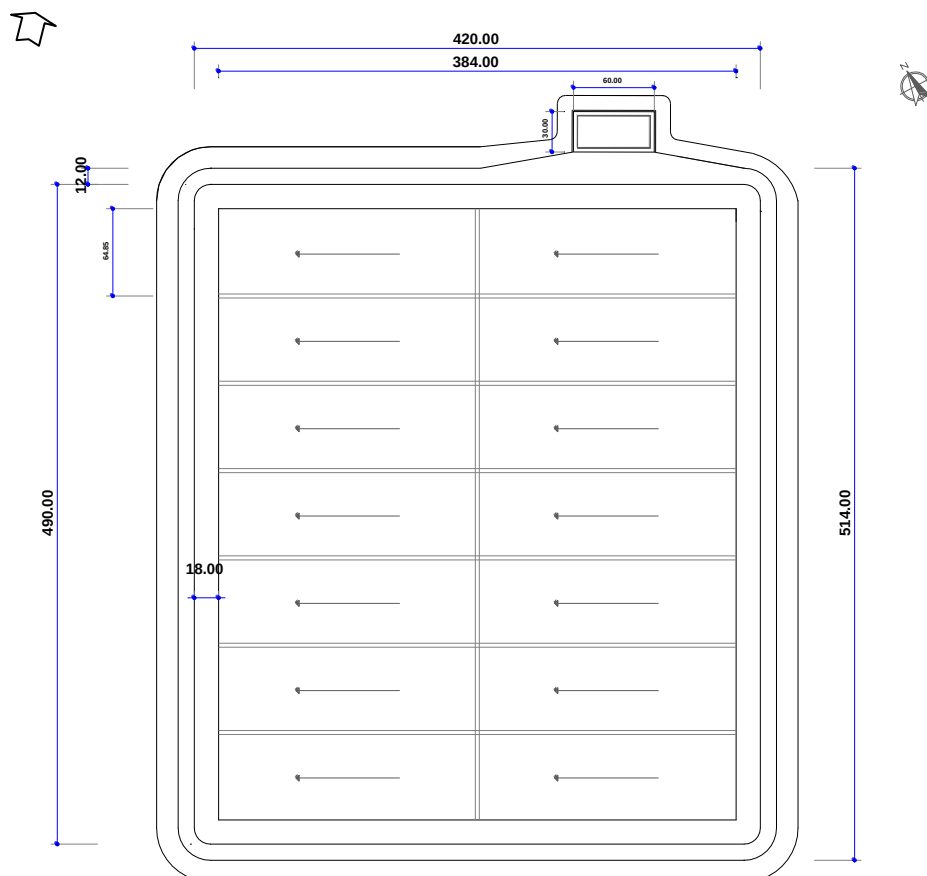
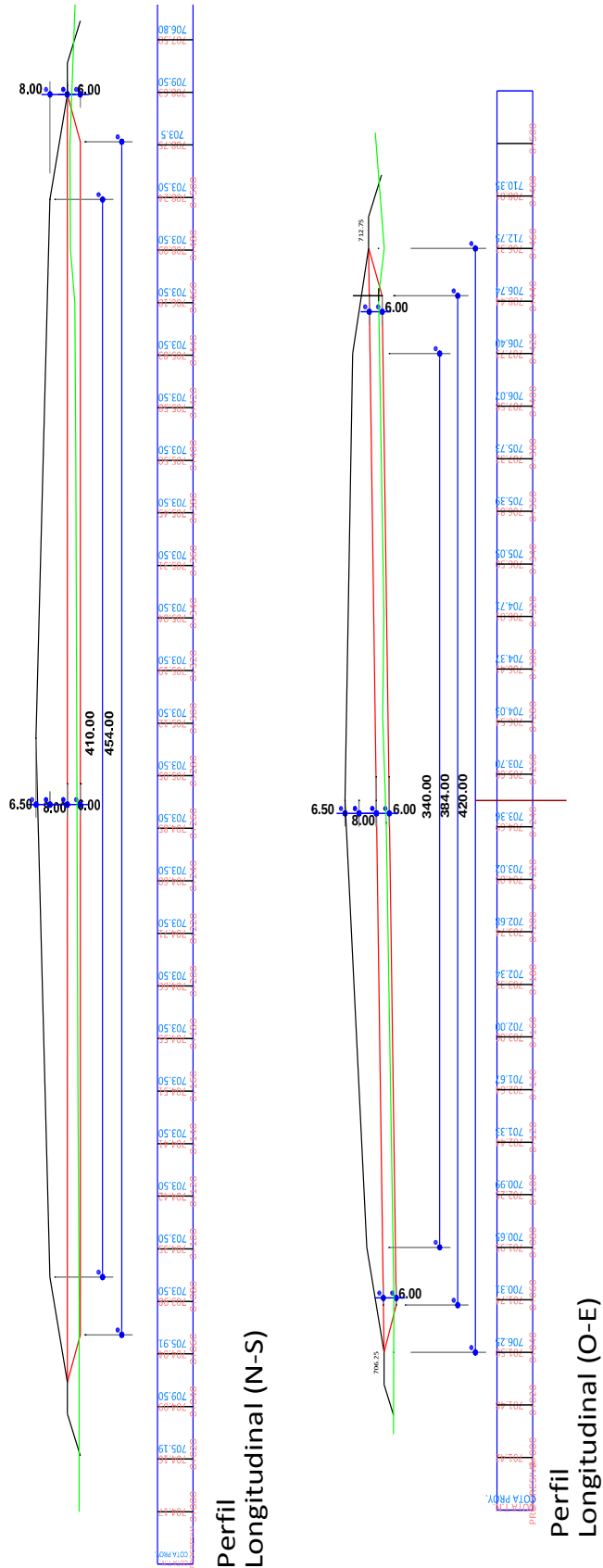


Imagen 8: Vista de la base de Módulo N°1

⁵ Gestión Integral de RSU. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S. Madrid, España. 1995

Perfiles Transversales del Primer Módulo.



3.4 Balance de Suelos:

El movimiento de suelo en un relleno sanitario es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en el diseño y de su ejecución depende gran parte el costo de la obra. De la forma en que fue diseñado su secuencia operativa dependerá también los impactos que producirá sobre el entorno.

Un correcto diseño implica que el balance de suelos sea nulo o casi nulo, es decir que los volúmenes de excavación sean suficientes para cubrir la demanda de suelos para los terraplenes perimetrales, suelos de protección, coberturas diarias y finales, además de las obras complementarias como por ejemplo las lagunas de almacenamiento de líquidos.

Las necesidades de suelo para la construcción del 1º Módulo se observan en la Tabla siguiente:

Tabla N°8: Demanda de Suelos

Demanda de Suelos 1º Módulo (m3)	
Terraplén Perimetral	211.950
Cobertura protección fondo	51.149
Cobertura Diaria	343.164
Cobertura final	123.379
Laguna de retención pluvial	5.250
Laguna de lixiviados	6.750
Camino de acceso	37.500
Terraplén Zona edificios	19.500
Rampa acceso	1.500
Canales	
Total (m3)	800.142

Para los terraplenes perimetrales se adoptan anchos de coronamiento de 12.00 m y taludes extendidos hacia el exterior con pendientes 1:4, para mejorar la seguridad y maniobrabilidad de los vehículos pesados que transitaran en terraplenes elevados (3 a 4 m de altura de acuerdo al sector). El talud hacia el interior del módulo se adopta con una pendiente 1:3.

El ancho adoptado permite acomodar un ancho de calzada bidireccional de 7 m y espacio remanente de 5 m para las banquetas y desagües laterales. La pendiente de 1:4, promueve la revegetación minimizando la erosión hídrica y eólica de dichas superficies inclinadas.

El volumen de terraplén ha sido corregido con un Índice de Compactación de 1.15 para poder compararlo con los volúmenes de excavación.

El volumen de suelo necesario para la construcción del 1º Módulo y de las obras complementarias (800.142 m3).

Para obtener esta compensación se procedió a probar distintas posiciones de la bandeja inferior del módulo proyectado, hasta alcanzar por tanteos un valor similar al necesario, utilizando software específico para el cálculo de volúmenes a partir de las superficies generadas por la topografía y la base del módulo. Esta opción obligaría a acopiar los suelos a utilizar en las coberturas durante un periodo máximo de 5 años.

Cabe aclarar que la excavación del Módulo y el consumo de suelos se encuentran temporalmente desfasados, ya que la excavación se realiza al inicio de la obra y los suelos de cobertura se utilizan a lo largo de los 5 años de operación del mismo. Este desfase temporal entre la disponibilidad del suelo (excavación) y el consumo de los mismos implica realizar grandes acopios, salvo que se adopte otra estrategia constructiva.

Si se construye el primer Módulo, deberá acopiarse en las proximidades del 1° Módulo los suelos correspondientes a los volúmenes de cobertura diaria (343.164 m³) y cobertura final (123.379 m³), formando un inmenso montículo de suelos sueltos (466.543 m³).

Para evitar este acopio se excavará en la Etapa de Construcción del 1° Módulo la cantidad necesaria para los terraplenes de dicho módulo y los volúmenes de suelos para las obras complementarias (lagunas de retención y lixiviado, camino de acceso, relleno en zona de edificios y rampa de acceso al módulo) y los suelos necesarios para las coberturas se obtendrán de la excavación del 2° Módulo, que se deberá excavar simultáneamente con la operación del 1° Módulo.

El volumen de suelo compactado necesario para la ejecución de estas obras es de 335.394 m³, adoptando un coeficiente de compactación de 1,20 (Ic=1,20).

En el cuadro siguiente se observan desglosados los volúmenes de los movimientos de suelos de cada componente del proyecto.

Tabla N°9: Etapas de construcción y Volúmenes de suelos

Demanda de Suelos 1° Módulo (m ³)		Volúmenes a Ejecutar				
		Etapa de Construcción 1° Módulo		Etapa de Operación		
		Terraplenes (A)	Excavación	1° Módulo (B)	2° Módulo	Excavación 2° Módulo
Terraplén Perimetral	211.950	211.950	304.881		104.710	-
Cobertura protección fondo	51.149			51.149		
Cobertura Diaria	343.164			343.164		643.685
Cobertura final	123.379			123.379		
Laguna de retención pluvial	5.250	-				
Laguna de lixiviados	9.660	9.660		-		
Camino de acceso	38.374	38.374	11.321			
Terraplén Zona edificios	19.511	19.511	13.202			
Canales			23.000			
Total (m³)	802.437	279.495	352.404	517.692	104.710	643.685
		1,20			1,20	
		335.394			120.417	

Como se observa, fue necesario predimensionar el segundo módulo para estimar las dimensiones y calcular los volúmenes involucrados en su construcción.

Una vez completado la ejecución del Primer Módulo y de las obras complementarias, se obtendrá un excedente de excavación del orden del 5%, como remanente de reserva para las coberturas y/o rellenos de asentamientos producidos por la descomposición de los residuos.

Estos volúmenes y diferencias se observan en el cuadro siguiente:

Volumen de Terraplenes Etapa de Construcción (A)	-335.394	m3	
Volumen de excavación del 1° Módulo	352.404	m3	
Diferencia excedente excavación	17.010	m3	5%

Durante la etapa de operación del 1° Módulo, se extraerán del fondo del 2° Módulo, un volumen de suelos de: 517.692 m³, correspondientes a la suma de los valores de todas las coberturas del 1° Módulo.

La ejecución del 2° Módulo demandó la búsqueda, por tanteos sucesivos, de una cota de fondo tal que cubriera las necesidades del suelos del primer módulo (517.692 m3) y los volúmenes de suelos necesarios para su propio terraplén perimetral (120.417 m3) . Es decir que las cotas de excavación del 2° Módulo proporcionan un volumen de suelos de 643.685 m3, similar a las necesidades planteadas, como se observa en el cuadro siguiente de forma resumida.

Volumen Excavación 2° Módulo	643.685	m3	
Suelos para coberturas del 1° Módulo (B)	-517.692	m3	
Terraplén 2° Módulo	-120.417	m3	
Diferencia excedente excavación	5.577	m3	1%

Para la determinación de todos los volúmenes involucrados se utilizó una herramienta CAD en tres dimensiones que permite simular las superficies de terreno y de las obras proyectadas, obteniendo los volúmenes por diferencia entre dichas superficies.

Esta estrategia constructiva evitará:

- Acopiar suelo en estado suelto, sujeto a los agentes atmosféricos y en las proximidades del aeropuerto Internacional de Mendoza.
- Construir obras de protección para evitar la erosión por escorrentías superficiales del suelo acopiado.
- Mayores costos de transporte al evitar un traslado intermedio al acopio transitorio.

3.5 Impermeabilización del Módulo

A partir a los estudios realizados y a fin de garantizar el sistema de impermeabilización del módulo en el cual se dispondrán los residuos del Área Metropolitana Mendoza, se propone el siguiente paquete de impermeabilización de fondo:

- Recompactación del material de la base de apoyo del sistema. Rodillado y perfilado del mismo.
- Colocación de una capa de suelo bentonítico al 10 % de 0,20 m de espesor con una densidad de compactación que garantice una permeabilidad de 10^{-7} cm/seg.
- Colocación de membrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 2.000 μ m de espesor.
- Cobertura de la membrana con suelo seleccionado (ML) y compactado en un espesor de 0,30 m.

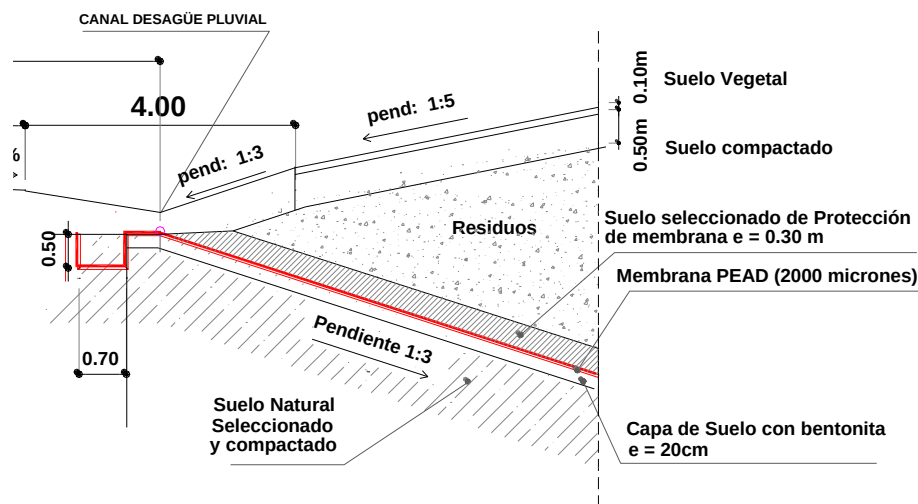


Imagen 10: detalle de Impermeabilización y Coberturas.

La impermeabilización de la totalidad del módulo a construir, abarcará el fondo de la celda, bermas para la delimitación de sectores y taludes laterales. Será realizada con una membrana impermeable geosintética del tipo flexible, de polietileno de alta densidad (PEHD) de 2.000 μ m de espesor, fabricado con materia prima virgen 100%, imputrescible y químicamente inerte, con un ancho mayor a 4 m.

Los paños de membrana se colocarán sobre la superficie de fondo de celda debidamente preparada, se solaparán en aproximadamente 0,15 m a fin de ejecutar la soldadura de los paños, de doble pista, por cuña caliente. Las soldaduras de detalle serán realizadas mediante el sistema de extrusión.

La superficie de apoyo de la membrana será nivelada y rodillada a los efectos de obtener una superficie perfectamente lisa y libre de elementos cortantes y/o punzantes que puedan dañar o perforar la membrana. Luego de la preparación del fondo de la celda, se procederá a la colocación de la membrana flexible. Ésta será anclada mediante la

realización de una zanja de banquina interna en los terraplenes perimetrales. Las dimensiones del anclaje serán de 0,50 x 0,70 m..

Sobre los taludes, la membrana será colocada en forma transversal al eje del terraplén para evitar tensiones y esfuerzos sobre las soldaduras. Una vez soldados los paños convenientemente se los cubrirá con una capa de 0,30 m de suelo de proveniente de la excavación del 2º Modulo, seleccionado los suelo finos sin gravas y libre de elementos cortantes y/o punzantes para su protección. Se comenzará a cubrir desde el fondo del módulo continuando con los taludes del terraplén y las bermas interiores. Luego se completarán las zanjas de anclaje con igual tipo de suelo y similar espesor de cobertura. El tendido de la membrana será realizado sobre los taludes de los terraplenes presentando pliegues, para absorber eventuales deslizamientos. Se deberán presentar oportunamente los Certificados de Control de Calidad del material dados por el fabricante.

3.6 Gestión de líquidos lixiviados (LL)

Los líquidos lixiviados (LL) generados en el relleno sanitario serán recirculados dentro del seno de los residuos para acelerar los procesos biológicos que se producen en él. Este procedimiento disminuirá la cantidad de lixiviados producidos sin la necesidad de construir una instalación para su tratamiento. Esta alternativa de recirculación es posible por las condiciones ambientales locales en donde el balance hídrico es negativo (precipitación anual menor a 250 mm).

El sistema de recirculación estará compuesto por los siguientes elementos:

- Sistema de colectores de lixiviado en el fondo del módulo, materializado a través de drenes pétreos, que siguiendo la pendiente del fondo, captarán y encauzarán el lixiviado hacia los pozos de bombeo. Desde estos pozos se extraerá por bombeo el líquido para su posterior recirculación.
- Laguna de acopio y evaporación de lixiviado extraído. Consistirá en una laguna impermeabilizada con membrana HDPE de 2000 µm de espesor, de 60 m de largo por 30 m de ancho y de sección trapezoidal pendiente 1:3 en sus taludes interiores, con una profundidad máxima de 2 m, ubicada en forma paralela al lado Norte del módulo de relleno, de modo que se acceda por el mismo terraplén perimetral. Los LL serán extraídos mediante bombas de achique, introducidas por los sumideros ubicados en correspondencia con cada celda de vertido, y cargados a un tanque de 5 a 7m³ de capacidad arrastrado por un tractor, hasta la laguna de lixiviado. Los líquidos serán descargados mediante una manga flexible en la cámara ubicada en la playa de descarga de lixiviados.
- Sumideros de LL: Desde la laguna de almacenamiento de LL, los líquidos serán cargados y transportado hacia los puntos de inyección ubicados en la zona superior de la cubierta del relleno.

En la imagen siguiente se presenta en sistema de recirculación de los líquidos lixiviados del módulo.

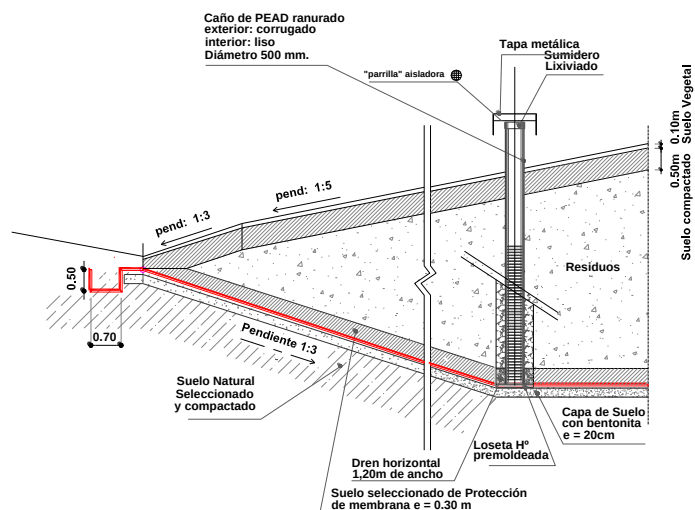
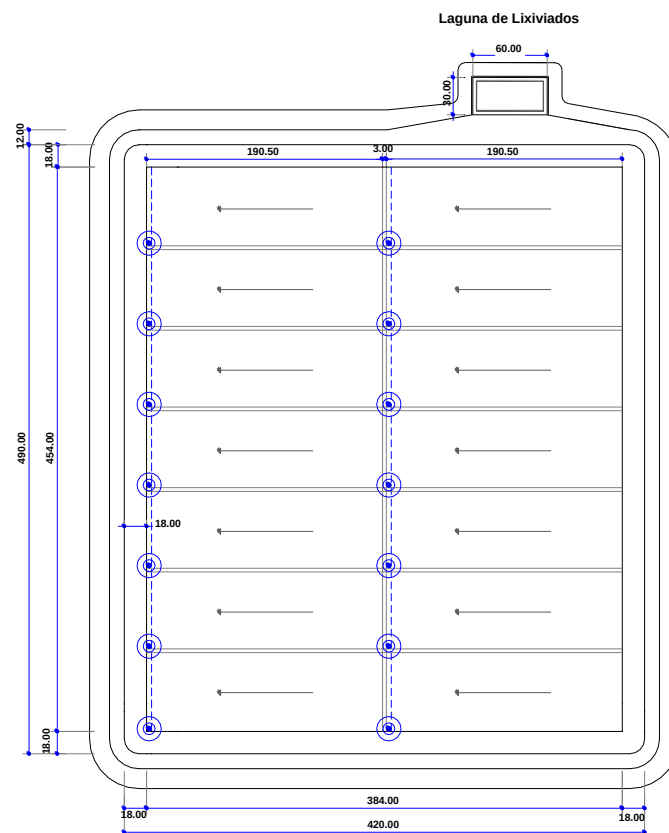


Imagen 12: Sistema de Captación y Extracción de Líquidos Lixiviados

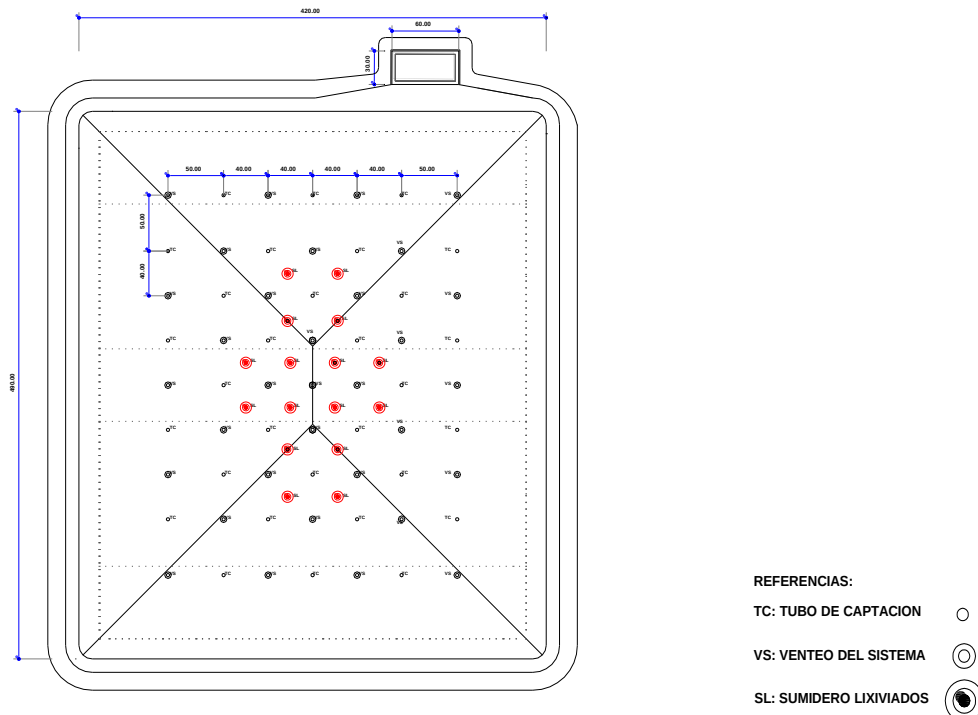


Imagen 16: Sistema de recirculación de LL.

3.7 Sistema de Captación de Gases

Los gases producidos por la descomposición de la masa de residuos serán venteados mediante la construcción de conductos distribuidos según los planos adjuntos. Se prevé una distribución ortogonal de chimeneas de venteo ubicadas en una malla de 40m x 40m en la parte más alta del relleno con mayor tirante de residuos. Debido a la cercanía con el corredor aéreo del aeropuerto de Mendoza, se prevé una fuerte densidad de chimeneas de venteo que asegure la inexistencia de procesos de acumulación y explosión del biogás.

Estos se construirán a partir de la base de la celda, conforme avance (crecimiento en altura) el relleno sanitario.

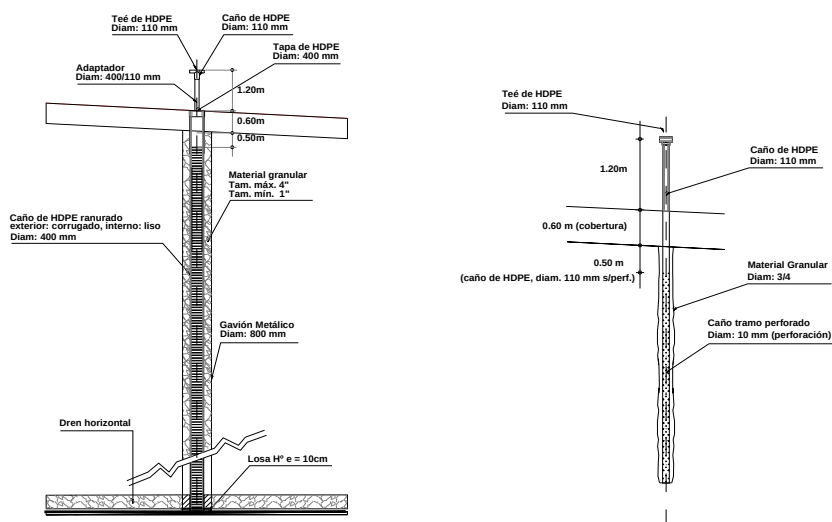


Imagen 13: Detalle de las chimeneas de venteo.

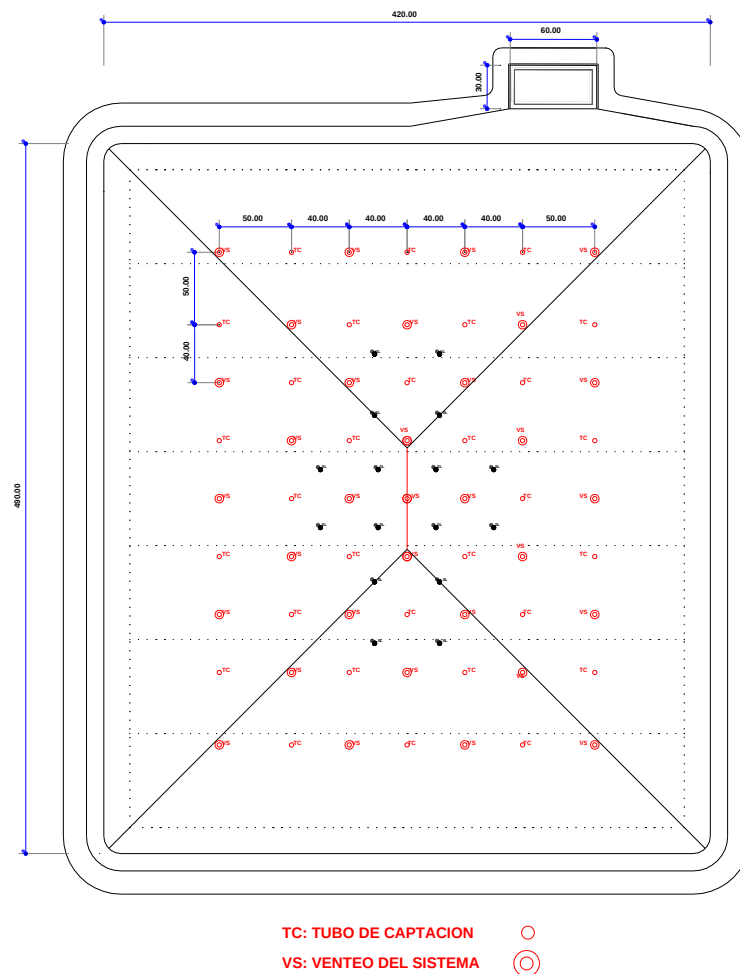


Imagen 14: Distribución de las Chimeneas de venteo de Biogás.

La generación del biogás depende de las condiciones ambientales del sitio de disposición (% humedad y temperatura) y de las características de los residuos dispuestos (% de materia orgánica biodegradable).

La composición de los gases proviene del metabolismo de los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos presentes en la masa de residuos. En general la generación se produce según un modelo triangular en el que el pico de caudal se produce en el quinto año de generación para luego ir disminuyendo lentamente hacia los 20/30 años.

En los primeros años, mientras existe oxígeno ocluido, será mayor la proporción de CO_2 y con el transcurso del tiempo este será reemplazado paulatinamente por CH_4 (metano). Este último tiene un alto impacto sobre el efecto invernadero y debería ser reutilizado mediante la cogeneración de energía, con amplias ventajas ambientales o quemado y transformado en CO_2 para evitar efectos agravantes sobre el ambiente. De acuerdo al monitoreo de las características del gas generado, que se realizará periódicamente, se valorará la factibilidad de implementar algún proceso de recuperación o transformación del metano.

3.8 Coberturas

A) Cobertura Final

Cuando los residuos compactados alcancen la cota final del proyecto en cada celda serán cubiertos inmediatamente con una capa de suelo compactado de 0,60 m de espesor.

Dicha cobertura estará compuesta por dos capas:

- Manto de suelo compactado después de alcanzada la cota del proyecto, con un espesor de 0,50 m, a fin de evitar el ingreso de aguas de lluvia, la generación de lixiviados y la evacuación de gases. Para esta capa de suelo se utilizarán los suelos finos (limos ML) extraídos de la excavación del Módulo N°2.
- Capa de suelo orgánico de 0.10 m de espesor que permita aportar las condiciones bióticas para el desarrollo de flora autóctona. El suelo a utilizar será el correspondiente a la capa superficial de suelos del Módulo N°2 previamente seleccionado y acopiado, o del aporte de suelo finos mejorados con compost.

La superficie resultante será uniforme y libre de zonas con desniveles, para disminuir la acumulación de agua sobre el terreno. También será diseñada con pendientes específicas de modo tal de minimizar los efectos de la erosión y simultáneamente evacuar las aguas de lluvia en forma efectiva.

Debido a la descomposición biológica que sufren los residuos dentro de las celdas, se producirán modificaciones en la superficie final de las mismas, a medida que se vaya produciendo su degradación. Los eventuales asentamientos que pudieran producirse, serán corregidos mediante el agregado de suelo, para el emparejamiento de la superficie y de este modo se mantendrá el escurrimiento superficial de las aguas de lluvia.

B) Cobertura diaria

Al final de cada jornada de trabajo o cuando las circunstancias particulares lo exijan se realizará la cobertura del frente de trabajo, con el objeto de evitar la proliferación de vectores y roedores, así como también la dispersión de elementos livianos (voladuras) debido a los efectos del viento y para evitar los olores. La cobertura diaria prevista tendrá un espesor compactado de 0,20 m de espesor. Para esta tarea deberá utilizarse suelos finos (limos ML) provenientes de la excavación del Módulo N°2.

4. Consideraciones para el Emplazamiento del Sector Edilicio.

Si bien esta tarea de diseño no está dentro de los términos de Referencia del contrato del que suscribe el presente informe, informalmente se me solicitó la revisión del proyecto original. En dicha revisión se detectaron mejoras las cuales están expresadas en el presente documento y que fueron puestas para su consideración en las reuniones de coordinación con los responsables de la elaboración del Proyecto Final por parte del Gobierno de la Provincia de Mendoza.

El emplazamiento de los edificios de una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos debe responder a una logística de movimientos coordinados con todas las etapas de gestión, siendo la báscula uno de los elementos que centralizan los movimientos de cargas y su posición es estratégica para todas las operaciones que se realizan.

Los componentes de la infraestructura proyectada para el sector de edificios son:

- Báscula y oficina de control
- Edificio de oficinas y Sala de Usos Múltiples (SUM).
- Vestuarios y oficina de control de la Planta de Separación.
- Planta de Separación
- Galpón de acopio de reciclados
- Galpón de mantenimiento de máquinas.
- Planta de tratamiento de efluentes cloacales.
- Sector de compostaje.

La báscula se localizó en el centro de la calzada para evitar que los camiones tengan que cruzar la calzada en sentido contrario al de la circulación. Esta báscula deberá ser del tipo con control electrónico y celdas de carga, que permitan registrar el peso a distancia, desde la oficina de control.

La posición de la báscula responde a la necesidad de registrar el peso de:

- Las bateas y camiones compactadores que ingresen con residuos directamente al vertedero.
- Los camiones con rechazo proveniente de la Planta de Separación y con destino al vertedero.
- Los camiones recolectores que ingresen a la planta de reciclado.
- Los camiones que egresen del sitio con materiales recuperados del Galpón de Acopio de la Planta de Reciclado.
- Los camiones que egresen cargados con compost.

La cota propuesta para el terraplén de explanada del sector de edificios es la cota: 711.70 (cota según el relevamiento topográfico de detalle realizado en el año 2013 y descripto en párrafos anteriores). En dicha zona el eje del camino que atraviesa la zona

de edificios hacia el módulo tendrá cota 30 cm por encima de la explanada (712.00) y las cotas internas de cada edificio no deberían ser inferiores a dicha cota.

Además de los edificios originalmente previstos se considera necesaria la incorporación al proyecto original de los siguientes componentes:

1. Nave o Galpón de acopio de materiales recuperados, esencial para mantener protegidos los materiales separados y enfardados en condiciones aptas para su comercialización.
2. Un sector para la construcción de la planta de tratamiento de efluentes cloacales cuya localización final dependerá de profesionales que se encargaran de diseñar las instalaciones.
3. Una playa de estacionamiento para automóviles.

La localización general del sector edilicio se debería separar del módulo a los efectos de:

- Disponer de una distancia que permita acceder al terraplén perimetral con una pendiente razonable para los vehículos de transporte.
- Contar con una zona despejada que sirva de zona de amortiguamiento entre las actividades propias del vertedero y de los edificios.

5. Laguna de Retención de escurrimientos pluviales.

El desplazamiento de los módulos hacia el límite Oeste, por las razones expuestas, condiciona la posibilidad de reubicar la laguna de retención en esa zona lo que obliga a reubicar dicha laguna.

Por otra parte, la excavación del 2º Módulo durante la operación del Primer Módulo permitirá usar transitoriamente (5 años) este espacio como laguna de retención de los escurrimientos generados al sur de dicho módulo. Cuando comience la construcción y operación del 2º Módulo, se propone utilizar el espacio generado exprofeso, entre los terraplenes de ambos módulos, para retener los escurrimientos pluviales y luego erogarlos hacia el colector Moyano. Las dimensiones finales y la verificación hidráulica dependen de los estudios que lleva a cabo el Ing. Victor Burgos.

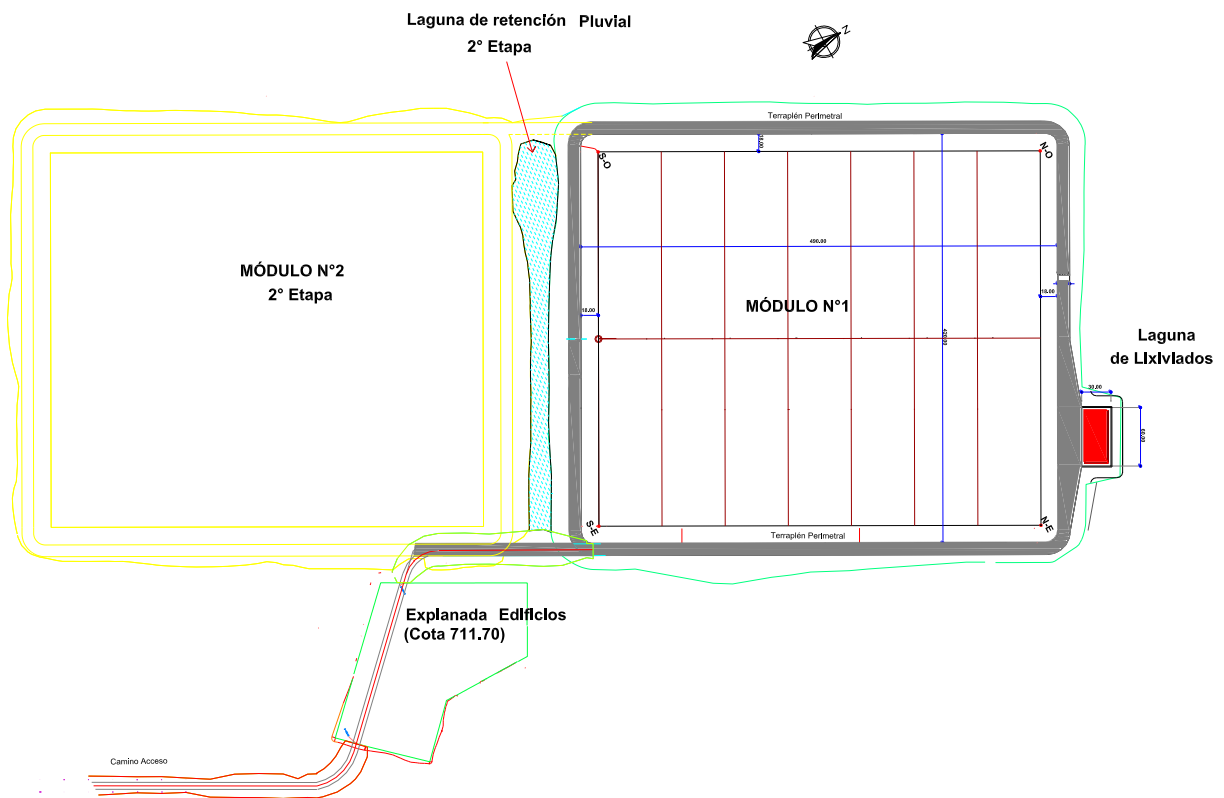


Imagen 9: Posición de laguna de retención Pluvial y etapas constructivas

6. Laguna de Líquidos Lixiviados.

La laguna de lixiviados se propone construirla adosada al terraplén Norte del 1° Módulo, a los efectos de facilitar la carga-descarga del equipo de transporte y teniendo en cuenta que los Líquidos lixiviados (LL) serán recirculados permanentemente en la masa de residuos del vertedero.

La estrategia de recirculación de LL solo requiere contar con un volumen disponible de almacenamiento acotado por algunos días y solo en situaciones contingentes como la de rotura de equipos o imposibilidad transitoria de producir su reinyección en la masa de residuos.

Las dimensiones de la laguna de LL se observan a continuación:

Ancho=30 m

Largo= 60 m

Talud interior= 1:3

Profundidad= 2 m

Tirante máximo=1.5 m

Volumen almacenamiento=1.778 m³

La producción de lixiviados en zona semidesérticas (evapotranspiración negativa) es baja ya que la precipitación pluvial es inferior a los 250 mm anuales. La producción de LL

depende, en primer orden, del clima especialmente de la precipitación pluvial de la zona y en segundo orden de la humedad de los residuos, de la capacidad de campo de la mezcla suelo-residuos (CC), de la actividad biológica y del tirante de desechos.

Se verificará la producción diaria de LL y se adoptará un volumen de almacenamiento acotado a un período prudente de eventual imposibilidad de reinyección de 10 a 15 días. Las dimensiones propuestas en la planimetría están en la etapa de verificación por parte del consultor Ing. Victor Burgos.

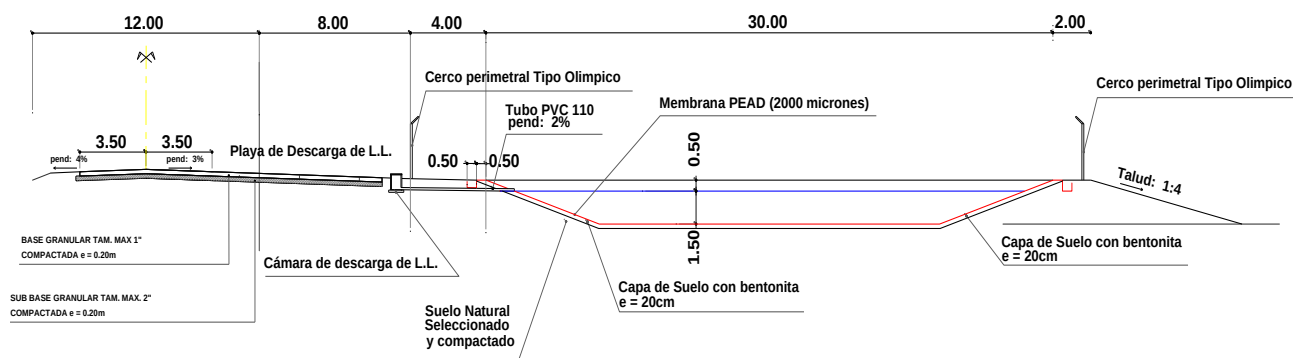


Imagen 10: Corte transversal de la Laguna de Lixiviados

7. Camino de Acceso. (Longitud 2.520 m)

Mantener la accesibilidad en forma permanente, independientemente de los factores climáticos es la principal función del camino de acceso al predio.

Para lograr este objetivo se prevé la construcción de una calzada típica para un camino de dos trochas indivisas, con una calzada de 7.60m de ancho y banquetas de 2.50 m en ambos laterales, conformando un ancho de coronamiento de 13.60 m.

La estructura del camino estará formado por:

- Base estabilizada granular de 8.00m de ancho y de 0.20 m de espesor con CBR>80%.
- Sub-base granular de 8.60 de ancho y de 0.20 m de espesor con CBR>50%.
- Terraplén con compactación especial de suelos seleccionados con CBR>20% desde el terreno natural, previamente compactado hasta el nivel de la subrasante.

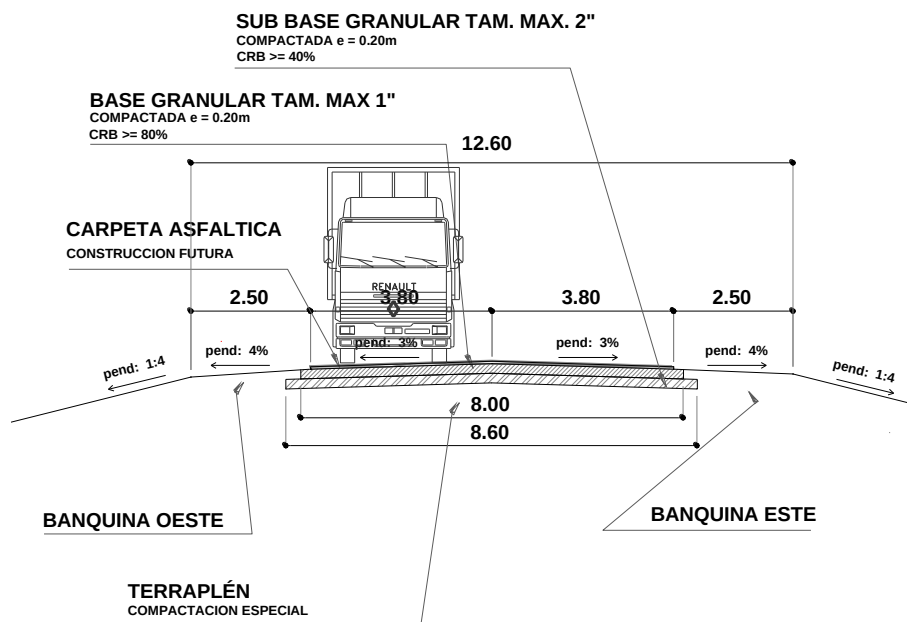


Imagen 11: Perfil Transversal "Tipo" del camino de acceso

Mantener la accesibilidad además requiere:

- Asegurar que los escurrimientos pluviales no afecten la transitabilidad para lo cual, el perfil transversal estará inclinado con pendientes transversales del 3% en la calzada y del 5% en la zona de banquina no tratadas, para favorecer la rápida eliminación del agua de lluvia.
- Proyectar cunetas de desagües laterales y alcantarillas de cruce que sean capaces de conducir los escurrimientos pluviales sin afectar la infraestructura del camino.

La geometría de la poligonal del camino no requiere de grandes curvas y movimientos de suelos por lo que solo incluirá pequeños quiebres que ajustarán el trazado a las características topográficas, manteniendo una buena visibilidad en todo el trazado.

La rasante estará en general por encima del terreno natural (Cota roja=1.00 metro) para evitar su inundación y facilitar la construcción de las obras de drenaje (alcantarillas y cunetas laterales).

Para la construcción de las capas granulares se podrán utilizar los materiales granulares que provengan de los mantos gravo arenosos de la excavación del Módulo N°1 o de las canteras existentes en la zona.

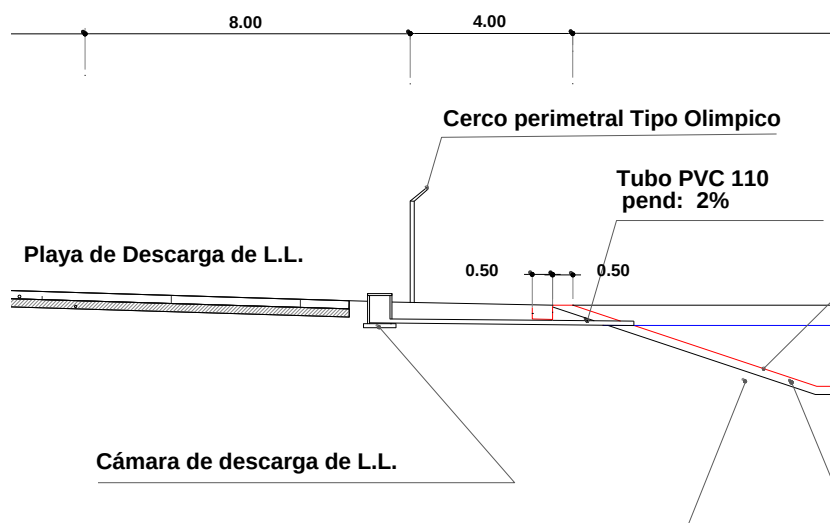
8. Otras Obras Complementarias:

a. Cierre perimetral

La extensa dimensión de la propiedad obliga a limitar a las zonas de trabajo la construcción del cierre perimetral por razones presupuestarias.

Por lo que se propone construir distintos dos tipos distintos de cierre:

- **Alambrado tipo “Olímpico”,** en los siguientes sectores:
 - Límite sur del predio. Con el propósito de generar una fuerte imagen de inaccesibilidad al predio a las personas ajenas a la operación del Centro de Tratamiento y evitar el cirujeo y el vertido de residuos. En esta zona se debería contar con una garita de vigilancia y control.
 - Perímetro de la zona de edificios. Este cierre ayudará a mantener la seguridad en la zona de equipamiento e infraestructura y acotará la zona de vigilancia.
 - Perímetro de la laguna de lixiviados. Por ser una sustancia del tipo peligrosa es conveniente que se impida el libre acceso o aproximación a dicha zona. Para evitar esta situación se construirá un cerco perimetral tipo olímpico que cierre completamente la laguna y los líquidos se verterán en una cámara, situada fuera del perímetro cerrado, conectada mediante un caño de PVC de 110 mm de diámetro, con la laguna de almacenamiento.



- **Alambrado de 7 hilos en:**
 - Perímetro Norte de la propiedad hasta cercar completamente los dos primeros módulos a los efectos de evitar la intrusión de personas y animales a la zona de operación.

La ubicación definitiva de los alambrados perimetrales se observa en los Planos del Sector de Edificios a cargo del equipo Técnico de la Provincia.

b. Garita de control de acceso.

La separación física (2,5 km), que existe entre la zona de edificios y el límite sur del predio por donde se ingresara al centro, la práctica habitual de utilizar

el terreno como zona de vertidos y la presencia de recuperadores de residuos requiere un estricto control en dicha zona.

Por lo expuesto, se propone construir una garita de control de acceso para mantener y controlar el ingreso-egreso de personas y vehículos al predio.

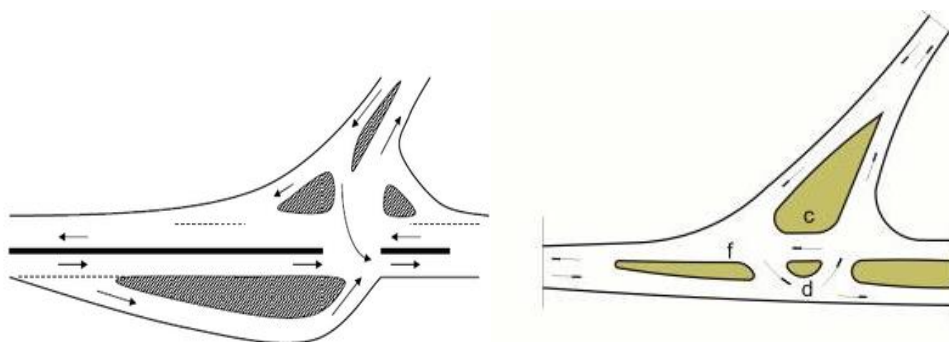
c. Acceso desde la Ruta Nacional N° 40.

El acceso principal al predio se realiza desde la RN°40, siendo esta carretera el Acceso Norte al Área Metropolitana de Mendoza, con un elevado volumen de tránsito. Según los datos de la DNV el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) varía desde 23.600 veh./día, frente al Aeropuerto Internacional, a un volumen de 8.050 veh/día en el Acceso a Lavalle, con una proporción aproximada del 20 % de vehículos pesados⁶.

Si bien estos censos no corresponden exactamente al tramo del acceso al predio, indican, en la mejor de las hipótesis, que el TMDA es superior a los 8.000 veh/día.

Se debería gestionar ante las autoridades del 4° Distrito de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) la construcción de una intersección canalizada para facilitar el giro a la izquierda de los camiones recolectores que provengan del Área Metropolitana y que minimice los potenciales incidentes con el tráfico pasante.

La construcción de un paso a desnivel para el ingreso al predio sería la solución técnica más adecuada para la intersección, sin embargo, esta solución puede ser muy costosa para la envergadura del proyecto. En la imagen siguiente se puede observar las características generales de algunas intersecciones canalizadas tipo T.



⁶ Datos de la DNV para Ruta Nacional N°40 Tramo Mendoza. <http://transito.vialidad.gov.ar>

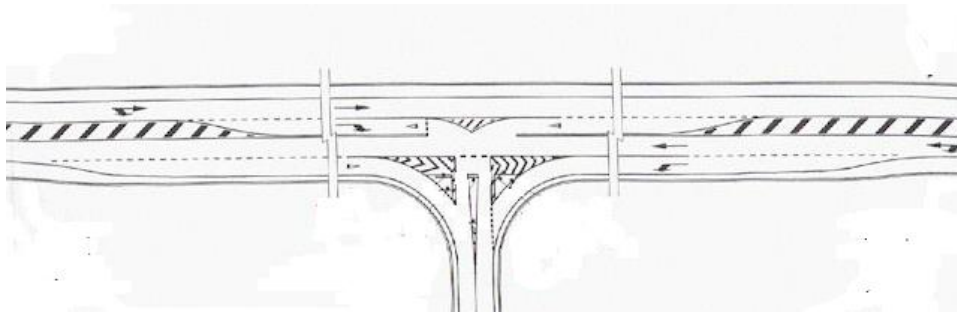


Imagen N°9: Tipos de intersección en T para el acceso al predio sobre la RN°40

La señalización de esta intersección debería ajustarse a la nueva situación.

d. Limpieza general

La disposición incontrolada de residuos de todo tipo ha sido una práctica habitual en la zona del predio, encontrándose gran cantidad de residuos especialmente inertes, plásticos y chatarra entre otros.

Se propone que se incluya dentro de las tareas a realizar durante la construcción del Centro de Tratamiento, el ítem "Limpieza, transporte y disposición final", de los residuos dispersos en el predio. Esta tarea, además de disponer adecuadamente los residuos dispersos, mejorará la percepción visual del predio.

ANEXO I:

PLANOS

ANEXO II:

Estudio de Suelos