

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES



PRÁCTICA SUPERVISADA

“Proyecto Diseño Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba”

Agustín Pérez Demarchi

Tutor: Dr. Ing. Franco Francisca

Supervisor Externo: Arq. José Luis Pilatti

Lugar: Gestión Ambiental Sustentable – UNC

FEBRERO 2016

RESUMEN

Los residuos peligrosos son sustancias que presentan características de explosividad, inflamabilidad, toxicidad y corrosividad entre otras, por lo que la incorrecta manipulación de los mismos puede ser riesgoso para las personas y el medio ambiente. Por este motivo debe emplearse una gestión integral de residuos adecuada con el propósito de disminuir los riesgos que representa el manejo de los mismos.

La gestión integral de residuos peligrosos puede dividirse en dos grandes grupos: gestión interna y gestión externa. La gestión interna incluye actividades relacionadas con las operaciones de manipulación, clasificación, envasado, etiquetado, recogida, traslado y almacenamiento dentro del centro de trabajo, y la gestión externa comprende aquellas actividades relacionadas con operaciones de recogida, transporte, tratamiento y eliminación de los residuos una vez que han sido retirados del centro generador de los mismos.

La Universidad Nacional de Córdoba es generadora de residuos peligrosos, con 11 puntos de generación distribuidos en Ciudad Universitaria, Barrio Alberdi y el Centro de la Ciudad. Por este motivo, para implementar una adecuada gestión integral de residuos peligrosos, mas específicamente la gestión interna, es una necesidad contar con un espacio para el almacenamiento transitorio de residuos con el fin de que no queden almacenados en los puntos de generación por un tiempo prolongado disminuyendo los riesgos de posibles accidentes.

El objetivo de esta Practica Supervisada consiste en el diseño adecuado de estos depósitos de almacenamiento transitorio de residuos peligrosos teniendo en cuenta los requerimientos constructivos necesarios para el almacenamiento de forma segura. Para lograr este objetivo, se realiza un estudio previo de residuos peligrosos, normativas vigentes, estudio de antecedes de gestión, accidentes y riesgos que representa el almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por ser un ejemplo a seguir, por la compañía y el apoyo en todo momento de la carrera haciendo que el estar lejos de ellos no haya sido nunca un inconveniente para formarme como profesional.

A la Subsecretaría de Planeamiento Físico de la Universidad que me brindó el espacio para desarrollar la PS, a mis tutores que me guiaron y ayudaron a resolver las dudas y problemas que me fueron surgiendo en el desarrollo del proyecto, Arq. José Luis Pilatti y Dr. Ing. Franco Francisca.

A los amigos que conocí viviendo estos años en la ciudad, tanto conocidos en la facultad como fuera de ella, especialmente a Esteban, Facundo V., Santiago, Moisés, Facundo L., Tomás y Gabriel con los que compartí innumerables tardes.

A mis amigos de la infancia que estuvieron siempre presente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO 1: MARCO DEL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA	9
1.1 ÁMBITO DE DESARROLLO DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA	9
1.2 OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA	9
1.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PRÁCTICA SUPERVISADA	10
1.4 APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS DE MATERIAS CURSADAS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA PRÁCTICA SUPERVISADA	10
1.5 ORGANIZACIÓN DE ESTE INFORME	11
CAPÍTULO 2: RESIDUOS PELIGROSOS	12
2.1 DEFINICIÓN DE RESIDUO	12
2.1.1 Clasificación de Residuos	12
2.1.1.1 Clasificación por estado	13
2.1.1.2 Clasificación por origen	13
2.1.1.3 Clasificación por tipo de tratamiento al que serán sometidos	13
2.1.1.4 Clasificación por los potenciales efectos derivados del manejo	13
2.2 RESIDUOS PELIGROSOS	14
2.2.1 Definición	14
2.2.1.1 Convenio de Basilea	15
2.2.1.2 Comunidad Europea	19
2.2.1.3 Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)	22
2.2.2 Caracterización de los Residuos	25
2.2.2.1 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Explosividad	26
2.2.2.2 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Inflamabilidad	26
2.2.2.3 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Toxicidad, Carcinogénesis, Mutagénesis y Teratogénesis	26

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

2.2.2.4 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Ecotoxicidad.....	26
2.2.2.5 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Corrosividad	26
2.2.2.6 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Reactividad	27
2.2.3 Gestión de Residuos Peligrosos.....	27
2.2.3.1 Aspectos Generales.....	27
2.2.3.2 Principios de Jerarquía	29
2.2.3.3 Actores y Roles	31
2.2.3.4 Corrientes de Residuos.....	32
2.2.3.5 Minimización de Residuos	33
2.2.3.6 Acondicionamiento de Residuos	35
2.2.3.7 Almacenamiento Transitorio	39
2.2.3.8 Transporte.....	41
2.2.3.9 Tratamiento	42
2.2.3.9.1 Tratamientos Físico-Químicos	42
2.2.3.9.2 Estabilización – Solidificación	43
2.2.3.9.3 Tratamientos Biológicos.....	45
2.2.3.9.4 Tratamientos Térmicos.....	45
2.2.3.10 Disposición Final	46
CAPITULO 3: LEGISLACIÓN VIGENTE.....	48
3.1 LEY NACIONAL N° 24.051: RESIDUOS PELIGROSOS – GENERACIÓN, MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y TRATAMIENTO.....	48
3.1.1 CAPITULO I – Del ámbito de aplicación y disposiciones generales.....	48
3.1.2 CAPITULO II – Del Registro de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos	49
3.1.3 CAPITULO III – Del Manifiesto	49
3.1.4 CAPITULO IV – De los Generadores.....	50

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

3.1.5 CAPITULO V – De los Transportistas de Residuos Peligrosos	51
3.1.6 CAPITULO VI – De las Plantas de Tratamiento y Disposición Final	53
3.1.7 CAPITULO VII – De las Responsabilidades	54
3.1.8 CAPITULO VIII – De las Infracciones y Sanciones.....	54
3.1.9 CAPITULO IX – Régimen Penal	55
3.1.10 CAPITULO X – De la Autoridad de Aplicación.....	55
3.1.11 CAPITULO XI – Disposiciones Complementarias	56
3.2 LEY PROVINCIAL N° 8.973 DE ADHESIÓN A LA LEY NACIONAL N° 24.051 DE RESIDUOS PELIGROSOS	56
3.3 ORDENANZA N° 9.612: RESIDUOS	57
CAPITULO 4: ANTECEDENTES	61
4.1 UNIVERSIDAD NACIONAL RÍO CUARTO	61
4.1.1 Gestión de Residuos Peligrosos UNRC	61
4.1.1.1 Clasificación de los Residuos	62
4.1.1.2 Mecánica de funcionamiento para la recogida selectiva.....	62
4.1.1.3 Normas de seguridad a observar por los manipuladores	64
4.1.2 Almacenamiento de Sustancias Químicas	65
4.2 GESTIÓN DE RESIDUOS UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES	66
4.3 GESTIÓN DE RESIDUOS UNIVERSIDAD DE MADRID - ESPAÑA	69
4.4 CONCLUSIÓN	75
CAPITULO 5: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA	76
5.1 ESQUEMA DE ORGANIZACIÓN Y PAUTAS PARA LA GESTIÓN EN HIGIENE, SEGURIDAD Y MEDIOAMBIENTE LABORAL Y DE RESIDUOS PELIGROSOS Y PATÓGENOS	76
5.2 PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO DE QUÍMICOS Y RESIDUOS	77
5.2.1 Objetivos Generales y Específicos	77
5.2.2 Referencias Legales y Normativas	77

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

5.2.3 Recomendaciones Generales Para la Manipulación de Inflamables Químicos, Sustancias Tóxicas y Residuos Peligrosos	77
5.2.4 Clasificación de los Almacenamientos	78
5.2.5 Alcance	78
5.2.6 Gestión Estratégica Integral	78
5.2.7 Características Constructivas Generales	79
5.2.7.1 Almacenamiento de Productos Tóxicos e Inflamables	79
5.2.7.2 Almacenamiento Residuos Peligrosos No Convencionales	80
5.2.7.3 Almacenamiento Residuos Peligrosos Patógenos	80
5.3 SITUACIÓN ACTUAL	81
5.3.1 Puntos de Generación	81
5.3.2 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).....	85
5.3.3 Depósito Almacenamiento Transitorio Residuos Peligrosos	86
CAPITULO 6: DISEÑO DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO TRANSITORIO DE RESIDUOS PELIGROSOS	88
6.1 PROGRAMA DE ARQUITECTURA.....	88
6.2 REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	89
6.3 LOCALIZACIÓN	89
6.4 ANTEPROYECTO	91
6.4.1 Premisa.....	91
6.4.2 Terreno	91
6.4.3 Dimensiones de Locales.....	93
6.4.4 Alternativas Energéticas	94
6.4.4.1 Muro Trombe-Michel Ventilado	95
6.4.4.2 Calentador Solar de Agua	97
6.4.4.3 Instalación Solar Fotovoltaica	98
6.5 PROYECTO.....	100
6.5.1 Circulación	100

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

6.5.2 Instalación de Agua	101
6.5.3 Instalación Sanitaria	102
6.5.4 Desagüe Nichos	103
6.5.5 Muro Trombe-Michel.....	103
6.5.6 Instalación Eléctrica	105
6.5.7 Sistema de Protección Contra Incendio	108
6.5.8 Ventilación	112
6.5.9 Nichos.....	113
6.5.10 Elementos Estructurales.....	113
6.5.10.1 Cubierta Metálica	113
6.5.10.2 Cubierta Plana	125
6.5.10.3 Tabiques de Hormigón Armado	126
6.5.10.4 Muros Mampostería	128
6.5.10.5 Fundaciones.....	132
CAPÍTULO 7: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.....	149
7.1 CÓMPUTO.....	149
7.1.1 Tareas Preliminares.....	149
7.1.2 Excavaciones.....	149
7.1.3 Estructura Hormigón.....	149
7.1.4 Mampostería.....	150
7.1.5 Cubierta de Techo	151
7.1.6 Revoques.....	151
7.1.7 Pisos	151
7.1.8 Carpintería	152
7.1.9 Instalación Sanitaria	152
7.1.10 Artefactos Sanitarios y Griferías	152
7.1.11 Instalación Eléctrica	153
7.1.12 Pinturas.....	153

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

7.1.13 Vidrios	153
7.1.14 Mesadas	153
7.1.15 Equipamiento	154
7.1.16 Obras Complementarias	154
7.2 PRESUPUESTO	154
CAPÍTULO 8: CONCLUSIÓN.....	160
BIBLIOGRAFIA	161
ANEXOS	163

CAPITULO 1: MARCO DEL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

1.1 ÁMBITO DE DESARROLLO DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA

La Práctica Profesional Supervisada se ha llevado a cabo por el alumno desarrollando distintas actividades relacionadas con la actividad profesional de la Ingeniería Civil en Gestión Ambiental Sustentable (GASus) de la Universidad Nacional de Córdoba cuya oficina se encuentra en la Subsecretaría de Planeamiento Físico de dicha universidad.

Las tareas realizadas corresponden al estudio de residuos peligrosos, normativas vigentes, gestión de los mismos, antecedentes, resoluciones de la universidad relacionadas con este tema para el posterior diseño adecuado de depósitos de almacenamiento transitorio de residuos generados por la universidad.

El proyecto del cual forma parte esta Práctica Supervisada, nace a partir de la necesidad de la universidad de contar con un espacio adecuado para el almacenamiento de residuos peligrosos fuera de los puntos de generación (laboratorios) evitando riesgos de accidentes, implementando una correcta gestión y cumpliendo con los requisitos establecidos en las normativas vigentes. A fines del año 2014 la Subsecretaría de Planeamiento Físico realizó a nivel de anteproyecto el diseño de depósitos para almacenamiento de residuos peligrosos líquidos, sólidos y residuos de carácter explosivo e inflamable y una oficina administrativa. A partir de este anteproyecto la tarea encomendada al alumno consiste en realizar un nuevo diseño de estos locales de almacenamiento.

1.2 OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA

El objetivo general de la Práctica Supervisada es el de diseñar depósitos de almacenamiento transitorio de residuos peligrosos para su posterior transporte hacia distintas plantas de tratamiento y disposición final. El almacenamiento transitorio forma parte de la última etapa de la gestión interna de residuos peligrosos, siendo de suma importancia ya que se evita la acumulación de residuos en laboratorios donde existe una concentración de personas realizando distintas actividades. De esta forma se evitan accidentes como el ocurrido en la Universidad Nacional de Río Cuarto en el año 2007.

A nivel de la formación personal del alumno se pueden mencionar los siguientes objetivos:

- Interactuar con un grupo de trabajo.

- Poner en práctica y ampliar los conocimientos adquiridos a lo largo del cursado de la carrera.
- Abarcar desde distinta áreas el desarrollo de un proyecto desde su inicio.
- Desarrollar criterios para la solución de diversos problemas propios de la actividad profesional.

1.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PRÁCTICA SUPERVISADA

Durante el desarrollo de la Práctica Profesional se solicitó al alumno la realización de las siguientes tareas:

1. Análisis del tema problema.
2. Elaboración de programa.
3. Estudio de normativas vigentes.
4. Estudio de la localización de los depósitos de residuos peligrosos.
5. Estudio de antecedentes.
6. Incorporación de Residuos de Artefactos Eléctricos y Electrónicos.
7. Estudio de la posibilidad de implementar energías renovables.
8. Estudio de proximidad de redes y servicios.
9. Definiciones constructivas del proyecto.
10. Análisis estructural.
11. Confección de planos.
12. Cómputo y presupuesto del proyecto.

1.4 APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS DE MATERIAS CURSADAS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA PRÁCTICA SUPERVISADA

Para llevar a cabo las tareas requeridas se han utilizado los conocimientos adquiridos en diversas materias cursadas a lo largo de la carrera.

La materia Arquitectura II, dictada en el cuarto año, fue de gran utilidad a la hora de llevar a cabo un proceso de diseño, referido a la disposición de los distintos locales en el terreno como las dimensiones de los mismos.

Instalaciones en Edificios I y II, ambas de cuarto año, aportaron los conocimientos sobre las distintos tipos de instalaciones necesarias como son instalaciones sanitarias, eléctricas, ventilación, sistemas de protección contra incendios.

Las asignaturas Estructuras Metálicas y de Madera y Hormigón Armado y Pretensado, de cuarto año, aportaron conocimiento para el cálculo de los distintos sistemas estructurales que se emplean como son las cubiertas metálicas livianas, tabiques de hormigón armado, vigas de fundación, entre otros.

Geotecnia III del último año permitió la selección del tipo de fundación adecuada para el tipo de suelo presente en el lugar de emplazamiento y el cálculo de la misma.

Higiene y Seguridad, cursado en el último año de carrera, permitió llevar a cabo una correcta interpretación de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587.

La asignatura Ingeniería Ambiental, del último año, aportó conceptos básicos de residuos peligrosos, gestión integral de residuos introduciendo la normativa vigente referida a este tema. Permitted tomar conciencia de los riesgos que representan para las personas los residuos peligrosos si no se lleva a cabo una correcta gestión de los mismos.

Por último, Proyecto, Dirección de Obras y Valuaciones, aportaron los conocimientos necesarios para llevar a cabo el cómputo y presupuesto para la presentación final del proyecto.

1.5 ORGANIZACIÓN DE ESTE INFORME

El presente informe está constituido por ocho capítulos, los cuales son reseñados a continuación.

En este capítulo, se describe el origen del proyecto de esta Práctica Supervisada y las actividades realizadas por el alumno.

En el Capítulo 2 se presentan definiciones del tema de estudio y los distintos puntos de vista de los principales organismos que tratan los residuos peligrosos.

En el Capítulo 3 se identifica la normativa vigente, tanto a nivel nacional, provincial, local y las distintas resoluciones de la Universidad Nacional de Córdoba referidas a los residuos peligrosos.

En el Capítulo 4 se presentan antecedentes de gestiones de residuos peligrosos de otras universidades tanto a nivel nacional como internacional.

En el Capítulo 5 se informa acerca de la situación actual de la Universidad Nacional de Córdoba en cuanto a la generación y gestión de residuos peligrosos.

En el Capítulo 6 se describe el proceso de diseño del proyecto de depósitos de almacenamiento transitorio de residuos peligrosos. Se definen las instalaciones y presentan los cálculos de los distintos sistemas estructurales.

En el Capítulo 7 se presenta el cómputo y presupuesto del proyecto determinándose el costo por m² e identificándose el ítem que más incide en el presupuesto.

Finalmente, el Capítulo 8 presenta las principales conclusiones de este trabajo final.

CAPÍTULO 2: RESIDUOS PELIGROSOS

2.1 DEFINICIÓN DE RESIDUO

El término “*residuo*” no posee una definición objetiva sino que presenta cierto grado de incertidumbre. La Real Academia Española lo define como:

1. *“Parte o porción que queda de un todo.”*
2. *“Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo.”*
3. *“Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.”*

Observando estas definiciones se puede ver que es un término subjetivo ya que depende de los actores involucrados, pudiendo el propietario de un objeto decidir si el mismo es residuo o no. Otro ejemplo se presenta cuando existe la posibilidad de reciclaje, transformándose el residuo en materia prima para otro proceso.

Por este motivo muchas legislaciones incluyen en sus textos la definición de “*residuo*” que adoptaron. Por ejemplo la Organización de las Naciones Unidas lo define como “*Todo material que no tiene un valor de uso directo y que es descartado por el propietario*”, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente “*Incluye cualquier material descrito como tal en la legislación nacional, cualquier material que figura como residuo en las listas o tablas apropiadas, y en general cualquier material excedente o de desecho que ya no es útil ni necesario y que se destina al abandono*”. El Convenio de Basilea considera “*las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional*” y por último la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) dispone “*Todo material (sólido, semisólido, líquido o contenedor de gases) descartado, es decir que ha sido abandonado, es reciclado o considerado inherentemente residual*”.

2.1.1 Clasificación de Residuos

Todos los residuos deben ingresar a un sistema de gestión que incluye manejo, tratamiento, transporte, disposición final y fiscalización. El sistema de gestión depende del tipo de residuo que se considera, por lo que es importante realizar una clasificación de los mismos minimizando riesgos derivados del ingreso de un residuo peligroso a un sistema de gestión diseñado para otro tipo de residuo.

Estos pueden ser clasificados utilizando diferentes criterios como por ejemplo: estado, origen, tipo de tratamiento al que serán sometidos o potenciales efectos derivados del manejo.

2.1.1.1 Clasificación por estado

En este caso, es definido de acuerdo al estado físico en que se encuentra, por lo que se consideran los siguientes grupos: sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos.

2.1.1.2 Clasificación por origen

Se refiere a una clasificación sectorial y no existe un número definido de categorías.

Por ejemplo pueden ser:

- Domiciliarios, urbanos o municipales.
- Industriales.
- Agrícolas, ganaderos y forestales.
- Mineros.
- Hospitalarios o de Centros de Atención de Salud.
- De construcción.
- Portuarios.
- Radioactivos.

Muchas veces se utiliza la denominación “asimilable a residuo urbano” que se emplea para los residuos generados en cualquier actividad y tiene características similares a los residuos urbanos.

2.1.1.3 Clasificación por tipo de tratamiento al que serán sometidos

Dentro de este criterio podemos encontrar:

- Residuos asimilables a residuos urbanos que se pueden disponer en forma conjunta.
- Residuos para ser incinerados.
- Residuos para disponer en rellenos de seguridad.
- Residuos generados en grandes cantidades y que requieren tratamiento particular.
- Residuos pasibles de ser sometidos a un proceso de valorización.

2.1.1.4 Clasificación por los potenciales efectos derivados del manejo

En este caso, los residuos pueden ser:

- Residuos Peligrosos: son aquellos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos, pudiendo generar efectos adversos para la salud o el ambiente.
- Residuos Peligrosos No Reactivos: son residuos peligrosos que han sufrido algún tipo de tratamiento por medio del cual han perdido su naturaleza de peligrosos.

- Residuos Inertes: son los residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.
- Residuos No Peligrosos: son aquellos que no pertenecen a ninguna de las tres categorías anteriores.

2.2 RESIDUOS PELIGROSOS

2.2.1 Definición

Es difícil definir con precisión el límite que separa a un residuo peligroso de otro que no lo es. Como se mencionó anteriormente, es necesaria una definición legal de residuo peligroso para poder asegurar que el residuo ingrese a un sistema de gestión acorde a sus características y se puedan realizar los controles correspondientes. Entonces, la definición debería contemplar que la variedad de residuos peligrosos se incrementa como consecuencia de la utilización y fabricación de nuevos productos o la utilización de nuevos procesos industriales.

Se pueden llamar “*residuos peligrosos*” a los residuos que debido a su peligrosidad intrínseca (tóxico, corrosivo, reactivo, inflamable, explosivo, infeccioso, ecotóxico) pueden causar daños a la salud o el ambiente. Según EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) “*una sustancia es considerada peligrosa si muestra una o más de las siguientes características:*

- *Inflamable: la sustancia causa o aviva fuegos. La combustión es espontánea a menos de 60 °C.*
- *Reactiva: la sustancia al reaccionar con otras puede formar mezclas explosivas.*
- *Corrosiva: la sustancia posee pH menor a 2 o mayor a 12,5, destruyendo tejidos o metales.*
- *Tóxica: la sustancia es un peligro para la salud, el agua, los alimentos y el aire.*
- *Patógena: es un agente infeccioso por sí o a través de vectores o por sus toxinas.”*

La clasificación de un residuo como “peligroso” se puede realizar en base a distintos criterios:

- Pertenecer a listas de tipos específicos de residuos.
- Estar incluidos en listas de residuos generados en procesos específicos.
- Presentar alguna característica de peligrosidad.
- Contener sustancias definidas como peligrosas.
- Superar límites de concentración de sustancias definidas como peligrosas.

- Superar límites establecidos al ser sometidos a ensayos normalizados.

A continuación se presentan las definiciones, listas y características contempladas por el Convenio de Basilea, la Comunidad Europea y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en lo que respecta a los residuos peligrosos.

2.2.1.1 Convenio de Basilea

Una de las definiciones más relevante es presentada por el Convenio de Basilea. De acuerdo al Artículo 1 son “desechos peligrosos”, a efectos del Convenio, los siguientes desechos que sean objeto de movimientos transfronterizos:

1. *“Los desechos que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el Anexo I, a menos que no tengan ninguna de las características descritas en el Anexo III; y*
2. *Los desechos no incluidos en el apartado anterior, pero estén definidos o considerados peligrosos por la legislación interna de la Parte que sea Estado de exportación, de importación o de tránsito.”*

Quedan excluidos los siguientes desechos:

1. *Desechos urbanos y residuos resultantes de la incineración de desechos urbanos, los cuales son considerados “otros desechos” a los efectos del Convenio.*
2. *Los desechos que por ser radiactivos estén sometidos a otros sistemas de control internacional.*
3. *Los desechos derivados de las operaciones normales de los buques, cuya descarga esté regulada por otro instrumento internacional.”*

En la tabla 2.1 se enumeran las categorías contempladas en el Anexo I del Convenio de Basilea.

Tabla 2.1. Anexo I Convenio de Basilea

Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas.
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.
Y3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos.
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos.
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.
Y6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos.
Y7	Desechos, que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

	operaciones de temple.
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.
Y9	Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o hidrocarburos y agua.
Y10	Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilopoliclorados(PCB), terfenilopoliclorados (PCT) o bifenilopolibromados (PBB).
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico.
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.
Y13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.
Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación vigente.
Y16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.
Y17	Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos.
Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.
Y19	Metales carbonilos.
Y20	Berilio, compuesto de berilio.
Y21	Compuestos de cromo hexavalente.
Y22	Compuestos de cobre.
Y23	Compuestos de zinc.
Y24	Arsénico, compuestos de arsénico.
Y25	Selenio, compuestos de selenio.
Y26	Cadmio, compuestos de cadmio.
Y27	Antimonio, compuestos de antimonio.
Y28	Telurio, compuestos de telurio.
Y29	Mercurio, compuestos de mercurio.
Y30	Talio, compuestos de talio.
Y31	Plomo, compuestos de plomo.
Y32	Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico.
Y33	Cianuros orgánicos de fósforo.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

Y34	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.
Y35	Soluciones básicas o bases en forma sólida.
Y36	Asbesto (polvo y fibras).
Y37	Compuestos orgánicos de fósforos.
Y38	Cianuros orgánicos.
Y39	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.
Y40	Éteres.
Y41	Solventes orgánicos halogenados.
Y42	Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados.
Y43	Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranospoliclorados.
Y44	Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas.
Y45	Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).
Y48	Todos los materiales y/o elementos diversos contaminados con alguno o algunos de los residuos peligrosos identificados en el Anexo I.

Fuente: "Convenio de Basilea" (1992)

El Anexo I consta de dos partes, en la primera se listan 18 tipos de corrientes o procesos que generan desechos considerados peligrosos (denominados Y1 a Y18), y luego se presentan 27 elementos o compuestos cuya presencia como constituyente determina que el desecho sea considerado como peligroso (Y19 a Y45).

En la Tabla 2.2 se presentan las características de peligrosidad contempladas en el Anexo III del convenio de Basilea.

Tabla 2.2. Anexo III Convenio de Basilea

	<p>Explosivos. Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.</p>
H3	<p>Líquidos inflamables. Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60,5 °C, en ensayos con cubeta cerrada, o no más de 65,6 °C, en ensayos de cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatible con el espíritu de esta definición.)</p>

H4.1	Sólidos inflamables. Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevaecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
H4.2	Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea. Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
H4.3	Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables. Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
H5.1	Oxidantes. Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
H5.2	Peróxidos orgánicos. Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -o-o- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
H6.1	Tóxicos (venenos) agudos. Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
H6.2	Sustancias infecciosas. Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
H8	Corrosivos. Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
H10	Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua. Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos). Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogenia.
H12	Ecotóxicos. Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
H13	Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.

Fuente: "Convenio de Basilea" (1992)

La clasificación de desechos planteada presenta las siguientes limitaciones:

1. *“Para que un desecho sea materia del Convenio debe estar listado en el Anexo I y no basta con que el desecho tenga alguna característica de peligrosidad listada en el Anexo III.*
2. *Las características de peligrosidad listadas en el Anexo III no se definen en términos precisos y universalmente aceptados.”*

2.2.1.2 Comunidad Europea

La Comunidad Europea utiliza una lista de residuos, denominada “Catalogo Europeo de Residuos”, donde están indicados los residuos que se consideran peligrosos. En la Tabla 2.3 se presenta el “Catalogo Europeo de Residuos”.

Tabla 2.3. Catálogo Europeo de Residuos

Q1	Residuos de producción o de consumo no especificados a continuación.
Q2	Productos que no responden a las normas.
Q3	Productos caducados.
Q4	Materias que se hayan vertido por accidente, que se hayan perdido o que hayan sufrido cualquier otro incidente con inclusión del material, del equipo, etc., contaminado a causa del incidente en cuestión.
Q5	Materias contaminadas o ensuciadas a causa de actividades voluntarias (por ejemplo, residuos de operaciones de limpieza, materiales de embalaje, contenedores, etc.)
Q6	Elementos inutilizables (por ejemplo, baterías fuera de uso, catalizadores gastados, etc.)
Q7	Sustancias que hayan pasado a ser inutilizables (por ejemplo, ácidos contaminados, disolventes contaminados, sales de temple agotadas, etc).
Q8	Residuos de procesos industriales (por ejemplo, escorias, fondos de destilación, etc.)
Q9	Residuos de procesos anticontaminación (por ejemplo, barros de lavado de gas, polvo de filtros de aire, filtros gastados, etc.)
Q10	Residuos de mecanización/acabado (por ejemplo, virutas de torneado o fresado, etc.)
Q11	Residuos de extracción y preparación de materias primas (por ejemplo, residuos de explotación minera o petrolera, etc.)
Q12	Materia contaminada (por ejemplo, aceite contaminado, etc.)
Q13	Toda materia, sustancia o producto cuya utilización esté prohibida por la ley.
Q14	Productos que no son de utilidad o que ya no tienen utilidad para el poseedor (por ejemplo, artículos desechados por la agricultura, los hogares, las oficinas, los almacenes, los talleres, etc.)
Q15	Materias, sustancias o productos contaminados procedentes de actividades de regeneración de terrenos.
Q16	Toda sustancia, materia o producto que no esté incluido en las categorías

anteriores.

Fuente: "Catálogo Europeo de Residuos"

Al igual que el Convenio de Basilea, considera que los residuos clasificados como peligrosos reúnen una o más características definidas como H1 a H14, superando límites de concentración definidos. Estas características se encuentran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Características Residuos Peligrosos Convenio de Basilea

H1	Explosivo: se aplica a sustancias y preparados que pueden explotar bajo el efecto de la llama o que son más sensibles a los choques o a las fricciones de dinitrobenzeno.
H2	Comburente: se aplica a sustancias y preparados que presentan reacciones altamente exotérmicas al entrar en contacto con otras sustancias, en particular sustancias inflamables.
H3-A	Fácilmente inflamables: se aplica a sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de inflamación inferior a 21 °C, o sustancias o preparados que puedan calentarse y finalmente inflamarse en contacto con el aire a temperatura ambiente sin aplicación de energía, o sustancias o preparados sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de ignición y que continúen ardiendo o consumiéndose después del alejamiento de la fuente de ignición, o sustancias o preparados gaseosos que sean inflamables en el aire a presión normal, o sustancias o preparados que, en contacto con agua o con aire húmedo, emitan gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.
H3-B	Inflamable: se aplica a sustancias o preparados líquidos que tengan un punto de inflamación superior o igual a 21 °C e inferior o igual a 55 °C.
H4	Irritante: se aplica a sustancias y preparados no corrosivos que puedan causar reacción inflamatoria por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas.
H5	Nocivo: se aplica a sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos de gravedad limitada para la salud.
H6	Tóxico: se aplica a sustancias y preparados (incluidos los preparados y sustancias muy tóxicas) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.
H7	Cancerígeno: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.
H8	Corrosivo: se aplica a sustancias o preparados que pueden destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos.
H9	Infecioso: se aplica a sustancias que contienen microorganismos viables, o sus toxinas, de los que se sabe existen razones fundadas para creer que

	causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos.
H10	Teratogénico (Tóxico para la reproducción): se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir malformaciones congénitas no hereditarias o aumentar su frecuencia, o afectar en forma negativa a la función o capacidad reproductora masculina o femenina.
H11	Mutagénico: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.
H12	Sustancias o preparados que emiten gases tóxicos o muy tóxicos al entrar en contacto con el aire, agua o algún ácido.
H13	Sustancias o preparados, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia por un medio cualquiera, por ejemplo, un lixiviado que posee alguna de las características enumeradas anteriormente.
H14	Ecotóxico: se aplica a sustancias y preparados que presentan o pueden presentar riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente.

Fuente: "Catálogo Europeo de Residuos"

Puede ocurrir que un residuo que figura en la lista como peligroso no presente ninguna de las características H1 a H14 en concentraciones superiores a las establecidas por lo que puede ser clasificado como no peligroso. De la misma forma, puede suceder que un residuo que no figure en la lista como peligroso presente alguna de las características H1 a H14 en concentraciones superiores a la establecidas y clasificarlo como peligroso. Las concentraciones establecidas son:

- Punto de inflamación = 55 °C.
- Una o más sustancias clasificadas como muy tóxicas en una concentración total = 0,1 %. Una o más sustancias clasificadas como tóxicas en una concentración total = 3%.
- Una o más sustancias clasificadas como nocivas en una concentración total = 25%.
- Una o más sustancias corrosivas clasificadas como R35 (causa quemaduras graves) en una concentración total = 1%.
- Una o más sustancias corrosivas clasificadas como R34 (causa quemaduras) en una concentración total = 5%.
- Una o más sustancias irritantes clasificadas como R41 (riesgo de daños serios en los ojos) en una concentración total = 10%.

- Una o más sustancias irritantes clasificadas como R36 (irritante para los ojos), R37 (irritante para el sistema respiratorio) o R38 (irritante para la piel) en una concentración total = 20%.
- Una sustancia que sea un cancerígeno conocido de las categorías 1 o 2 en una concentración = 0,1%.
- Una sustancia que sea un cancerígeno conocido de la categoría 3 en una concentración = 1%.
- Una sustancia tóxica para la reproducción de las categorías 1 o 2, clasificada como R60 (puede afectar la fertilidad) o R61 (puede causar daños al feto) en una concentración = 0,5%.
- Una sustancia tóxica para la reproducción de la categoría 3, en una concentración = 5%.
- Una sustancia mutanogénica de las categorías 1 o 2 clasificada como R46 (puede causar daños genéticos hereditarios) en una concentración total = 0,1%.
- Una sustancia mutanogénica de la categoría 3 en una concentración total = 0,1%.

Las categorías 1, 2 y 3 comprenden: efecto suficientemente conocido, fuerte presunción e información insuficiente, respectivamente.

2.2.1.3 Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)

Además de la definición enunciada anteriormente, en la Ley de Recuperación y Conservación de Recursos se define a los residuos peligrosos como los residuos sólidos, o combinación de residuos sólidos, que a causa de su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas pueden:

- Causar, o contribuir significativamente a, un incremento en la mortalidad o un incremento de enfermedades irreversibles y serias o reversibles e incapacitantes.
- Representar un peligro sustancial actual o potencial para la salud humana o el ambiente, cuando son tratados, almacenados, transportados o dispuestos en forma inapropiada.

Residuo sólido se define como todo material (sólido, semisólido, líquido o contenedor de gases) descartado, es decir que ha sido abandonado, que es reciclado o considerado inherentemente residual. Legalmente un residuo sólido es considerado peligroso si:

- No ha sido excluido de la regulación de residuos peligrosos y
- Cumple con algunos de los siguientes criterios:
 1. Exhibe cualquiera de las características de peligrosidad.
 2. Está incluido en una de las listas específicas.
 3. Resulta de la mezcla de un residuo sólido y un residuo peligroso listado, salvo que la mezcla no presente ninguna característica de peligrosidad.

En cuanto a las características de peligrosidad, se tiene en cuenta:

- Inflamabilidad (código de peligro: I)
 1. Líquidos con puntos de ebullición menores a 60 °C.
 2. Residuos en otros estados propensos a causar incendios por fricción, cambios químicos espontáneos, etc.
 3. Gas comprimido inflamable.
 4. Oxidantes.
- Corrosividad (código de peligro: C)
 1. Residuos acuosos con pH < 2 o > 12,5.
 2. Residuos líquidos capaces de corroer acero.
- Reactividad (código de peligro: R)
 1. Inestabilidad y facilidad para sufrir cambios violentos.
 2. Reacciones violentas cuando se mezcla con agua.
 3. Formación de mezclas potencialmente explosivas cuando se mezcla con agua.
 4. Generación de vapores tóxicos cuando se mezcla con agua.
 5. Material que contiene cianuro o sulfuro que genera vapores tóxicos cuando se expone a presión o calor.
 6. Facilidad de detonación o descomposición explosiva cuando se expone a presión o calor.
 7. Facilidad de detonación o descomposición explosiva o reacción a temperatura y presiones estándares.
 8. Definido como explosivo prohibido o explosivo de la clase A o B por el departamento de Transporte de EEUU.
- Toxicidad (código de peligro: T): definido por ensayo de lixiviación. En caso de superar los límites de concentración de contaminantes establecidos en la Tabla 2.5.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

Tabla 2.5 Límites de Concentración de Contaminantes

Contaminante	Límite (mg/L)	Contaminante	Límite (mg/L)
Arsénico	5,0	Cloruro de vinilo	0,2
Bario	100,0	Tricloroetileno	0,5
Cadmio	1,0	Hexaclorobenceno	0,3
Plomo	5,0	Hexacloro 1,3-butadieno	0,5
Mercurio	0,2	Tetracloroetileno	0,7
Plata	5,0	Hexacloroetano	3,0
Selenio	1,0	Metiletilcetona	200,0
Cromo	5,0	Nitrobenceno	2,0
o-Cresol	200,0	2,4,6-Triclorofenol	2,0
m-Cresol	200,0	2,4,5-Triclorofenol	400,0
p-Cresol	200,0	Piridina	5,0
Cresol	200,0	Pentaclorofenol	100,0
Benceno	0,5	Clordano	0,03
1,2-Dicloroetano	0,5	Endrin	0,02
1,4-Diclorobenceno	7,5	2,4-D	10,0
1,1-Dicloroetileno	0,7	Heptacloro	0,008
2,4-Dinitrotuleno	0,13	Lindano	0,4
Tetracloruro de carbono	0,5	Silvex (2,4,5-TP)	1,0
Clorobenceno	100,0	Toxafeno	0,5
Cloroformo	6,0	Metoxicloro	10,0

Fuente: Ley de Recuperación y Conservación de Residuos (EPA)

De la misma forma que los casos anteriores, la EPA elaboró listas en base a los siguientes criterios:

- El residuo típicamente contiene químicos tóxicos en niveles que pueden representar una amenaza para la salud humana o el medio ambiente si no son manejados adecuadamente.
- El residuo contiene químicos de peligrosidad tal que pueden representar una amenaza para la salud humana o el medio ambiente aún si son manejados adecuadamente. Estos residuos son fatales para los humanos y animales aún en bajas dosis y son conocidos como residuos peligrosos agudos.
- El residuo típicamente exhibe una de las cuatro características de residuo peligroso: inflamabilidad, corrosividad, reactividad y toxicidad.

A partir de estos criterios, los residuos peligrosos son agrupados en cuatro listas:

1. Lista F: Incluye residuos de procesos industriales genéricos. Teniendo en cuenta que los procesos que generan estos residuos pueden darse en diferentes sectores industriales, esta lista es conocida como de “residuos de fuentes no específicas”.
2. Lista K: Incluye residuos de trece sectores industriales, por lo que es conocida como lista de “residuos de fuentes específicas”. Los sectores industriales son:
 - a. Preservación de la madera.
 - b. Manufactura de productos químicos orgánicos.
 - c. Manufactura de pesticidas.
 - d. Refinería de petróleo.
 - e. Manufactura de fármacos veterinarios.
 - f. Manufactura de pigmentos inorgánicos.
 - g. Manufactura de productos químicos inorgánicos.
 - h. Manufactura de explosivos.
 - i. Producción de hierro y acero.
 - j. Producción primaria de aluminio.
 - k. Procesamiento secundario de plomo.
 - l. Formulación de tintas.
 - m. Producción de coke.
3. Lista P: Incluye descartes de productos químicos y formulaciones comerciales. Los productos químicos incluidos son tóxicos agudos (fatal para los humanos en bajas dosis, o si estudios científicos han mostrado que tiene efectos letales en organismos experimentales, o si causa enfermedades serias irreversibles o incapacitantes).
4. Lista U: Incluye descartes de productos químicos y formulaciones comerciales. Los productos químicos son tóxicos e incluye otros que tienen características, tales como inflamabilidad o reactividad.

Existe otra lista constituida por residuos que exhiben solamente características de inflamabilidad, corrosividad y/o radioactividad.

2.2.2 Caracterización de los Residuos

La caracterización de los residuos se realiza mediante una serie de ensayos experimentales para evaluar las características de peligrosidad de los residuos. En este proceso se busca estandarizar los diferentes procedimientos aplicados en un marco común de gestión, estandarizar la validez de los resultados por diferentes

métodos, introducir medidas de seguridad, equipamiento y reactivos comunes, y por último, se busca una adaptación al progreso científico-técnico.

2.2.2.1 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Explosividad

Esta metodología permite demostrar que una sustancia sólida o pastosa en contacto con una llama, en choque o fricción, explota o no. Los ensayos que se realizan son:

- Ensayo de sensibilidad térmica.
- Ensayo de sensibilidad mecánica (choque).
- Ensayo de sensibilidad mecánica (fricción).

2.2.2.2 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Inflamabilidad

Se proporcionan datos sobre la inflamabilidad de las sustancias consideradas. Se realizan ensayos para determinar tanto la temperatura de autoinflamación de líquidos volátiles, gases y sólidos. La temperatura de autoinflamación o inflamación espontánea es la temperatura ambiente mínima, expresada en °C a la que se inflama espontáneamente cierto volumen de sustancia en condiciones definidas.

2.2.2.3 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Toxicidad, Carcinogénesis, Mutagénesis y Teratogénesis

Estos ensayos aportan información sobre el potencial tóxico de una sustancia frente a los sistemas biológicos. Se realizan ensayos de toxicidad principalmente donde se controlan estrictamente las condiciones ambientales cuyos resultados no pueden ser extrapolables a poblaciones humanas.

El procedimiento de lixiviación identifica basuras que pueden lixiviar concentraciones peligrosas de constituyentes tóxicos en aguas subterráneas. Este procedimiento simula el proceso de lixiviación que ocurre en terrenos rellenos de seguridad.

2.2.2.4 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Ecotoxicidad

Permite medir el riesgo actual o diferido para los ecosistemas asociado a un residuo. Se realizan ensayos de ecotoxicidad, biodegradabilidad y degradación.

2.2.2.5 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Corrosividad

Los residuos con alto o bajo pH pueden reaccionar peligrosamente con otros residuos o producir migraciones de contaminantes tóxicos. La habilidad de corroer el acero es un indicador primario de la presencia de residuo peligroso. En el ensayo propiamente

dicho, una muestra representativa debe presentar alguna de las siguientes propiedades:

- Muestra acuosa con pH menor a 2 o mayor a 12,5.
- Muestra es un líquido que puede corroer acero a una velocidad mayor que 6,35 mm/año a una temperatura de 55 °C.

2.2.2.6 Metodología Experimental de Evaluación de la Característica de Reactividad

Los residuos inestables químicamente pueden ocasionar problemas graves. Para evaluar esta característica se considera que una muestra representativa presenta las siguientes propiedades:

- Es normalmente inestable, experimenta cambios y reacciona violentamente con agua.
- Forma mezclas potencialmente explosivas al mezclarse con agua.
- Cuando se mezcla con agua genera gases tóxicos o humos en una cantidad suficiente para presentar un severo riesgo para la salud de las personas o el medio ambiente.
- Es capaz de generar una reacción explosiva cuando se calienta en un espacio cerrado.

2.2.3 Gestión de Residuos Peligrosos

2.2.3.1 Aspectos Generales

Para disminuir los riesgos que representan para la salud y el medio ambiente el manejo de residuos peligrosos, es necesario elaborar e implantar un sistema de gestión ambientalmente adecuado. A la hora de buscar soluciones a este problema, no solo se deben tener en cuenta los aspectos técnicos y ambientales, sino también contemplar la dimensión social y económica, factores políticos, institucionales y culturales de cada región.

Para llevar a cabo una gestión de residuos, sean estos peligrosos o no, es importante tener en cuenta el concepto de “ciclo de vida de productos y residuos” ya que en el análisis de este concepto intervienen todas las etapas, desde la extracción para la adquisición de materias primas, hasta el descarte del producto cuando ya no es útil para el fin que fue adquirido o que dejó de satisfacer las necesidades de su dueño.

En la Figura 2.1 se esquematiza el ciclo de vida de un producto y en la Tabla 2.6 la generación de residuos en cada una de las etapas.

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

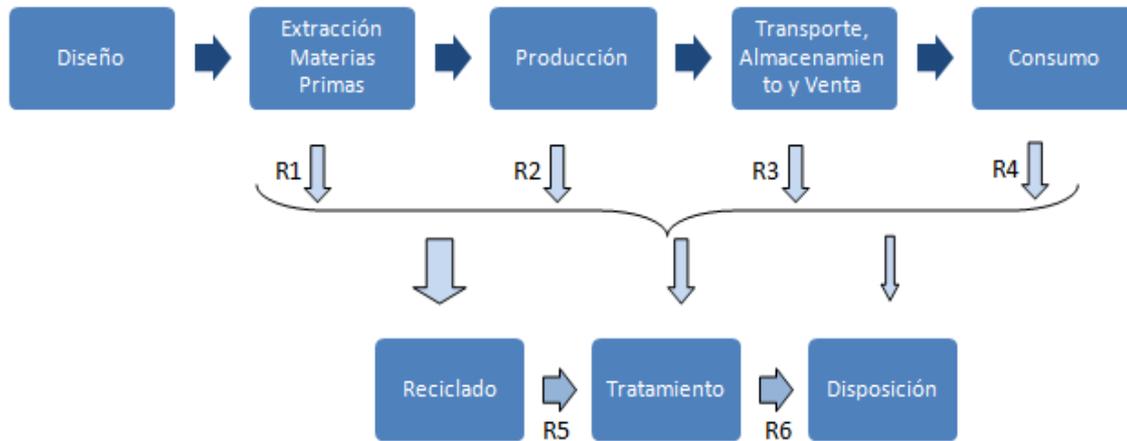


Figura 2.1 Ciclo de Vida de un Producto

Tabla 2.6. Generación de Residuos

Etapa		Generación de Residuos
Producto	Extracción de materias primas	R1: Estériles, descartes, insumos descartados, residuos de tratamiento de emisiones, residuos varios
	Producción	R2: Productos fuera de especificación, envases vacíos, derrames, insumos descartados, residuos del tratamiento de emisiones, residuos varios.
	Transporte, almacenamiento, venta	R3: Residuos generados en accidentes, derrames, productos alterados y vencidos.
Residuo	Consumo	R4: Envases, insumos agorados, producto descartado luego de su uso.
	Reciclado	R5: Residuos derivados del reciclado.
	Tratamiento	R6: Residuos derivados del tratamiento.
	Disposición Final	

Fuente: "Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos". (2005)

El estudio del ciclo de vida de los productos permite observar que en todas las etapas se producen residuos y que cada una de esas etapas se convierte en una oportunidad para reducir el impacto que genera dicho producto.

Se entiende por Gestión de Residuos Peligrosos al conjunto de actividades, técnicas y programas encargados de dar a los mismos el destino final más adecuado contemplando la protección de la salud y del entorno. Esta gestión implica tener en cuenta:

1. Identificación y caracterización de los residuos.
2. Pre transporte y preparación de los residuos.
3. Almacenamiento.
4. Transporte.
5. Tratamiento.
6. Disposición final.

A la hora de llevar a cabo una Gestión de Residuos Peligrosos se debe tener en cuenta los siguientes principios básicos:



2.2.3.2 Principios de Jerarquía

A la hora de implementar una política de gestión integral de residuos es necesario definir jerarquías en las estrategias de gestión, las cuales tienen como primera prioridad evitar la generación de residuo en la fuente y como última alternativa la disposición final del residuo. En la Figura 2.2 se presentan los principios y a continuación la explicación de cada uno de los mismos.



Figura 2.2. Jerarquía en la Gestión de Residuos

Como primera escala en el orden jerárquico se encuentra “prevenir y minimizar la generación”. Esta etapa se encuentra orientada a la autogestión dependiendo exclusivamente del generador incorporándose el concepto de consumo sustentable, donde el consumidor final es muy importante para minimizar la generación de residuos peligrosos obtenidos como resultado del final de la vida útil de un bien de consumo.

En segundo orden jerárquico se encuentra el “aprovechamiento y valorización de residuos”. En esta etapa se fomenta la recuperación de materiales involucrando tanto el reciclaje como cualquier valorización ingresando en el mercado de materiales reciclados en caso de ser posible.

En tercer lugar de orden jerárquico, el “tratamiento” involucra procesos de transformación ambientalmente aceptables con el objetivo de reducir el volumen y la peligrosidad de los residuos.

En último lugar se encuentra la “disposición final” que involucra depositar residuos en el terreno mediante rellenos de seguridad, diseñados para minimizar los riesgos de contaminación ambiental. Dada las características de estos residuos, esta modalidad involucra el almacenamiento a largo plazo de los residuos dispuestos.

En la Tabla 2.7 se presentan ejemplos de actividades y aplicaciones correspondientes a cada escala de orden jerárquico.

Tabla 2.7. Ejemplos de Actividades y Aplicaciones en Jerarquía de Gestión de RP

Escala	Ejemplo de Actividades	Ejemplo de Aplicaciones
Prevenir y minimizar la	1. Diseño de nuevos productos favorables al medio ambiente	1. Modificar producto para evitar uso de

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

generación	2. Cambios en producto 3. Eliminación de fuente	solventes 2. Modificar producto para extender vida de recubrimientos
Aprovechamiento y valorización de recursos	1. Reutilización 2. Restauración	1. Reciclar solventes 2. Recuperación de metales en baños de galvanoplastia 3. Recuperación de orgánicos volátiles
Tratamiento	1. Estabilización 2. Neutralización 3. Precipitación 4. Evaporación 5. Incineración	1. Destrucción térmica de solventes orgánicos 2. Precipitación de metales pesados de baños usados en galvanoplastia
Disposición final	1. Disposición en lugares autorizados	1. Disposición en vertedero especial o relleno de seguridad

2.2.3.3 Actores y Roles

Identificar y conocer los distintos actores, sus roles e interrelaciones permite definir estrategias de organización, integración y coordinación de todos los grupos de interés, asegurando el adecuado desarrollo de una gestión. Los principales actores que participan en la gestión de residuos peligrosos son:

1. Generadores: son todas aquellas personas físicas y jurídicas que por su actividad generan residuos peligrosos. Este conjunto de actores es amplio y diverso dependiendo de los distintos tipos de residuos que se pueden llegar a generar. Abarca tanto al sector público como privado e incluye actividades productivas (industria manufacturera, producción agrícola, ganadera, minería), sectores comerciales, sectores de servicios como pueden ser atención a la salud, energía y almacenamiento de sustancias entre otros, sociedades de consumo (todos los individuos de una sociedad son generadores de residuos peligrosos como resultado del uso de bienes de consumo que contienen sustancias peligrosas), establecimientos educativos y empresas de valorización y tratamiento de residuos. El manejo de residuos peligrosos es responsabilidad directa del generador, a excepción de aquellos generados en hogares donde la gestión de residuos es responsabilidad municipal.
2. Operadores del sistema de residuos: son todos aquellos actores formales que participan de la gestión de los residuos una vez que salen del ambiente del

generador. Este conjunto incluye a los transportistas, empresas de reciclaje y valorización energética, tratamiento y disposición final de residuos, así como cualquier otro actor asociado que opere en la gestión de los mismos.

3. Sector informal: son todos aquellos individuos que realizan actividades de manejo de residuos no registradas ni reguladas. Al ser actores informales que pueden operar con residuos sólidos y peligrosos, constituyendo un elemento de riesgo sanitario y ambiental. Dentro de este sector se puede encontrar el conjunto de población de clasificadores, que por motivos socio-económicos se sustentan a través de los materiales que pueden recolectar de los residuos, y por otro lado aquellos actores informales que pueden intervenir en cualquier etapa de manejo, como por ejemplo depósitos de chatarra o transportistas de residuos.
4. Autoridades públicas locales y nacionales: son los responsables de definir y ejecutar las políticas públicas que permitan asegurar una adecuada calidad de vida de la población y el desarrollo sostenible del país. Son por lo tanto los actores esenciales en la gestión de residuos asegurando el control y vigilancia del sistema. En relación a los residuos peligrosos específicamente, la función del gobierno consiste en diseñar e implementar acciones directas que permitan una gestión ambientalmente adecuada de los residuos, en un ámbito de acuerdo, articulación y coordinación de acciones.

Además de estos actores, existen otros también importantes como son los educadores, organizaciones no gubernamentales, medios de comunicación, asociaciones empresariales y profesionales que se encuentran vinculadas a los generadores, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, sectores académicos como son las universidades y centros de investigación.

2.2.3.4 Corrientes de Residuos

Cualquier actividad es potencialmente generadora de residuos peligrosos. Teniendo en cuenta el generador, los residuos se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Residuos peligrosos generados directamente por las actividades productivas y de servicios.
- Residuos peligrosos generados en los centros de atención a la salud.
- Residuos peligrosos generados como resultado del consumo.
- Residuos peligrosos presentes en la corriente de residuos urbanos que no se encuentran incluidos en el grupo anterior.

Los residuos que constituyen el primer grupo se encuentran condicionados por la actividad misma del sector productivo y de servicios que los genera, las materias primas utilizadas, la tecnología de producción y la modalidad de gestión interna. Para este grupo de residuos el generador debe ser responsable por la gestión ambientalmente adecuada de los residuos asumiendo los costos asociados. Generalmente este grupo es el de mayor magnitud.

Los residuos generados en los centros de atención a la salud (presentan un porcentaje menor de la totalidad de residuos) dependen de la complejidad del servicio de atención, el sistema de manejo interno y de la cobertura que tenga el mismo. Las responsabilidades y obligaciones son las mismas que las del grupo anterior.

En cuanto al tercer grupo, los residuos generados como resultado de consumo, se puede mencionar a los aceites, pilas, baterías, neumáticos, envases de plaguicidas, chatarra metálica, solventes, lámparas de mercurio, etc. Recientemente se incorporaron a este grupo los residuos eléctrico-electrónicos y vehículos en desuso. Para estos residuos se aplica el concepto de responsabilidad extendida, donde el importador o productor del bien debe asumir la responsabilidad de la gestión de los residuos que generan sus productos una vez finalizada su vida útil. A diferencia de los grupos anteriores la eficacia de la gestión depende del grado de devolución voluntaria por parte de los consumidores.

Por último, el grupo de residuos que forman parte de la corriente de residuos sólidos urbanos está compuesto por aquellos residuos generados a nivel domiciliario y comercial con características peligrosas que ingresan al sistema de gestión de residuos sólidos urbanos. Generalmente son los residuos de menor relevancia en su magnitud pero igualmente deben ser tenidos en cuenta.

2.2.3.5 Minimización de Residuos

La minimización de residuos consiste en reducir el volumen y la peligrosidad de residuos generados a través de la reducción en la fuente y el reciclado. Estos consisten en una serie de procedimientos como se indica en la figura 2.3. Entre estas dos alternativas siempre es preferible la reducción en la fuente.

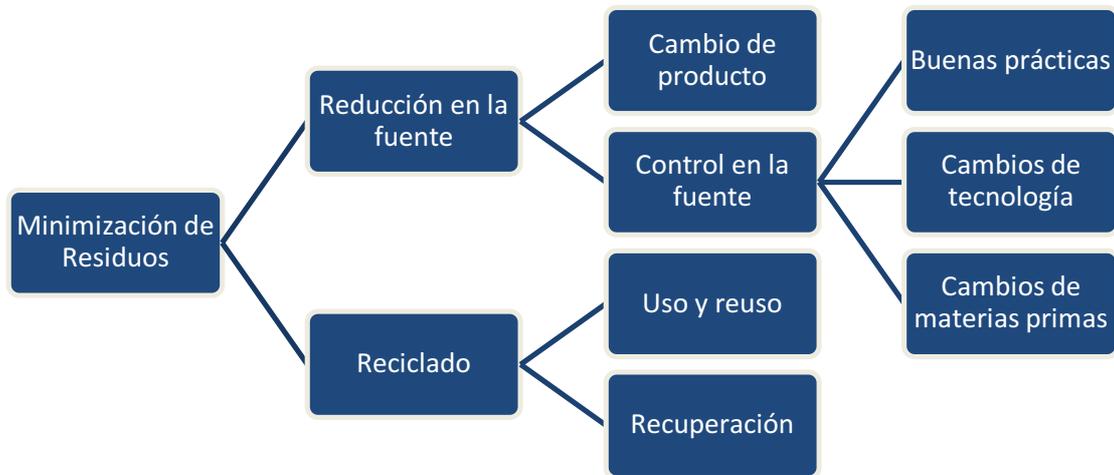


Figura 2.3. Minimización de Residuos

Si se establece un orden de prioridades para llevar a cabo una óptima minimización de residuos sería el siguiente:

1. Buenas prácticas de operación: es la actividad que puede cumplir el objetivo principal sin la necesidad de llevar a cabo inversiones importantes. Las acciones a implementar pueden ser, por ejemplo, entrenamiento de personal, un adecuado control de stock de materias primas y productos, prevención de derrames, segregación de residuos, organización de la producción, etc.
2. Cambios de tecnología: son cambios vinculados a los procesos productivos en sí y están orientados a modificaciones de procesos y equipamientos. Estos cambios pueden llevarse a cabo mediante cambios del proceso tecnológico, equipamientos, uso de automatización, cambios en las condiciones del proceso como temperatura, presión y tiempo de residencia, etc.
3. Cambios de materias primas: pueden eliminar materiales contaminantes que se introducen con la materia prima o se forman en el proceso a partir de ella. Los cambios pueden consistir en el uso de materiales más puros, materias primas o insumos menos agresivos al medio ambiente, materias primas recicladas o reciclables, etc.
4. Cambios de productos: tiene por objetivo reducir residuos derivados del uso del producto (ciclo de vida, envases). Las medidas que se pueden implementar consisten en sustituir el producto, cambiar la composición, tipo de envases, extender la vida útil entre otros.

5. Uso y reuso: es la primera de las actividades del reciclado. Consiste en volver a usar el residuo en el proceso que lo origina o utilizar el residuo en otro proceso sea en el mismo lugar de producción o en fuera de él.
6. Recuperación: como su nombre lo indica consiste en recuperar productos de valor en el lugar de generación o fuera de él, por ejemplo en la industria de pinturas se pueden utilizar solventes para varios usos, los cuales pueden ser recuperados por destilación en la misma industria o fuera de ella.

2.2.3.6 Acondicionamiento de Residuos

En el momento de acondicionar los residuos, se tiene en cuenta la compatibilidad entre los mismos. Dos residuos son incompatibles entre sí cuando al entrar en contacto o mezclarse generan calor, fuego, explosión, humos, gases tóxicos o inflamables, disolución de sustancias tóxicas o reacciones violentas. En la figura 2.4 se presenta en forma esquemática un cuadro de incompatibilidades.

Por último, para completar el correcto acondicionamiento, se etiquetan los envases para poder identificar el residuo peligroso y reconocer rápidamente la naturaleza del peligro que representa, advirtiendo a las personas involucradas en el transporte o almacenamiento sobre las medidas de precaución y prohibiciones. Estas etiquetas son denominadas “etiquetas de riesgo” donde se especifica la identidad, cantidad, procedencia del residuo y la clase de peligro.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) establece listas en las que se identifican las sustancias peligrosas, asignándoles un número de cuatro dígitos, establece una clasificación de riesgos dividida en 9 grupos con varias divisiones y los modelos de símbolos o pictogramas de las etiquetas de riesgos con las cuales se deben identificar los envases. En la tabla 2.8 se indican las clases de sustancias peligrosas con sus respectivas etiquetas.

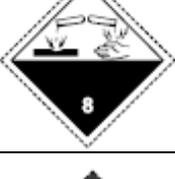
Tabla 2.8. Sustancias Peligrosas

Clase Explosivos 1:	División 1.1 Explosivos con riesgo de explosión en masa División 1.2 Explosivos con riesgo de protección División 1.3 Explosivos con riesgo predominante de incendio	
	División 1.4 Explosivos sin riesgo significativo de explosión	
	División 1.5 Explosivos muy insensibles; agentes explosivos	
	División 1.6 Materiales Detonantes extremadamente insensibles	
Clase Gases 2:	División 2.1 Gases inflamables	

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

	División 2.2 Gases comprimidos, no inflamables, no tóxicos	
	División 2.3 Gases tóxicos por inhalación	
	División 2.4 Gases corrosivos	
Clase 3: Líquidos Inflamables		
Clase 4: Sólidos inflamables: sustancias propensas a la combustión espontánea y sustancias que en contacto con agua emiten gases	División 4.1 Sólidos Inflamables	
	División 4.2 Sustancias propensas a la combustión espontánea	
	División 4.3 Sustancias que en contacto con agua emiten gases inflamables	
Clase 5: Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos	División 5.1 Sustancias oxidantes	
	División 5.2 Peróxidos orgánicos	

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

Clase 6: Sustancias tóxicas (venenosas) y sustancias infecciosas	División 6.1 Sustancias tóxicas	
	División 6.2 Sustancias infecciosas	
Clase 7: Materiales radiactivos		
Clase 8: Materiales corrosivos		
Clase 9: Materiales peligrosos varios	División 9.1 Cargas peligrosas que no pueden ser incluidas en las clases anteriores División 9.2 Sustancias peligrosas para el medio ambiente División 9.3 Residuos Peligrosos	

Fuente: "Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos".
(2005)

En el caso que los materiales presenten más de un riesgo importante se utilizan etiquetas para indicar riesgo primario y riesgo secundario, colocándolas una al lado de la otra. Además de estas etiquetas, los envases poseen otra etiqueta donde se identifica el residuo y el generador, como así también el código de cuatro dígitos de Naciones Unidas.

Es responsabilidad de los generadores de residuos acondicionar los mismos para su posterior traslado o almacenamiento.

2.2.3.7 Almacenamiento Transitorio

El almacenamiento de residuos consiste en la contención temporaria de los mismos en un depósito especialmente acondicionado, a la espera de reciclaje, tratamiento o disposición final. El tiempo de almacenamiento debe ser lo más corto posible, siendo este generalmente entre 1 y 3 meses y nunca mayor a 6 meses.

Los depósitos de almacenamiento deben cumplir con ciertas condiciones para un almacenamiento seguro de los residuos, dentro de las cuales se puede mencionar:

- Ubicación: el área de emplazamiento se selecciona en base a un estudio que garantice que los riesgos para la salud y el medio ambiente sean mínimos. Debe tener un fácil acceso y contar con servicios de electricidad, agua potable y comunicaciones.
- Cercado y señalización: el predio de emplazamiento debe estar cercado de forma de impedir el acceso de personas ajenas a las instalaciones y además advertir que se trata de un depósito de residuos peligrosos.
- Diseño apropiado: el diseño debe estar de acuerdo con la naturaleza y volumen de los residuos a ser almacenados. Los criterios generales de diseño son:
 1. Minimizar riesgos de explosión o emisiones no planificadas
 2. Disponer de áreas separadas para residuos incompatibles
 3. Estar protegido de los efectos del clima
 4. Contar con buena ventilación
 5. Ser techados
 6. Tener pisos estancos, impermeables y resistentes química y estructuralmente
 7. No tener conexiones a la red de drenaje
 8. Poseer sistema de recolección de líquidos contaminados
 9. Permitir la correcta circulación de operarios y del equipamiento de carga
 10. Contar con salidas de emergencia
 11. Contar con sistemas de control de la contaminación de acuerdo al tipo de residuos manejados
- Seguridad: el depósito debe contar con sistemas de protección contra incendios, botiquines de primeros auxilios, duchas de emergencia y sistema de lavado de ojos, como así también los operarios con los equipos de protección personal que sean necesarios.
- Manual de operación: para la operación general del depósito, equipamiento, procedimientos de higiene y seguridad, debe existir un manual con instrucciones disponible para todo el personal.
- Planes de contingencia: planes y procedimientos de emergencia dirigidos a garantizar la respuesta rápida y apropiada para aquellas situaciones que así lo ameriten.

- Capacitación: el personal debe estar capacitado para realizar adecuadamente los procedimientos de trabajo, medidas de precaución y seguridad, procedimientos de emergencia y conocer los riesgos a los que está expuesto.

2.2.3.8 Transporte

El transporte corresponde a una etapa intermedia entre el almacenamiento del lugar de generación y el tratamiento o disposición final, pudiendo existir una etapa intermedia de almacenamiento transitorio. Los actores intervinientes en esta etapa son los generadores y los transportistas con sus respectivas funciones y responsabilidades para que la actividad se realice con riesgos mínimos tanto para los operadores como para el resto de la población y el medio ambiente.

Previo al transporte de los residuos, el generador es responsable de:

- Contar con la autorización para el envío de sus residuos a un destino específico.
- Acondicionar correctamente los residuos en contenedores adecuados, debidamente etiquetados, atendiendo los requerimientos del transportista y el destinatario.
- Emitir la documentación de la carga con los datos sobre la empresa generadora, información sobre los residuos a ser transportados y el destino de los mismos.
- Proporcionar al transportista la información sobre procedimientos de emergencia y precauciones a ser tomadas.
- Indicar al transportista el equipo de seguridad necesario con que debe contar en caso de accidente.
- Proporcionar al transportista los carteles con las indicaciones de peligros que deberá instalar en las unidades de transporte, de acuerdo al tipo de residuo peligroso.
- Verificar que la empresa transportista esté debidamente autorizada y que la unidad de transporte cumpla con las especificaciones necesarias para el transporte del tipo específico de residuo peligroso involucrado.
- Verificar que la operación de carga sea realizada por operarios capacitados, provistos de equipamiento de protección personal.

El transportista debe entregar los residuos en el destino indicado, teniendo como responsabilidad:

- Contar con la autorización para el transporte del tipo específico de residuos de que se trate.

- Contar con unidades adecuadas a las características de los residuos peligrosos que transportan.
- Identificar la unidad de transporte con los datos de la empresa.
- Colocar señalizaciones de peligro, de acuerdo a las características de los residuos transportados.
- Transportar sólo los residuos correctamente acondicionados, etiquetados y documentados.
- Utilizar rutas de bajo riesgo, previamente establecidas.
- Proteger la carga durante el transporte para minimizar riesgos.
- Capacitar a los choferes.
- Someter a los vehículos a inspecciones técnicas periódicas.
- Gestionar adecuadamente los documentos de las cargas, de acuerdo a las exigencias correspondientes.
- La unidad debe contar con equipo de comunicaciones.
- Garantizar que las maniobras de carga y descarga se realicen por personal capacitado, con el equipo de protección personal adecuado y de manera de minimizar los riesgos, siguiendo protocolos establecidos.
- Conocer los planes a seguir en caso de emergencias y contar con los elementos necesarios para su implementación.
- Mantener estadísticas de accidentes e incidentes tanto de las unidades como del personal e implementar medidas de mejora continua.

En el caso que el mismo generador sea transportista posee las responsabilidades que implica ser transportista de residuos peligrosos.

2.2.3.9 Tratamiento

El tratamiento de residuos consiste en un proceso de transformación cuyo objetivo consiste en reducir el volumen y disminuir la peligrosidad. Los procesos de tratamiento van a producir otros residuos que requieren una gestión especial en función de sus características, debiendo evaluarse el impacto ambiental de las diferentes alternativas de tratamiento ya que pueden representar un importante riesgo para la salud o el ambiente. Los procesos de tratamiento pueden ser procedimientos fisicoquímicos, de estabilización-solidificación, biológicos o térmicos.

2.2.3.9.1 Tratamientos Físico-Químicos

Estos tratamientos involucran tanto los procesos físicos como químicos por los cuales se modifican las propiedades físicas o químicas de un residuo. Estos pueden cumplir varias funciones como por ejemplo permitir la recuperación de un compuesto para su

posterior utilización como materia prima en otro proceso, separar los constituyentes peligrosos de la masa total del residuo, reducir la peligrosidad del residuo mediante la transformación de sus componentes transformándolos en compuestos menos peligrosos o reduciendo su movilidad en el medio ambiente, transformar el residuo en un material que cumpla con las condiciones para ingresar a otro sistema de tratamiento o al sistema de disposición final.

Un tratamiento únicamente físico constituye generalmente la primera etapa dentro de un tratamiento global. Los tratamientos físicos más utilizados son:

- Filtración.
- Separación por gravedad (sedimentación, centrifugación, floculación y flotación).
- Evaporación.
- Destilación.
- Arrastre con aire o vapor.
- Adsorción en carbón.
- Intercambio iónico.

En cuanto al tratamiento químico, que generalmente tiene asociado procesos físicos, constituye un procedimiento de transformación del residuo mediante la adición de una serie de compuestos químicos para alcanzar el objetivo deseado. Los tratamientos químicos más utilizados son:

- Neutralización: ajuste del pH utilizando ácidos o álcalis.
- Precipitación: por ajuste de pH o agregado de determinados aniones o cationes con el objetivo de formar compuestos insolubles.
- Oxidación – reducción: se utilizan para cambiar el estado de oxidación del contaminante, modificando su toxicidad u otra propiedad como la solubilidad.
- Descomposición por oxidación: consiste en la reacción del contaminante con un oxidante como oxígeno, peróxido, ozono o hipoclorito donde el contaminante se descompone en otras sustancias de menor toxicidad.
- Declorinación con metales alcalinos: el objetivo es remover cloro de compuestos orgánicos clorados. Se basa en la alta afinidad de los metales alcalinos por el cloro, formándose una sal de cloro que se separa por centrifugación.

2.2.3.9.2 Estabilización – Solidificación

La estabilización consiste en un proceso por el medio del cual los contaminantes de un residuo son transformados en formas menos tóxicas o menos móviles o solubles. Las

transformaciones se dan por medio de reacciones químicas que fijan los compuestos tóxicos en polímeros impermeables o cristales estables. Los productos utilizados en este proceso permiten mejorar las características físicas del residuo, disminuir el área superficial a través de la cual se transfieren los contaminantes, reducir la solubilidad de los contaminantes y reducir la toxicidad (disponibilidad) de los contaminantes.

En cuanto a la solidificación, consiste en un tratamiento que genera una masa sólida monolítica de residuos tratados. De esta manera se mejora su integridad estructural y sus características físicas facilitándose su manejo, transporte y disposición final. Para lograr esta masa sólida, se emplean aditivos que permiten incrementar la dureza, disminuir la compresibilidad y la permeabilidad.

Por lo tanto la estabilización-solidificación tiene por objetivo mejorar las características físicas y disminuir el área superficial. De esta forma se reduce la transferencia y la solubilidad de los contaminantes presentes. Los mecanismos que intervienen en estos procesos son:

- Macroencapsulamiento.
- Microencapsulamiento.
- Absorción.
- Adsorción.
- Intercambio iónico.
- Precipitación.
- Transformaciones químicas.

Esta técnica es utilizada para residuos inorgánicos con no más de 10 a 20% de materia orgánica ya que los residuos orgánicos sufren degradación. Las tecnologías aplicadas se clasifican en fijación inorgánica y técnicas de encapsulamiento. Para la fijación inorgánica se utilizan materiales como el cemento portland, materiales puzolánicos y cal, mientras que para el encapsulamiento se utilizan polímeros como el asfalto, polietileno y poliéster entre otros. También se puede utilizar la técnica de transformación en vidrio por medio de la mezcla y fusión con materiales como sílice.

Ejemplos de estas tecnologías de tratamientos son:

- Procesos en base al cemento portland: los contaminantes presentes en el residuo quedan incluidos dentro de la estructura que se forma por la hidratación del cemento. Se utiliza para metales pesados.
- Procesos en base a cal y materiales puzolánicos: los materiales puzolánicos combinados con cal y en presencia de agua forman una masa similar al cemento.

- Técnicas en base de polímeros termoplásticos: los termoplásticos que se utilizan para la solidificación son el asfalto o polietileno.
- Técnicas en base a polímeros orgánicos
- Técnicas de transformación en vidrio

En todos los casos se realizan ensayos de evaluación de permeabilidad, dureza, compresión, ciclo frío - calor y ciclo humectado - secado. Además se realizan ensayos de lixiviación para verificar la inmovilización de los contaminantes.

2.2.3.9.3 Tratamientos Biológicos

Los tratamientos biológicos consisten en la descomposición de contaminantes por acción de un conjunto de microorganismos. Generalmente la capacidad de procesamiento de estos sistemas es limitada y se restringe a situaciones donde es posible trabajar con bajas concentraciones de contaminantes. Los ejemplos más comunes son el tratamiento en suelo o "landfarming" y el tratamiento in situ de suelos contaminados o biorremediación.

La técnica de tratamiento en el suelo involucra la utilización de las propiedades físicas, químicas y biológicas naturales del mismo para degradar residuos, constituyéndose el elemento suelo en el medio de tratamiento. Esta técnica consiste en la aplicación de un residuo cuya base de composición sea orgánica y biodegradable, a una tasa de aplicación controlada, en la capa superficial del suelo. Las condiciones climatológicas son variables externas que condicionan el tratamiento.

La utilización de esta técnica sólo puede ser realizada mediante una evaluación previa de la capacidad de degradación del contaminante en el suelo y los potenciales productos intermedios que pueden generarse en el proceso de tratamiento. Además si existe riesgo de contaminación de aguas subterráneas se impermeabiliza la base donde se realiza el proceso, como así también se controlan los escurrimientos superficiales.

2.2.3.9.4 Tratamientos Térmicos

Los tratamientos térmicos presentan la ventaja, a diferencia de los anteriores, de reducir el volumen de los residuos en forma significativa y permiten la recuperación de energía. Estos tratamientos pueden ser mediante incineración, pirólisis, plasma y oxidación en sal fundida.

De estas alternativas, se considera como la mejor opción a la incineración a altas temperaturas. Consiste en un proceso de combustión en el cual la materia orgánica es oxidada con el oxígeno del aire, generando emisiones gaseosas que contienen dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno y oxígeno. Dependiendo de la composición y las

condiciones de operación del residuo tratado, las emisiones gaseosas pueden contener cantidades menores de monóxido de carbono, ácidos clorhídricos, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y dioxinas, entre otros. En el proceso se generan residuos sólidos como cenizas y escorias constituidas por el material no combustible. Existen diferentes tipos de incineradores, siendo los más comunes los de inyección líquida (para residuos líquidos) y los hornos rotatorios (para cualquier tipo de residuo).

A la hora de llevar a cabo un proceso de incineración, las variables operativas más importantes que se tienen en cuenta son: la temperatura, el tiempo de residencia y la turbulencia. Estas variables inciden directamente en la eficiencia de la “destrucción” del sistema, por lo tanto, en la generación de productos de combustión incompleta que forman parte de las emisiones gaseosas del incinerador. Generalmente los incineradores para residuos peligrosos son diseñados para que los gases de combustión alcancen temperaturas en el rango de 850 a 1600 °C con un tiempo de estadía de por lo menos 2 segundos. En las emisiones pueden aparecer compuestos más tóxicos que el producto originalmente incinerado, por lo que los incineradores cuentan con sistemas de tratamientos de emisiones atmosféricas.

2.2.3.10 Disposición Final

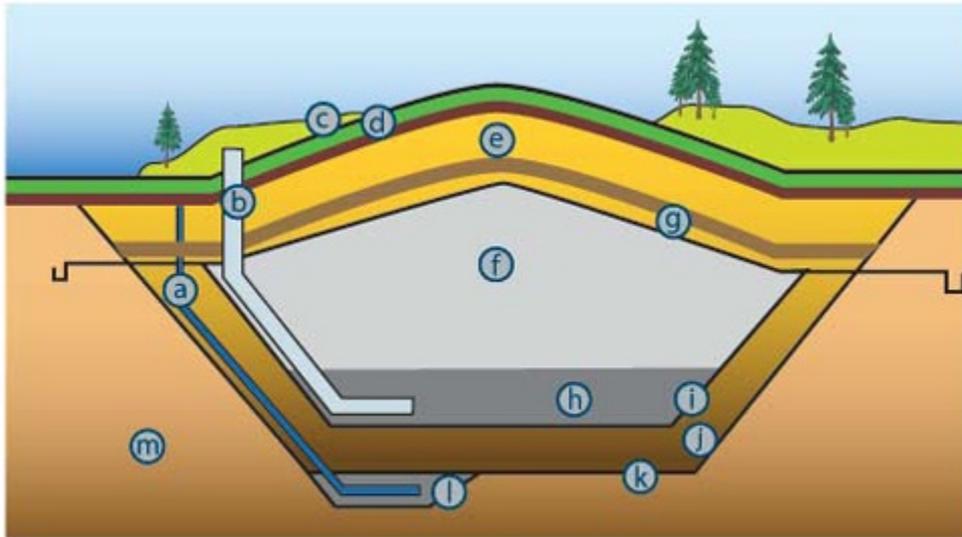
La disposición final de los residuos tiene como objetivo el confinamiento de los mismos, minimizando las liberaciones de contaminantes. La forma más común de disposición final es el confinamiento en rellenos de seguridad.

Un relleno de seguridad consiste básicamente en una o varias celdas de disposición final y un conjunto de elementos de infraestructura para la recepción y acondicionamiento de residuos, así como para el control de ingreso y evaluación de su funcionamiento. Para ser considerado como un relleno de seguridad el mismo debe contar como mínimo con los siguientes elementos:

- Sistema de impermeabilización de base y taludes de doble barrera.
- Sistemas de captación, conducción y tratamiento de lixiviados.
- Sistemas de detección de pérdidas.
- Sistemas de captación y conducción de gases.
- Elementos de control de ingreso de agua de lluvia por escurrimiento.
- Sistemas de impermeabilización para la clausura.

Cada relleno cuenta con criterios de aceptación de residuos en base a las características de las celdas y la compatibilidad de los residuos recibidos. Además

deben contar con planes de contingencia y un programa de monitoreo ambiental. En la Figura 2.5 se muestra esquemáticamente un relleno de seguridad.



- | | |
|--|--------------------------------------|
| a: Sistema de Detección de Lixiviados. | h: Lixiviados. |
| b: Sistema de Colección de Lixiviados. | i: Geomembrana Primaria. |
| c: Pasto. | j: Sistema de Geonet y Bentomat. |
| d: Suelo de Cobertura Final Vegetal. | k: Membrana Secundaria. |
| e: Suelo de Cobertura. | l: Grava de Colección de Lixiviados. |
| f: Residuos Peligrosos. | m: Línea de Soporte. |
| g: Geomembrana. | |

Figura 2.5. Esquema Relleno de Seguridad

CAPITULO 3: LEGISLACIÓN VIGENTE

La conformación de marcos de regulación para residuos se fue generando a partir de la mayor percepción de los problemas vinculados a los residuos y sus efectos, a la difusión de accidentes y enfermedades, demanda de la sociedad, incorporando estos problemas a la agenda de los gobiernos y al diseño de políticas de manejo ambientalmente adecuadas para los residuos.

3.1 LEY NACIONAL N° 24.051: RESIDUOS PELIGROSOS – GENERACIÓN, MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y TRATAMIENTO

Esta ley fue sancionada en Diciembre de 1991, promulgada y publicada en Enero de 1992. Posee 68 artículos agrupados en 11 capítulos, de los cuales los más importantes son enunciados a continuación.

3.1.1 CAPITULO I – Del ámbito de aplicación y disposiciones generales

Comprendido desde el artículo 1 hasta el artículo 3.

ARTÍCULO 1 - La generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos quedarán sujetos a las disposiciones de la presente ley, cuando se tratare de residuos generados o ubicados en lugares sometidos a jurisdicción nacional o, aunque ubicados en territorio de una provincia estuvieren destinados al transporte fuera de ella, o cuando, a criterio de la autoridad de aplicación, dichos residuos pudieren afectar a las personas o el ambiente más allá de la frontera de la provincia en que se hubiesen generado, o cuando las medidas higiénicas o de seguridad que a su respecto fuere conveniente disponer, tuvieren una repercusión económica sensible tal, que tornare aconsejable uniformarlas en todo el territorio de la Nación, a fin de garantizar la efectiva competencia de las empresas que debieran soportar la carga de dichas medidas.

ARTÍCULO 2 - Será considerado peligroso, a los efectos de esta ley, todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. En particular serán considerados peligrosos los residuos indicados en el Anexo I o que posean alguna de las características enumeradas en el Anexo II de esta ley. Las disposiciones de la presente serán también de aplicación a aquellos residuos peligrosos que pudieren constituirse en insumos para otros procesos industriales. Quedan excluidos de los alcances de esta ley los residuos domiciliarios, los radiactivos y los derivados de las operaciones normales de los buques, los que se regirán por leyes especiales y convenios internacionales vigentes en la materia.

Los residuos y características a los que hace referencia el Anexo I y Anexo II respectivamente, son aquellos establecidos por el Convenio de Basilea mencionado en el apartado anterior.

3.1.2 CAPITULO II – Del Registro de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos

Comprendido desde el artículo 4 hasta el artículo 11.

ARTÍCULO 4 - La autoridad de aplicación llevará y mantendrá actualizado un Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos, en el que deberán inscribirse las personas físicas o jurídicas responsables de la generación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos.

ARTÍCULO 5 - Los generadores y operadores de residuos peligrosos deberán cumplimentar, para su inscripción en el Registro, los requisitos indicados en los artículos 15, 23 y 34, según corresponda. Cumplidos los requisitos exigibles, la autoridad de aplicación otorgará el Certificado Ambiental, instrumento que acredita, en forma exclusiva, la aprobación del sistema de manipulación, transporte, tratamiento o disposición final que los inscriptos aplicarán a los residuos peligrosos. Este Certificado Ambiental será renovado en forma anual.

ARTÍCULO 11. - En el caso de que una sociedad no hubiera sido admitida en el Registro o que admitida haya sido inhabilitada ni ésta ni sus integrantes podrán formar parte de otras sociedades para desarrollar actividades reguladas por esta ley, ni hacerlo a título individual, excepto los accionistas de sociedades anónimas y asociados de cooperativas que no actuaron en las funciones indicadas en el artículo anterior cuando se cometió la infracción que determinó la exclusión del Registro.

3.1.3 CAPITULO III – Del Manifiesto

Comprendido por el artículo 12 y 13.

ARTÍCULO 12. - La naturaleza y cantidad de los residuos generados, su origen, transferencia del generador al transportista, y de éste a la planta de tratamiento o disposición final, así como los procesos de tratamiento y eliminación a los que fueren sometidos, y cualquier otra operación que respecto de los mismos se realizare, quedará documentada en un instrumento que llevará la denominación de “manifiesto”.

ARTICULO 13. - Sin perjuicio de los demás recaudos que determine la autoridad de aplicación el manifiesto deberá contener:

- a) *Número serial del documento;*

- b) Datos identificatorios del generador, del transportista y de la planta destinataria de los residuos peligrosos, y sus respectivos números de inscripción en el Registro de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos;*
- c) Descripción y composición de los residuos peligrosos a ser transportados;*
- d) Cantidad total - en unidades de peso, volumen y concentración - de cada uno de los residuos peligrosos a ser transportados; tipo y número de contenedores que se carguen en el vehículo de transporte;*
- e) Instrucciones especiales para el transportista y el operador en el sitio de disposición final;*
- f) Firmas del generador, del transportista y del responsable de la planta de tratamiento o disposición final.*

3.1.4 CAPITULO IV – De los Generadores

Comprendido desde el artículo 14 hasta el artículo 22.

ARTÍCULO 14. - Será considerado generador, a los efectos de la presente, toda persona física o jurídica que, como resultado de sus actos o de cualquier proceso, operación o actividad, produzca residuos calificados como peligrosos en los términos del artículo 2 de la presente.

ARTÍCULO 15. - Todo generador de residuos peligrosos, al solicitar su inscripción en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos deberá presentar una declaración jurada en la que manifieste, entre otros datos exigibles, lo siguiente:

- a) Datos identificatorios: nombre completo o razón social; nómina del directorio, socios gerentes, administradores, representantes y/o gestores, según corresponda; domicilio legal;*
- b) Domicilio real y nomenclatura catastral de las plantas generadoras de residuos peligrosos; características edilicias y de equipamiento;*
- c) Características físicas, químicas y/o biológicas de cada uno de los residuos que se generen;*
- d) Método y lugar de tratamiento y/o disposición final y forma de transporte, si correspondiere, para cada uno de los residuos peligrosos que se generen;*
- e) Cantidad anual estimada de cada uno de los residuos que se generen;*
- f) Descripción de procesos generadores de residuos peligrosos;*
- g) Listado de sustancias peligrosas utilizadas;*
- h) Método de evaluación de características de residuos peligrosos;*
- i) Procedimiento de extracción de muestras;*

- j) Método de análisis de lixiviado y estándares para su evaluación;*
- k) Listado del personal expuesto a efectos producidos por las actividades de generación reguladas por la presente ley, y procedimientos precautorios y de diagnóstico precoz.*

ARTÍCULO 17. - Los generadores de residuos peligrosos deberán:

- a) Adoptar medidas tendientes a disminuir la cantidad de residuos peligrosos que generen;*
- b) Separar adecuadamente y no mezclar residuos peligrosos incompatibles entre sí;*
- c) Envasar los residuos, identificar los recipientes y su contenido, numerarlos y fecharlos, conforme lo disponga la autoridad de aplicación;*
- d) Entregar los residuos peligrosos que no traten en sus propias plantas a los transportistas autorizados, con indicación precisa del destino final en el pertinente manifiesto, al que se refiere el artículo 12 de la presente.*

ARTÍCULO 22. - Todo generador de residuos peligrosos es responsable, en calidad de dueño de los mismos, de todo daño producido por éstos, en los términos del Capítulo VII de la presente ley.

3.1.5 CAPITULO V – De los Transportistas de Residuos Peligrosos

Comprendido desde el artículo 23 hasta el artículo 32.

ARTÍCULO 23. - Las personas físicas o jurídicas responsables del transporte de residuos peligrosos deberán acreditar, para su inscripción en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos:

- a) Datos identificatorios del titular de la empresa prestadora del servicio y domicilio legal de la misma;*
- b) Tipos de residuos a transportar;*
- c) Listado de todos los vehículos y contenedores a ser utilizados, así como los equipos a ser empleados en caso de peligro causado por accidente;*
- d) Prueba de conocimiento para proveer respuesta adecuada en caso de emergencia que pudiere resultar de la operación de transporte;*
- e) Póliza de seguro que cubra daños causados, o garantía suficiente que, para el caso, establezca la autoridad de aplicación.*

Estos datos no son excluyentes de otros que pudiere solicitar la autoridad de aplicación.

ARTICULO 25. - La autoridad de aplicación dictará las disposiciones complementarias a que deberán ajustarse los transportistas de residuos peligrosos, las que necesariamente deberán contemplar:

- a) Apertura y mantenimiento por parte del transportista de un registro de las operaciones que realice, con individualización del generador, forma de transporte y destino final;*
- b) Normas de envasado y rotulado;*
- c) Normas operativas para el caso de derrame o liberación accidental de residuos peligrosos;*
- d) Capacitación del personal afectado a la conducción de unidades de transporte;*
- e) Obtención por parte de los conductores de su correspondiente licencia especial para operar unidades de transporte de sustancias peligrosas.*

ARTÍCULO 28.- El transportista deberá cumplimentar, entre otros posibles, los siguientes requisitos:

- a) Portar en la unidad durante el transporte de residuos peligrosos un manual de procedimientos así como materiales y equipamiento adecuados a fin de neutralizar o confinar inicialmente una eventual liberación de residuos;*
- b) Incluir a la unidad de transporte en un sistema de comunicación por radiofrecuencia;*
- c) Habilitar un registro de accidentes foliado, que permanecerá en la unidad transportadora, y en el que se asentarán los accidentes acaecidos durante el transporte;*
- d) Identificar en forma clara y visible al vehículo y a la carga, de conformidad con las normas nacionales vigentes al efecto y las internacionales a que adhiera la República Argentina;*
- e) Disponer, para el caso de transporte por agua, de contenedores que posean flotabilidad positiva aun con carga completa, y sean independientes respecto de la unidad transportadora.*

ARTICULO 29. - El transportista tiene terminantemente prohibido:

- a) Mezclar residuos peligrosos con residuos o sustancias no peligrosas, o residuos peligrosos incompatibles entre sí;*
- b) Almacenar residuos peligrosas por un período mayor de diez (10) días;*
- c) Transportar, transferir o entregar residuos peligrosos cuyo embalaje o envase sea deficiente;*

- d) Aceptar residuos cuya recepción no esté asegurada por una planta de tratamiento y/o disposición final;*
- e) Transportar simultáneamente residuos peligrosos incompatibles en una misma unidad de transporte.*

3.1.6 CAPITULO VI – De las Plantas de Tratamiento y Disposición Final

Comprendido desde el artículo 33 hasta el artículo 44.

ARTICULO 33. - Plantas de tratamiento son aquellas en las que se modifican las características físicas, la composición química o la actividad biológica de cualquier residuo peligroso, de modo tal que se eliminan sus propiedades nocivas, o se recupere energía y/o recursos materiales, o se obtenga un residuo menos peligroso, o se lo haga susceptible de recuperación, o más seguro para su transporte o disposición final. Son plantas de disposición final los lugares especialmente acondicionados para el depósito permanente de residuos peligrosos en condiciones exigibles de seguridad ambiental.

ARTÍCULO 36. - En todos los casos los lugares destinados a la disposición final como relleno de seguridad deberán reunir las siguientes condiciones, no excluyentes de otras que la autoridad de aplicación pudiere exigir en el futuro:

- a) Una permeabilidad del suelo no mayor de 10⁻⁷ cm/seg hasta una profundidad no menor de ciento cincuenta (150) centímetros tomando como nivel cero (0) la base del relleno de seguridad; o un sistema análogo, en cuanto a su estanqueidad o velocidad de penetración;*
- b) Una profundidad del nivel freático de por lo menos dos (2) metros, a contar desde la base del relleno de seguridad;*
- c) Una distancia de la periferia de los centros urbanos no menor que la que determine la autoridad de aplicación;*
- d) El proyecto deberá comprender una franja perimetral cuyas dimensiones determinará la reglamentación, destinada exclusivamente a la forestación.*

ARTÍCULO 41.- Para proceder al cierre de una planta de tratamiento y/o disposición final el titular deberá presentar ante la autoridad de aplicación, con una antelación mínima de noventa (90) días, un plan de cierre de la misma. La autoridad de aplicación lo aprobará o desestimaré en un plazo de treinta (30) días, previa inspección de la planta.

ARTÍCULO 42. - El plan de cierre deberá contemplar como mínimo:

- a) Una cubierta con condiciones físicas similares a las exigidas en el inciso a) del artículo 36 y capaz de sustentar vegetación herbácea;*

- b) Continuación de programa de monitoreo de aguas subterráneas por el término que la autoridad de aplicación estime necesario, no pudiendo ser menor de cinco (5) años;*
- c) La descontaminación de los equipos e implementos no contenidos dentro de la celda o celdas de disposición, contenedores, tanques, restos, estructuras y equipos que hayan sido utilizados o hayan estado en contacto con residuos peligrosos.*

3.1.7 CAPITULO VII – De las Responsabilidades

Comprendido desde el artículo 45 hasta el artículo 48.

ARTÍCULO 46. - En el ámbito de la responsabilidad extracontractual, no es oponible a terceros la transmisión o abandono voluntario del dominio de los residuos peligrosos.

ARTÍCULO 47. - El dueño o guardián de un residuo peligroso no se exime de responsabilidad por demostrar la culpa de un tercero de quien no debe responder, cuya acción pudo ser evitada con el empleo del debido cuidado y atendiendo a las circunstancias del caso.

ARTÍCULO 48. - La responsabilidad del generador por los daños ocasionados por los residuos peligrosos no desaparece por la transformación, especificación, desarrollo, evolución o tratamiento de éstos, a excepción de aquellos daños causados por la mayor peligrosidad que un determinado residuo adquiere como consecuencia de un tratamiento defectuoso realizado en la planta de tratamiento o disposición final.

3.1.8 CAPITULO VIII – De las Infracciones y Sanciones

Comprendido desde el artículo 49 hasta el artículo 54.

ARTÍCULO 49. - Toda infracción a las disposiciones de esta ley, su reglamentación y normas complementarias que en su consecuencia se dicten, será reprimida por la autoridad de aplicación con las siguientes sanciones, que podrán ser acumulativas:

- a) Apercibimiento;*
- b) Multa de CINCUENTA MILLONES DE AUSTRALES (A 50.000.000) CONVERTIBLES - Ley 23.928- hasta cien (100) veces ese valor;*
- c) Suspensión de la inscripción en el Registro de treinta (30) días hasta un (1) año;*
- d) Cancelación de la inscripción en el Registro.*

Estas sanciones se aplicarán con prescindencia de la responsabilidad civil o penal que pudiere imputarse al infractor. La suspensión o cancelación de la inscripción en el Registro implicará el cese de las actividades y la clausura del establecimiento o local.

ARTÍCULO 51.- En caso de reincidencia, los mínimos y los máximos de las sanciones previstas en los incisos b) y c) del artículo 49 se multiplicarán por una cifra igual a la cantidad de reincidencias aumentada en una unidad. Sin perjuicio de ello a partir de la tercera reincidencia en el lapso indicado más abajo, la autoridad de aplicación queda facultada para cancelar la inscripción en el Registro.

Se considerará reincidente al que, dentro del término de tres (3) años anteriores a la fecha de comisión de la infracción, haya sido sancionado por otra infracción.

3.1.9 CAPITULO IX – Régimen Penal

Comprendido desde el artículo 55 hasta el artículo 58.

ARTÍCULO 55. - Será reprimido con las mismas penas establecidas en el artículo 200 del Código Penal, el que, utilizando los residuos a que se refiere la presente ley, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Si el hecho fuere seguido de la muerte de alguna persona, la pena será de diez (10) a veinticinco (25) años de reclusión o prisión.

ARTÍCULO 56 - Cuando alguno de los hechos previstos en el artículo anterior fuere cometido por imprudencia o negligencia o por impericia en el propio arte o profesión o por inobservancia de los reglamentos u ordenanzas, se impondrá prisión de un (1) mes a dos (2) años. Si resultare enfermedad o muerte de alguna persona, la pena será de (6) meses a tres (3) años.

3.1.10 CAPITULO X – De la Autoridad de Aplicación

Comprendido desde el artículo 59 hasta el artículo 63.

ARTÍCULO 59. - Será autoridad de aplicación de la presente ley el organismo de más alto nivel con competencia en el área de la política ambiental, que determine el Poder Ejecutivo.

ARTÍCULO 60. - Compete a la autoridad de aplicación:

- a) Entender en la determinación de los objetivos y políticas en materia de residuos peligrosos, privilegiando las formas de tratamiento que impliquen el reciclado y reutilización de los mismos, y la incorporación de tecnologías más adecuadas desde el punto de vista ambiental;*
- b) Ejecutar los planes, programas y proyectos del área de su competencia, elaborados conforme las directivas que imparta el Poder Ejecutivo;*
- c) Entender en la fiscalización de la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos;*

- d) Entender en el ejercicio del poder de policía ambiental, en lo referente a residuos peligrosos, e intervenir en la radicación de las industrias generadoras de los mismos;*
- e) Entender en la elaboración y fiscalización de las normas relacionadas con la contaminación ambiental;*
- f) Crear un sistema de información de libre acceso a la población, con el objeto de hacer públicas las medidas que se implementen en relación con la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos;*
- g) Realizar la evaluación del impacto ambiental respecto de todas las actividades relacionadas con los residuos peligrosos;*
- h) Dictar normas complementarias en materia de residuos peligrosos;*
- i) Intervenir en los proyectos de inversión que cuenten o requieran financiamiento específico proveniente de organismos o instituciones nacionales o de la cooperación internacional;*
- j) Administrar los recursos de origen nacional destinados al cumplimiento de la presente ley y los provenientes de la cooperación internacional;*
- k) Elaborar y proponer al Poder Ejecutivo la reglamentación de la presente ley;*
- l) Ejercer todas las demás facultades y atribuciones que por esta ley se le confieren.*

3.1.11 CAPITULO XI – Disposiciones Complementarias

Comprendido entre el artículo 64 y el artículo 68.

3.2 LEY PROVINCIAL N° 8.973 DE ADHESIÓN A LA LEY NACIONAL N° 24.051 DE RESIDUOS PELIGROSOS

En el año 2004 se aprueba el decreto N° 2.149 que aprueba la reglamentación de la Ley Provincial N° 8.973. Esta ley dispone la adhesión de la Provincia de Córdoba a la Ley Nacional N° 24.051 de residuos peligrosos y sus anexos ya que es necesario reducir la cantidad de residuos peligrosos generados, minimizar los potenciales riesgos en el tratamiento, manipulación, transporte y disposición final de los mismos por medio de una gestión segura y controlada promoviendo la utilización de tecnologías más adecuadas desde el punto de vista ambiental.

Entonces, la Ley Provincial N° 8.973 se reglamenta con el objeto implementar el sistema administrativo de gestión de residuos peligrosos a nivel provincial, tendiente a establecer un sistema para el control y seguimiento de los residuos que se generen, manipulen, operen o dispongan en territorio de la provincia, con el fin de asegurar un

efectivo aumento de la calidad de vida de la población, evitando efectos nocivos sobre el ambiente y controlando las acciones y medidas correctivas que deban desarrollarse. Para ello se creó en el ámbito de la Dirección de Ambiente, dependiente de la Agencia Córdoba Deportes, Ambiente, Cultura y Turismo S.E.M., la Unidad de Coordinación de Registro de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos.

3.3 ORDENANZA N° 9.612: RESIDUOS

Esta ordenanza fue sancionada en el año 1996 y promulgada en el año 1997. La misma tiene como objetivo regular, en el ámbito del Municipio de la Ciudad de Córdoba, la generación, manipulación, operación, transporte, tratamiento y disposición final de las distintas categorías de residuos, desechos o desperdicios.

La finalidad de esta ordenanza se establece en el artículo 3° que enuncia:

Art. 3°.- Es finalidad de la presente regulación propiciar: a) la minimización de la generación y transporte, la prevención, el reciclaje, la recuperación, la revalorización, la optimización de los tratamientos y disposiciones finales y b) Asociar el presente con una PROPUESTA EVOLUTIVA, para conseguir las herramientas científicas y tecnológicas que permitirán morigerar o suprimir la diversidad de impactos ambientales relacionados a los residuos.

Es considerado residuo como:

- a) *“material que se desecha tras cualquier proceso de tratamiento convencional, lo que queda del metabolismo de los organismos vivos y de la utilización o descomposición de materias vivas o inertes y de la transformación de energía”*
- b) *.”Todas aquellas materias resultantes de actividades que no constituyan el producto a elaborar u obtener y que el poseedor no utilizará nuevamente en el proceso productivo”.*
- c) *”Todo objeto, energía o elemento en estado sólido, líquido o gaseoso rechazado, descartado o desechado remanente de cualquier proceso, actividad, uso descomposición, transformación, tratamiento o destrucción de materia o energía, que carece de utilidad o valor para el poseedor o dueño”.*
- d) *”Todo tipo de sobras, restos, sedimentos, desperdicios, basuras, cenizas, virutas, detritus o heces”.*
- e) *“Cualquier otro material descrito como residuo por la legislación nacional o provincial vigente”.*

Esta ordenanza contempla la clasificación de residuos en residuos convencionales y residuos no convencionales. Los residuos pertenecientes al primer grupo son aquellos originados en procesos o actividades de consumo, en el desarrollo de las actividades

humanas, que por su composición, calidad, volumen o peso, se determinan como tales. En cambio, los residuos no convencionales, son aquellos que pueden causar daño a la salud humana o al Medio Ambiente, por si mismos o al entrar en contacto con otros residuos. Dentro de este segundo grupo, se encuentran los residuos peligrosos, industriales y patógenos, entre otros.

En cuanto a las responsabilidades se rige por las previsiones de la Ley Nacional N° 24.051. Por último, refiriéndose a las condiciones particulares para la Gestión de Residuos Peligrosos, establece:

“Art. 44.- Los principios que regularán la gestión de los Residuos Peligrosos e Industriales en todo el ejido municipal, serán la prevención y la reducción en origen.

Art. 45.- En la etapa de Clasificación y Generación se deberán observar los siguientes requisitos:

a) Las empresas deberán crear sistemas dinámicos para acceder a mejoras continuas en su gestión ambiental, marcando objetivos para la reducción de desperdicios debiendo priorizar las acciones de: Reducir - Revender - Reusar - Renovar - Refabricar y Reciclar.

b) Los fabricantes o distribuidores de productos generadores de residuos domiciliarios especiales deberán identificarlos con un autoadhesivo y otro método a los efectos de facilitar su reconocimiento.

c) La autoridad de aplicación deberá procurar la toma de conciencia en cuanto a la necesidad de limitar la cantidad y calidad de materiales de envase admitidos en el relleno sanitario.

d) La autoridad de aplicación definirá los contaminantes incluidos en los distintos residuos generados, para ellos se contará con los estudios de relevamientos fabriles, donde también se cuantificará la capacidad a tratar de acuerdo a lo emergente de cada planta.

e) La autoridad de aplicación tendrá en cuenta las distintas categorías sometidas a control y los diferentes constituyentes que resultan de los variados procesos y operaciones de la actividad humana, conforme al Anexo I de la Ley 24051 de Residuos Peligrosos, y que serán considerados para objetivizar los controles, no sólo en fábricas, industrias menores sino también en las empresas de servicio como lo son las estaciones de servicio, grandes productores de residuos contaminantes, laboratorios químicos, de investigación, etc.

f) Una vez definida la actividad del organismo generador, potencialmente productor de residuos peligrosos e industriales, se deberá caracterizarlos en los distintos puntos de

generación, de acuerdo a los distintos procesos involucrados, los insumos, los productos utilizados y los resultantes generados.

g) Se clasificarán los residuos producidos de acuerdo a:

- 1) Los distintos estados de agregación en: sólidos, líquidos y barros.*
- 2) Las distintas categorías.*
 - a. Residuos no contaminantes: residuos derivados del proceso industrial en general, residuos de tipo domiciliario, y de limpieza de oficinas y jardines.*
 - b. Residuos contaminantes: residuos que contienen restos de aceites, grasas, aditivos, derivados de hidrocarburos en general, diversas sustancias químicas, pinturas, ácidos, bases, etc.*
 - c. Residuos reciclables: aquellos residuos que mediante algún proceso pueden ser reciclados o reutilizados.*
 - d. Residuos patógenos provenientes de enfermerías o consultorios en las dependencias fabriles.*

h) Cada generador deberá una vez identificados sus desechos, implementar una gestión ambiental, donde se planificarán cuidadosamente las fases del pretratamiento y la disposición de cada residuo en un contenedor específico, de modo que esté diferenciado desde el momento de la generación.

i) Cada planta o empresa de servicios generadora de residuos peligrosos e industriales deberá caracterizarlos y medir la generación de cada categoría. Para ello deberá implementar las siguientes medidas:

- 1) Poseer personal correctamente capacitado que esté a cargo de cada etapa en las distintas operaciones.*
- 2) Identificar los puntos de generación de residuos de todo tipo.*
- 3) Establecer las clases de residuos que se generan en cada zona.*
- 4) Suministrar en cada punto de generación un recipiente adecuado para cada tipo de residuo, debiendo proporcionar:*
 - a. Bolsas plásticas de diferentes colores para cada tipo de residuo: rojas de 120 micrones de espesor para los residuos contaminantes y verdes para los residuos no contaminantes.*
 - b. Para la disposición en los lugares de trabajo: recipientes estacionarios, o móviles con capacidades de 20 a 200 Lts. forrados interiormente con bolsas plásticas.*

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

- c. Para la disposición de punzocortantes en consultorios médicos y enfermerías: recipientes especiales de plástico que eviten que los elementos dispuestos puedan salir de los mismos o que se puedan introducir manos o dedos involuntariamente. Caracterizados como residuos patógenos posteriormente.*
- d. Para residuos patógenos, recipientes contenedores de acero inoxidable, con las características indicadas en el punto A -Art. 35- de Residuos Patógenos; con bolsa roja de 120 micrones de espesor en su interior, siguiendo las condiciones dadas en los puntos del Art. 34 del Cap. VI- de Residuos Patógenos.*
- e. Diferenciar la zona de acumulación de residuos hasta su recolección, dividiéndola en: no contaminantes, contaminantes, reciclables y patógenos.*
- f. identificar en un plano de la Planta los lugares donde debe haber un recipiente para la disposición, a efectos de poder controlar su existencia y estado.*
- j) Las empresas generadoras de residuos peligrosos y especiales deberán implementar planes de capacitación del personal que esté a cargo: (gerencia, jefatura, supervisión y maestranza) en la gestión de minimizar la generación de los mismos a través del mejor aprovechamiento de los recursos y estudian los cambios en los procesos, materias primas y combustibles a utilizar. También deberá reglamentar las normas técnicas y medidas sanitarias específicas conforme a la Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo.*
- k) La autoridad de aplicación deberá de establecer las categorías de los generadores de acuerdo a la producción en cantidad y características de peligrosidad de los residuos en: Generadores Menores, Medianos, Grandes, de Baja o Alta Peligrosidad.*
- l) Los residuos que se generen identificados en sus correspondientes categorías deberán ser dispuestos en recipientes adecuados: bolsas, cartones, envases plásticos, tambores, etc. que deberán cerrarse con un precinto de modo que no pueda escapar residuo.*
- m) Los residuos se acumularán en contenedores estacionarios diferenciados para cada categoría de los mismos, ubicados en zonas diferenciadas y señalizadas.*
- n) Se prohíbe el re-uso, con fines distintos a los originales, de envases usados de productos peligrosos.”*

CAPITULO 4: ANTECEDENTES

4.1 UNIVERSIDAD NACIONAL RÍO CUARTO

En el año 2007, en la Facultad de Ciencias Exactas, Físico - Químicas y Naturales, ocurrió una explosión con el consiguiente incendio por “fallas de seguridad” en un laboratorio del establecimiento. En este, profesores y estudiantes trabajaban en proyectos vinculados a la producción de biodiesel, en el cual se procesan residuos de aceite comestible utilizando hexano que es un solvente altamente inflamable. La caída de un tambor de 200 litros de esa sustancia desde un montacargas provocó un incendio y una explosión en cadena. El mayor inconveniente consistió en que había almacenado entre 10 y 15 tambores más con hexano, lo que fue considerado como la “principal falla de seguridad”, que sirvieron como combustible para el incendio.

Las autoridades de la Facultad admitieron que el depósito de hexano no estaba autorizado por lo que a partir de este accidente se empezaron a tomar medidas para evitar accidentes de este tipo. Si bien el hexano es una sustancia peligrosa (no es un residuo peligroso) se deben tener en cuenta sus características para almacenarlo adecuadamente. A partir de este accidente se empezaron a tomar medidas en cuanto al almacenamiento de sustancias peligrosas, siendo una de estas la construcción Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos. De esta forma, los residuos generados por las distintas entidades de la Universidad, son almacenados en dichos depósitos para luego ser retirados para su tratamiento y disposición final. Estas acciones forman parte de una adecuada Gestión de Residuos Peligrosos como se vio en apartados anteriores.

4.1.1 Gestión de Residuos Peligrosos UNRC

Se analizan las condiciones desde el momento de generación de los residuos hasta su entrega a la empresa operadora, es decir, el circuito que siguen dentro de la UNRC. Para ello se establecen los siguientes puntos:

- Clasificación de los residuos:
 - Peligrosos Químicos.
 - Peligrosos Biológicos
- Mecánica de funcionamiento de la recogida selectiva:
 - Tipos de envases.
 - Etiquetado e identificación de los envases.
 - Almacenamiento temporal.
 - Ejemplo de funcionamiento del plan de gestión de residuos.

- Normas de seguridad a observar por los manipuladores:
 - Incompatibilidades entre sustancias.
 - Manipulación, transporte y almacenamiento.

4.1.1.1 Clasificación de los Residuos

Los residuos se agrupan en las categorías establecidas en el Anexo I de la Ley Nacional N° 24.051. En el caso de no poder identificar algún compuesto, se lo caracteriza para poder encuadrarlo dentro de una categoría de desechos. Si igualmente, no es posible su clasificación, el Responsable de la unidad generadora debe comunicarse con el Servicio de Seguridad, Higiene y Ambiente Laboral, con el fin de informar la situación para su posterior ubicación del residuo en un grupo genérico e introducirlo en la base de datos correspondiente.

4.1.1.2 Mecánica de funcionamiento para la recogida selectiva

Para el envasado y correspondiente separación de los residuos se emplean distintos tipos de envases o recipientes, dependiendo del tipo de residuo y de la cantidad producida. Además del tipo de residuo se tienen en cuenta aspectos logísticos como la capacidad de almacenaje del laboratorio. Algunos tipos de posibles envases son:

- Contenedores de polietileno de alta densidad de 5 o 30 litros de capacidad, resistente a la mayoría de productos químicos.
- Bidones de polietileno de 60 y 90 litros de capacidad y boca ancha, destinados al material desechable contaminado.
- Cajas estancas de polietileno con un fondo de producto absorbente, preparadas para el almacenamiento y transporte de reactivos obsoletos y otros productos especiales.
- Envases de seguridad, provistos de cortafuegos y compensación de presión, idóneos para productos muy inflamables o que desprendan malos olores.
- Envases de vidrio de 1 litro de capacidad. Pueden emplearse envases originales procedentes de productos, siempre que estén correctamente etiquetados y marcados.

Todo envase se etiqueta indicando el contenido para permitir una rápida identificación del residuo como así informar el riesgo que presenta mismo. La identificación incluye datos del generador y fecha de disposición. El formato de estas etiquetas corresponde a la Figura 4.1.

	RESIDUO PELIGROSO QUÍMICO		
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO		
FECHA INICIO ENVASADO:		FECHA FINAL:	
FACULTAD/AREA:			
DEPARTAMENTO:			
RESPONSABLE:			
Residuo/Contenedor (marcar con una X)	Sólido:		Líquido:
	Caja:	Bidón:	De lts. de capacidad
Componentes: Indique la composición aprox. en %			
Corriente de desecho	Declaro la veracidad de todos los datos informados.		
Y	Firma:		
	Aclaración:		

Figura 4.1. Etiqueta de Residuo Peligroso UNRC

Una vez envasado el residuo, con su correspondiente etiqueta, se almacena en el lugar en un espacio específico o en el mismo laboratorio en el caso de no presentar riesgo elevado de incendio o toxicidad, para su posterior traslado al centro de acopio de la universidad. Para esto el generador, responsable del residuo, debe proceder de la siguiente forma:

1. Cada Unidad Generadora puede contar con un Responsable General de los Residuos. Si se dispone de un almacén en el lugar de generación, es conveniente que también sea el responsable del mismo. Este se encarga de mantener un stock de contenedores, envases y etiquetas adecuado.
2. El generador individual, en el momento que decida que una sustancia, producto o material es residuo, lo deposita en el envase adecuado situado dentro del recinto de trabajo.

3. Cuando el envase se encuentre al 90% de su capacidad, el Responsable de Residuos marca la fecha final de llenado y lo deja en las condiciones adecuadas para su traslado. El tiempo transcurrido entre el inicio del llenado del envase y la fecha de fin de llenado no debe superar los tres meses.
4. El responsable controla la generación de residuos, su manipulación por el personal, el seguimiento de las normas de seguridad, así como el correcto envasado, etiquetado y almacenamiento temporal.
5. El traslado al centro de acopio de los residuos generados en el laboratorio o área, lo hace el transportista intracentro. Este transporte se realiza con una frecuencia mensual, con la posibilidad de modificarse si los volúmenes generados así lo aconsejan.
6. El traslado al centro de acopio debe hacerse siempre respetando las normas de seguridad, utilizando los elementos de protección personal adecuados, medios de transporte, sin interferir con el funcionamiento normal de la institución y evitando las horas y áreas de mayor circulación de personas.
7. En el momento de ingreso al centro de acopio, el Responsable de los Residuos Peligrosos del Área o Facultad confecciona por duplicado la Planilla de Control de residuos generados. Una copia queda en el centro de acopio y la otra en poder del Responsable que la cumplimenta como constancia de la entrega de residuos realizada.
8. El acopio en el depósito central lo hará el transportista intracentro sobre pallets, respetando las incompatibilidades entre sustancias.

Por último, el traslado a disposición final es responsabilidad del Responsable de los Residuos Peligrosos de la UNRC y del Servicio de Higiene, Seguridad y Ambiente Laboral que contrata a un transportista habilitado por la Secretaria de Ambiente de la Provincia de Córdoba, para realizar dicha tarea. Al momento del retiro, el Responsable de los Residuos Peligrosos de Área o Facultad, confecciona el Manifiesto correspondiente, enviando una copia al Servicio de Higiene, Seguridad y Ambiente Laboral.

4.1.1.3 Normas de seguridad a observar por los manipuladores

El manejo seguro de residuos comienza desde la compra de los materiales necesarios para un ensayo determinado y finaliza en el destino final que se le da a los residuos. Para evitar accidentes es importante conocer las características físico-químicas de las mismas, toxicidad, medidas de seguridad a adoptar, los elementos que se cuenta para ello y planificar los pasos a seguir en el caso de contingencias que puedan ocurrir.

Uno de los principales riesgos en la recogida son las posibles reacciones de incompatibilidad, por eso es tan importante el correcto envasado y etiquetado de los residuos. Siempre que sea posible, los residuos en cantidades iguales o inferiores a 1 litro, se mantendrán en su envase original.

Las instrucciones generales para la manipulación son:

- Siempre debe evitarse el contacto directo con los residuos, utilizando los elementos de protección personal adecuados a sus características de peligrosidad.
- Todos los residuos deben considerarse peligrosos, asumiendo el máximo nivel de protección en caso de desconocer sus propiedades y características.
- Cuando sea posible, se utilizará material que pueda ser descontaminado con facilidad sin generar riesgos adicionales al medio ambiente. En caso contrario, se empleará material de un solo uso que pueda ser eliminado por un procedimiento estándar después del contacto con el producto.
- Nunca se ha de manipular residuos en solitario.
- Para los residuos líquidos, no se emplearán envases mayores de 30 litros para facilitar su manipulación y evitar riesgos innecesarios.
- El transporte de envases de 30 litros o más se emplearán carretillas para evitar riesgos de rotura y derrame.
- El vertido de los residuos a los envases correspondientes se debe efectuar en forma lenta y controlada. Esta operación será interrumpida si se observa cualquier fenómeno anormal como la producción de gases o el incremento excesivo de temperatura.
- Una vez finalizada la operación de vaciado se cerrará el envase hasta la próxima utilización.
- Los envases no se deben llenar más del 90% de su capacidad con la finalidad de evitar salpicaduras, derrames y sobrepresiones.
- Siempre que sea posible, los envases se depositarán en el suelo para prevenir la caída a distinto nivel. No se almacenará residuos a más de 170 cm de altura.
- Dentro del laboratorio, los envases en uso no se dejarán en zona de paso o lugares que puedan dar lugar a tropiezos.

4.1.2 Almacenamiento de Sustancias Químicas

Como se menciona en apartados anteriores, el almacenamiento de productos químicos presenta unas características de peligrosidad que pueden materializarse en

accidentes importantes. Los riesgos del almacenamiento, están relacionados con la peligrosidad intrínseca de los productos, la cantidad almacenada, el tipo y tamaño del envase, la ubicación del almacén, la distribución dentro del mismo, su gestión, el mantenimiento de las condiciones de seguridad y el nivel de formación e información de los usuarios del mismo.

Se debe tener en cuenta la gran diversidad de productos con sus respectivas características fisicoquímicas y propiedades toxicológicas, como así también el tiempo de almacenamiento ya que un tiempo prolongado puede producir reacciones de descomposición con desprendimiento de gases o el deterioro del envase.

Para un correcto almacenamiento, se agrupan y clasifican los productos por su riesgo, respetando las restricciones de almacenamientos conjuntos de productos incompatibles, como las cantidades máximas recomendadas. Las separaciones se pueden efectuar, en función del tamaño del almacén, mediante el sistema de islas o el de estanterías. El sistema de islas consiste en destinar una serie de estanterías a una familia determinada como por ejemplo "inflamables" de modo que a su alrededor queden pasillos. De esta forma, un almacén puede quedar constituido por varias islas, dedicada cada una de ellas a una familia de productos. En el caso que el volumen de stock sea pequeño, puede emplearse el sistema de estanterías intercalando inertes entre incompatibles. No es recomendable el almacenamiento en sistema de península ya que el personal puede quedar parcialmente encerrado entre estanterías y en el caso de un accidente puede dificultarse la salida del almacén.

4.2 GESTIÓN DE RESIDUOS UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Como en toda gestión, se busca llevar a cabo una serie de actividades para darle el destino más adecuado a los residuos, desde su generación hasta su disposición final, teniendo como premisa la minimización de los mismos contemplando la posibilidad de reutilizar o reciclar productos cuando sea posible, como también la optimización de la gestión de stocks para no generar residuos por la vía de productos no utilizables o caducados. En el laboratorio se generan residuos que se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Residuos no peligrosos (asimilables a urbanos).
- Residuos especiales (tóxicos o peligrosos).
- Residuos Patogénicos.
- Residuos Radioactivos.

Dentro de los residuos especiales, se incluyen los residuos químicos, aceites usados y aquellos que exigen una gestión diferenciada y que están legislados específicamente como los residuos radiactivos y los biológicos.

Dentro de la gestión se puede identificar una gestión interna, propia del laboratorio, en el cual se realizan tareas de envasado, identificación, transporte al local de acopio del Servicio de Higiene y Seguridad, donde se recibe, clasifica según las corrientes de desecho dispuestas por la Ley Nacional N° 24.051 y se envía a disposición final. El envío a disposición final corresponde a la gestión externa que consiste en el transporte, tratamiento y eliminación o disposición final según corresponda.

En este caso, no existe un único programa de gestión, sino que se establece un plan de segregación en función del tipo de laboratorio, su actividad como puede ser investigación o docencia, la cantidad, periodicidad y variedad de residuos generados y la posibilidad de minimización de cada tipo. La caracterización, selección e identificación de los residuos es básica en el programa de gestión, evitando riesgos debido a una manipulación, transporte o almacenamiento inadecuados. Se consideran los siguientes aspectos:

- Definición de grupos.
- Envases o contenedores dependiendo del tipo de residuo y sus propiedades.
- Identificación mediante etiquetas.

Para implementar el plan de gestión se considera:

- Emplazamiento: se realiza en un lugar específico, apartado y que no se encuentre en el paso.
- Almacenamiento: se efectúa de acuerdo con los grupos establecidos, evitando incompatibilidades y otras situaciones peligrosas que puedan incrementar el riesgo.
- Periodicidad: conocer el volumen de residuos generado por día para establecer plazos de recogida y tratamiento razonables.
- Normas de seguridad: se incluye toda la información relativa a la peligrosidad de los productos, a las condiciones de manipulación y tipos de envase.
- Clasificación de los residuos: de entre los residuos peligrosos generados en los laboratorios, se clasifican en los siguientes grupos:
 - Grupo I: Disolventes halogenados.
 - Grupo II: Disolventes no halogenados.
 - Grupo III: Disoluciones acuosas.
 - Grupo IV: Ácidos.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

- Grupo V: Aceites.
- Grupo VI: Sólidos.
- Grupo VII: Especiales.
- En el caso de los compuestos no identificados se debe proceder a una caracterización de estos a fin de encuadrarlos dentro de una corriente de desecho de la Ley Nacional N° 24.051.

Para el envasado se utilizan generalmente bidones de polietileno de alta densidad de 5 y 10 litros de capacidad y boca ancha, como así también cajas de cartón con bolsa de polietileno. Estos envases se etiquetan, como se ilustra en la Figura 4.2, indicando el contenido, aunque sea de forma transitoria, para ser recepcionado en el local de acopio del Servicio de Higiene y Seguridad.

**Servicio de Higiene y Seguridad
en el Trabajo**

Disposición de residuos peligrosos

Fecha: (día de disposición)	Día _____ Mes _____ Año _____					
Departamento de:						
Titular o Responsable:						
Residuo / Contenedor: (marcar con una X)	SÓLIDO:	<input type="checkbox"/>	GELES:	<input type="checkbox"/>	LIQUIDO:	<input type="checkbox"/>
	CAJA:	<input type="checkbox"/>	BIDÓN:	<input type="checkbox"/>	de _____ lts. (capacidad)	
Se solicita el tratamiento de: (indique la composición aproximada en %)	Componente/s:				% sobre el total:	
	
	
	
Operación en la que se generó el residuo:						
PESO (no completar)	Corriente (no completar)	Declaro la veracidad de todos los datos informados.				
Kg	Y	Firma:				
El formulario debe ser llenado en su totalidad.		Aclaración:				

Figura 4.2. Etiqueta de Residuo Peligrosos UBA

Desde el momento de la generación de un residuo hasta que se traslada al local de acopio de Higiene y Seguridad, su almacenamiento es responsabilidad del generador. En función de las cantidades y la periodicidad de recogida, es recomendable disponer de un local específico para el almacenamiento de los residuos. Si las cantidades son pequeñas o los tipos de residuos no implican un riesgo muy elevado de incendio o toxicidad, los contenedores pueden almacenarse en el laboratorio en un espacio habilitado para tal fin. Para llevar a cabo el correcto almacenamiento se procede de la siguiente forma:

1. Cada laboratorio nombra a un responsable general de residuos.

2. Cuando un envase esté lleno en su 80%, el encargado, lo traslada al lugar de almacenamiento temporal.
3. El responsable controla la producción de residuos, su manipulación por el personal, el seguimiento de las normas de seguridad, así como el correcto envasado, etiquetado, identificación y almacenamiento temporal.

Por último, las normas e instrucciones de seguridad para la manipulación de estas sustancias son las mismas que se tienen en cuenta en la Universidad Nacional de Río Cuarto.

4.3 GESTIÓN DE RESIDUOS UNIVERSIDAD DE MADRID - ESPAÑA

En las actividades docentes e investigadoras desarrolladas en los laboratorios de la Universidad Complutense de Madrid se maneja una gran variedad de productos y sustancias o preparados de carácter peligroso y se efectúan diversas operaciones que generan residuos considerados peligrosos para la salud o el medio ambiente, además de los envases que los han contenido.

Esta universidad se considera como productor o generador de residuos peligrosos, con 21 centros productores, siendo cada uno responsable de los mismos hasta su retirada por el gestor y posterior eliminación. La entidad que se encarga de la gestión de los residuos generados por la universidad es el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales y Medicina del Trabajo, el cual actúa como órgano intermediario entre los centros productores y las empresas externas contratadas que intervienen en la gestión.

Al contar con tantos centros generadores, la universidad elaboró un Manual de Gestión de Residuos Peligrosos en el cual, para su elaboración se tuvo en cuenta:

- Ámbito geográfico.
- Residuos peligrosos generados.
- Normativa.
- Notas técnicas de prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Empresas especializadas existentes en la eliminación de residuos.
- Costos de tratamiento y otras alternativas.

Siendo la gestión el conjunto de actividades encaminadas a dar a los residuos el destino final más adecuado, donde se puede identificar una gestión interna, y una gestión externa. La gestión interna, incluye actividades relacionadas con las operaciones de manipulación, clasificación, envasado, etiquetado, recogida, traslado y almacenamiento dentro del centro de trabajo, y la gestión externa actividades

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

relacionadas con operaciones de recogida, transporte, tratamiento y eliminación de los residuos una vez que han sido retirados del centro generador de los mismos. En las Figuras 4.3 y 4.4 se presentan esquemas del Modelo de Gestión Administrativa y Modelo de Gestión Operativa respectivamente.

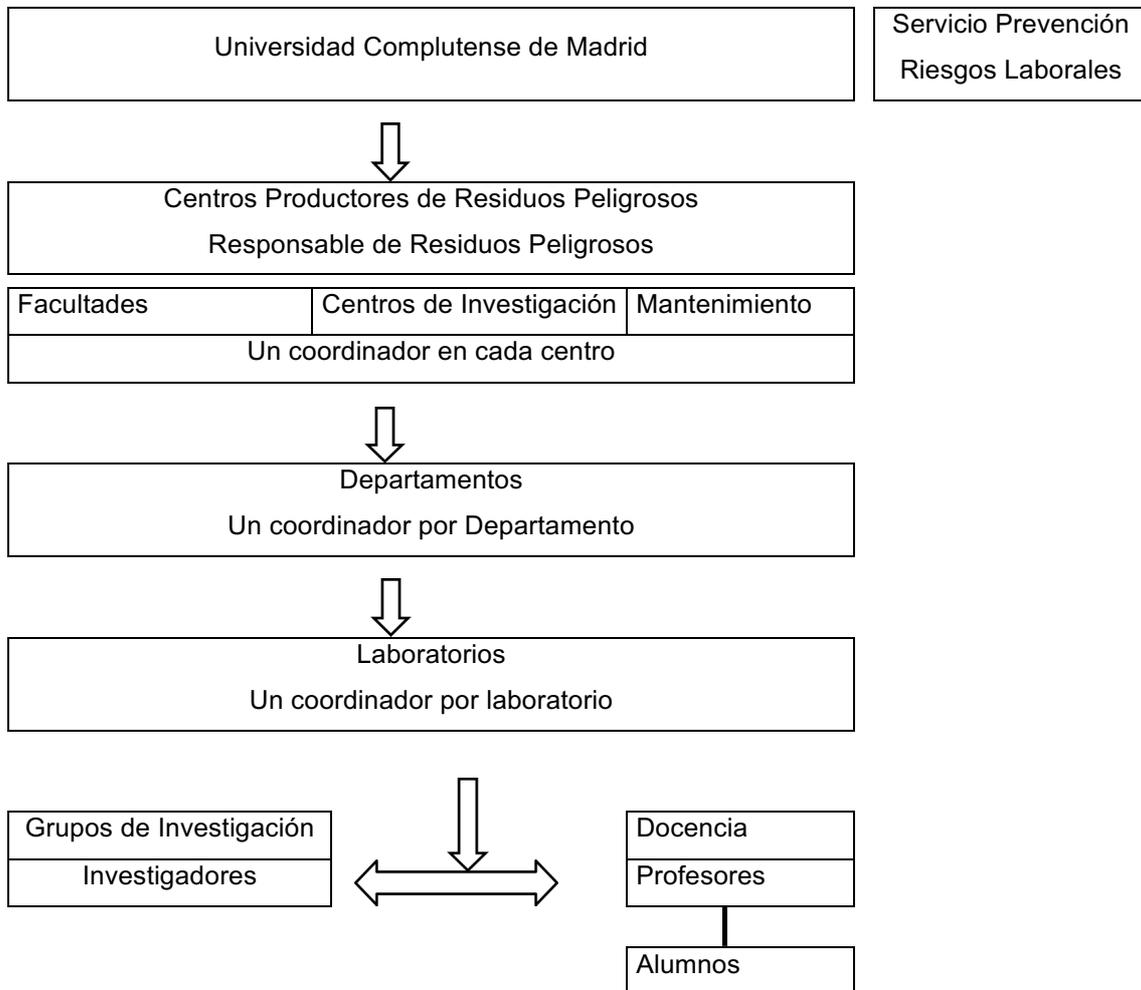
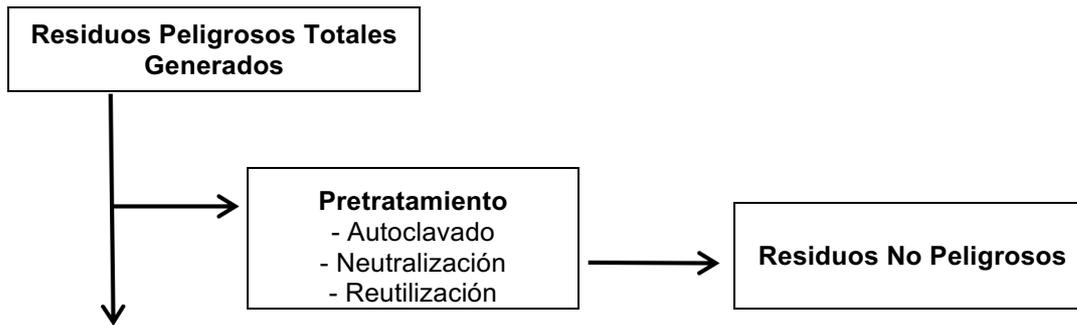


Figura 4.3. Modelo De Gestión Administrativa



Residuos Peligrosos	
Segregación	Los residuos se deben segregar en: - Residuos Químicos con sus subclases - Residuos biosanitarios, citotóxicos y biológicos - Residuos de mantenimiento
Envasado	Simultáneamente se pueden obtener envases por: - Suministro por parte del gestor de distintos tipos de envase - Reutilización de otros envases (preferentemente originales o en caso contrario teniendo en cuenta riesgos de incompatibilidades)
Etiquetado	Seleccionar una de las dos opciones: - Etiquetas facilitadas por el gestor - Etiquetas facilitadas por el Servicio de Prevención (en caso de necesidad, en última estancia)
Almacenamiento	Disponer de un almacén de RP por centro productor (Facultad) Seleccionar una de las dos opciones: - Conjunto: Residuos Químicos y Biosanitarios - Separado: Residuos Químicos y Biosanitarios
Recogida	Por el propio gestor autorizado
Gestión Final	Existen diversas opciones: - Reciclado - Valorización - Recuperación

Figura 4.4. Modelo de Gestión Operativa

Por razones económicas y de seguridad, lo primero a tener en cuenta para la correcta gestión de residuos es reducir la cantidad de los mismos. Para ello proponen las siguientes medidas:

- Llevar un control de todos los productos y materias de carácter peligrosos que se adquiere.

- Racionalizar las compras, comprando según las necesidades, evitando el deterioro o caducidad de los productos o materiales peligrosos, generando residuos innecesariamente así como gastos económicos.
- Reutilizar o reciclar estos productos y materiales peligrosos siempre que sea posible.
- Creación de una bolsa de residuos en la universidad.
- Emplear en los laboratorios las mínimas cantidades de reactivos necesarias, realizando pruebas con la menor cantidad posible.
- Optimizar la gestión de stocks para no generar residuos por productos no reutilizables o vencidos.
- Aplicar medidas de minimización para la conversión de residuos peligrosos en otros no peligrosos, como por ejemplo:
 - Neutralización de disoluciones acuosas (básicas y ácidas) no concentrados y sin contenido de metales y otros compuestos.
 - Esterilización de determinados tipos de residuos biosanitarios en autoclaves homologados para su conversión en residuos asimilables.

Los residuos contemplados en la gestión se generan, como se menciono anteriormente, de las actividades desarrolladas en los centros productores, en las cuales está contemplada la investigación, docencia y mantenimiento. Teniendo en cuenta estas actividades se pueden agrupar los residuos en tres grandes grupos:

- Residuos de mantenimiento.
- Residuos químicos.
- Residuos biosanitarios.

El primer grupo está compuesto por aquellos elementos que se encuentran fuera de uso como son tubos fluorescentes, pilas, baterías y material informático en desuso. Para el segundo grupo se tienen en cuenta las propiedades físico-químicas, peligrosidad, las posibles reacciones de incompatibilidad en caso de mezcla y el tratamiento final de cada residuo. Se definen los siguientes subgrupos:

- Grupo I: Disolventes halogenados.
- Grupo II: Disolventes no halogenados.
- Grupo III: Disoluciones acuosas.
- Grupo IV: Ácidos.
- Grupo V: Aceites.
- Grupo VI: Sólidos.

- Grupo VII: Especiales.

Por último, los residuos biosanitarios se clasifican en:

- Clase I o Residuos Generales (no presentan ningún tipo de contaminación específica).
- Clase II o Residuos Biosanitarios Asimilables a Urbanos.
- Clase III o Residuos Biosanitarios Especiales
- Clase IV, constituida por cadáveres y restos humanos de entidad suficiente, procedentes de abortos, mutilaciones y operaciones quirúrgicas, cuya gestión queda regulada por la normativa correspondiente.
- Clase V o Residuos Químicos.
- Clase VI o Residuos Citotóxicos.
- Clase VII o Residuos Radiactivos.

En el caso de existir residuos no identificados, se comunica con el Responsable de Residuos del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales que lleva a cabo las acciones necesarias para su tipificación y decidirá el tipo de gestión de acuerdo a la legislación vigente.

Los envases utilizados están fabricados principalmente de materiales termoplásticos. Los productos utilizados generalmente son: polietileno, cloruro de polivinilo (PVC) y el polipropileno. Para el envasado y correspondiente separación de los residuos se emplean distintos tipos de bidones teniendo en cuenta el tipo de residuo, la cantidad producida y otras cuestiones logísticas como la capacidad de almacenaje del laboratorio o centro. Algunos tipos de posibles envases a utilizar son:

- Contenedores de polietileno de alta densidad de 5 o 30 litros de capacidad aptos para todos los residuos químicos.
- Envases originales procedentes de productos, siempre que se encuentren correctamente etiquetados y marcados.
- Bidones de polietileno de 60 y 90 litros de capacidad y boca ancha, destinados al material desechable contaminado.
- Cajas estancas de polietileno con un fondo de producto absorbente.

A la hora de llevar a cabo el envasado, se deben tener en cuenta las incompatibilidades de sustancias, pudiéndose destacar:

- Ácidos fuertes con bases fuertes: por ejemplo ácido sulfúrico con hidróxido de sodio.
- Ácidos fuertes con ácidos débiles que desprendan gases tóxicos: por ejemplo ácido nítrico con ácido clorhídrico.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

- Oxidantes con reductores: por ejemplo ácido nítrico con ácido clorhídrico.
- Agua con compuestos varios (amidas, boranos, anhídridos, carburos, triclorosilanos, haluros, haluros de ácido, hidruros, isocianatos, metales alcalinos, peróxido de fósforo y reactivos de Grignard).

Todos los envases se etiquetan e identifican indicando el contenido y generador. La identificación incluye los datos del centro productor, la referencia de la unidad (nombre, clave o similar para los residuos químicos), nombre del responsable del residuo y las fechas de inicio y final de llenado del envase. La función principal del etiquetado es permitir una identificación rápida del residuo y el riesgo asociado del mismo.

En cuanto al almacenamiento, la gestión se lleva a cabo de acuerdo a las siguientes normas:

- Todos los residuos peligrosos tendrán un lugar destinado para su almacenamiento temporal, que no sobrepasará los seis meses para residuos químicos y de tres o menos para los residuos biosanitarios, antes de la recogida por parte del gestor.
- Todos los residuos peligrosos se almacenan en condiciones satisfactorias y de forma segregada, de manera de que no tengan contacto entre ellos.
- Los recipientes son sólidos y seguros para evitar pérdidas y fugas.
- El transporte de almacenamiento temporal se realiza de manera segura, evitando derrames.

Los residuos hasta ser transportados al almacén temporal, permanecen en los laboratorios, preferentemente en el suelo sobre recipientes apropiados para la recogida de posibles derrames, en lugares que no sean de paso y alejados de cualquier fuente de calor. El almacén de residuos peligrosos consta de dos áreas separadas:

1. Área de Residuos Químicos:
 - a. Inflamables
 - b. Tóxicos
 - c. Corrosivos
2. Área de Residuos Biosanitarios

En el almacén temporal, no se almacenan productos que presenten posibles reacciones peligrosas en la misma estantería. Los líquidos combustibles no se almacenan en conjunto con productos comburentes ni sustancias tóxicas o muy tóxicas que no sean combustibles, disponiéndose lo más alejado posible entre ellos.

Los productos inflamables ni combustibles pueden actuar como elementos separadores entre estanterías, siempre que estos productos no sean incompatibles con los productos inflamables almacenados.

Una vez alcanzada la capacidad del almacén temporal y/o antes del periodo máximo del almacenamiento, el responsable del almacén notifica al responsable de residuos del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales que es necesario retirar los residuos almacenados por el gestor para su posterior tratamiento y disposición final. De esta forma queda finalizada la Gestión de Residuos Peligrosos.

4.4 CONCLUSIÓN

Para finalizar este capítulo, se concluye que independientemente de la ubicación de la Universidad, en todos los casos estudiados los pasos a seguir en la implementación de una gestión integral de residuos peligrosos es la misma con los procedimientos adecuados para el envasado, almacenado y transporte, pudiendo existir mínimas diferencias en cuanto a tiempos de almacenamiento o forma de almacenar en los puntos de degeneración.

CAPITULO 5: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

La Universidad Nacional de Córdoba, cuenta con múltiples laboratorios distribuidos en las distintas facultades en los cuales se llevan a cabo actividades de docencia e investigación. Como en los casos estudiados en el Capítulo 4, en los laboratorios se trabaja con sustancias que presentan características de peligrosidad por lo que se generan residuos peligrosos.

En el año 2008 el Consejo Para la Prevención de la Seguridad plantea la necesidad de implementar acciones tendientes a cumplir con la normativa vigente ya que en dicho año se llevo a cabo un diagnóstico general de situación y relevamiento de deficiencias sobre gestión en higiene, seguridad y medioambiente laboral en materia de gestión de sustancias peligrosas y residuos patógenos. A partir de esta situación y teniendo en cuenta la dimensión de la Universidad en lo que hace a cantidad de estudiantes, docentes, no docentes e infraestructura, actividades de enseñanza de pregrado, grado y posgrado, de extensión e investigación, era necesario plantear un esquema de organización para la implementación de normas, protocolos de gestión y hábitos de buenas prácticas que aseguren una efectiva protección en lo referido a higiene, seguridad y medioambiente laboral.

Debido a esta situación el Honorable Consejo Superior, en la Resolución N° 149 del año 2009 resuelve implementar un Esquema de Organización y Pautas para la Gestión en Higiene, Seguridad y Medioambiente Laboral y de Residuos Peligrosos y Patógenos.

5.1 ESQUEMA DE ORGANIZACIÓN Y PAUTAS PARA LA GESTIÓN EN HIGIENE, SEGURIDAD Y MEDIOAMBIENTE LABORAL Y DE RESIDUOS PELIGROSOS Y PATÓGENOS

A partir de lo mencionado, se crea la Oficina Central de Gestión en Higiene, Seguridad y Medioambiente Laboral (Oficina Central) de la Universidad, la que actúa teniendo como referencia la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587. Además, tanto en cada Facultad, como en el Hospital Nacional de Clínicas, el Hospital Universitario de Maternidad y Neonatología y el Laboratorio de Hemoderivados se crea una Oficina de Gestión de Higiene, Seguridad y Medioambiente Laboral (OGHSML). El Departamento de Higiene y Seguridad Laboral dependiente de la Secretaría de Planificación y Gestión Institucional pasó a funcionar como Oficina de Gestión del Área del Rectorado incluyendo al Colegio Nacional Monserrat y la Escuela Superior de Comercio "Manuel Belgrano".

La Oficina Central tiene como funciones generales coordinar técnicamente las OGHSML y auditar las tareas de las mismas. Es la encargada de elaborar el manual de funcionamiento, procedimientos y responsabilidades, teniendo como referencia el Manual Orgánico de Higiene, Seguridad y Ambiente Laboral de la Universidad Nacional de Río Cuarto, y hasta su elaboración se siguieron los lineamientos de dicho manual. Las OGHSML tienen como función promover la implementación de las acciones necesarias en el marco de las normas vigentes sobre higiene, seguridad y medioambiente laboral y gestión de residuos peligrosos.

5.2 PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO DE QUÍMICOS Y RESIDUOS

En el año 2009 el Honorable Consejo Superior de la Universidad Nacional de Córdoba, en la Resolución N° 1.042, resuelve aprobar el Procedimiento de Gestión de Almacenamiento de Químicos y Residuos.

5.2.1 Objetivos Generales y Específicos

Este procedimiento tiene como objetivo general proceder al almacenamiento seguro de inflamables químicos y sustancias tóxicas, así como el almacenamiento seguro de residuos peligrosos, asegurando la conservación de los mismos. En cuanto a los objetivos específicos, consisten en evitar combinaciones accidentales de sustancias químicas incompatibles que puedan dar lugar a reacciones generadoras de posibles incendios o explosiones, emanaciones de gases tóxicos o corrosivos, asegurando un tratamiento de separación y almacenamiento de residuos peligrosos.

5.2.2 Referencias Legales y Normativas

Para la elaboración del procedimiento se tuvo en cuenta:

1. Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587, Decreto 351/79 y su modificatoria Decreto 295/03.
2. Ley Nacional de Residuos Peligrosos N° 24.051.
3. Ley Provincial de Residuos Peligrosos N° 8.973.
4. Norma IRAM 3800. Título: Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.
5. Buenas Prácticas de Laboratorio: 32° Informe Técnico de la Organización Mundial de la Salud.

5.2.3 Recomendaciones Generales Para la Manipulación de Inflamables Químicos, Sustancias Tóxicas y Residuos Peligrosos

A la hora de manipular sustancias peligrosas se debe:

1. Utilizar elementos de protección personal: máscaras respiratorias, guantes, ropa impermeable, antiparras y calzado de seguridad.
2. Informarse previamente sobre riesgos y efectos de la salud de los inflamables químicos, sustancias químicas y residuos peligrosos.
3. Asegurarse que todos los elementos estén perfectamente etiquetados.
4. Verificar que todos los recipientes y/o embalajes estén en buenas condiciones.
5. Evitar el consumo de alimentos durante cualquiera de las operaciones de trabajo.
6. Evitar la mezcla de materiales y/o productos incompatibles.

5.2.4 Clasificación de los Almacenamientos

La autoridad responsable de Higiene y Seguridad establece como deben clasificarse los espacios de almacenamiento. Estos espacios se clasifican en:

1. Espacios de almacenamiento de productos tóxicos e inflamables
 - a. Solventes.
 - b. Drogas.
 - c. Materiales sólidos combustibles.
2. Espacio de almacenamiento transitorio de residuos peligrosos
 - a. Para residuos no convencionales.
 - b. Para residuos patógenos.

5.2.5 Alcance

El procedimiento para realizar los distintos tipos de almacenamiento de materiales como así también los depósitos transitorios de residuos peligrosos se fija en todos los ámbitos de la Universidad quedando exceptuados todos aquellos lugares, que por su actividad, no lo requieran según lo establezca el responsable de Higiene y Seguridad de cada área.

5.2.6 Gestión Estratégica Integral

Se debe confeccionar una planilla de seguridad e informar a la autoridad del área, unidad académica, el ingreso de cualquier elemento, sustancia y/o producto que represente un grado de peligrosidad para el ser humano y ponga en riesgo o modifiquen las condiciones ambientales.

Para llevar a cabo la gestión de almacenamiento de los productos químicos se consideran los siguientes parámetros:

- a) Grandes almacenamientos.
- b) Pequeños almacenamientos.

- c) Compatibilidad e incompatibilidad de productos.
- d) Seguridad de manipulación.
- e) Etiquetados de productos.

La gestión de residuos, para ser llevada a cabo según la normativa vigente, se divide en dos etapas: gestión interna que consiste en la generación, separación y almacenamiento, y gestión externa que involucra el transporte, tratamiento y disposición final. Para optimizar la gestión, en ambos casos, se confeccionan mapas, realizan programas de capacitación, identifican áreas y capacita el personal por áreas.

5.2.7 Características Constructivas Generales

5.2.7.1 Almacenamiento de Productos Tóxicos e Inflamables

En los recintos donde se realice el almacenamiento de productos tóxicos e inflamables se tienen en cuenta los siguientes requisitos:

- Se construirán con cimientos y estructuras fundacionales según corresponda.
- Los cerramientos laterales serán ejecutados de hormigón armado.
- La estructura del techo será volable (es decir, cederá fácilmente a la explosión).
- Los materiales serán resistentes al fuego y en su interior deberá encontrarse protegido de las temperaturas exteriores extremas y de humedad.
- Los pisos deberán ser lisos, sin rajaduras e impermeables. No se debe utilizar ningún tipo de material absorbente. Tendrá una pendiente del 2 % hacia los lados opuestos a las vías de escape.
- El local debe servir de contenedor frente a las pérdidas, con un peldaño perimetral y rampas en sus ingresos.
- Contará con dos puertas de ingresos opuestas que se abrirán hacia el exterior siendo posible su abertura desde el interior sin llave.
- Se colocará un receptáculo para estanque subterráneo cuya capacidad será por lo menos un 50 % mayor que el de la capacidad de almacenamiento.
- En los casos que la iluminación no fuera natural se ejecutará con instalación antiexplosiva.
- La ventilación será natural mediante ventana con tejido arresta llama o conducto y con corriente cruzada.
- Contarán con una instalación de campana extractora de gases que servirá para trasvasar líquidos, mezclar componentes, fraccionar, etc. Deben garantizarse veinte (20) renovaciones por hora.

- Se dispondrán matafuegos de la clase y en la cantidad apropiada y un sistema de alarma temprana de servicio contra incendio.
- Los locales mantendrán una separación mínima de 15 metros de la vía pública, otros ambientes o linderos cuya capacidad de almacenaje no supere los 1000 litros y deberá adicionarse 2 metros por cada 1000 litros o fracción de almacenamiento.
- Estarán dotados con una ducha combinada de emergencia. Dentro del local deberá existir un kit de emergencia como así también un botiquín de primeros auxilios.
- Todos los locales que almacenen materiales inflamables, corrosivos y contaminantes, deberán contar con factibilidad de acceso al personal de bomberos, brigadas de auxilio, personal médico, etc.
- Debe contar con identificación externa como por ejemplo “DEPOSITO DERESIDUOS PELIGROSOS – ACCESO RESTRINGIDO”.

Es posible almacenar la cantidad suficiente de sustancias peligrosas en los lugares de trabajo como para poder desarrollar la actividad correspondiente. Los lugares de guardado serán pequeños depósitos ignífugos que se comercializan en el mercado para tal fin, con ventilación independiente y externa al recinto.

5.2.7.2 Almacenamiento Residuos Peligrosos No Convencionales

En el caso de almacenar Residuos Peligrosos No Convencionales, es decir, aquellos que son producto derivado de las actividades de enseñanza, investigación y de servicio que se clasifica en un todo de acuerdo a lo referido en la Ley Nacional N° 24.051, en la corriente de residuo Y14 y que son materiales resultantes, principalmente de productos inflamables, corrosivos o contaminantes, se tendrán en cuenta los requisitos enumerados anteriormente, como si se tratase de la categoría inflamables.

5.2.7.3 Almacenamiento Residuos Peligrosos Patógenos

Los locales destinados al almacenamiento de Residuos Peligrosos deben cumplir las siguientes condiciones:

- Se construirán de cimientos comunes o según corresponda el caso.
- Los cerramientos laterales se construirán de mampostería común.
- La estructura de techo y cubierta protegerán de la intemperie y de las condiciones climáticas.
- Los pisos y paredes llevaran revestimiento cerámicos para producir su fácil lavado y desinfectado.

- Los declives de los pisos deberán tener pendiente hacia adentro confluyendo en una cámara o pileta de patio.
- Se colocará dentro de cada local una pileta para lavado de manos y elementos desinfectantes para el personal que tiene acceso al depósito.
- Todos los locales estarán provistos de mesadas y equipos de frío para conservación de los residuos patógenos cuando corresponda.
- Las ventilaciones de los locales estarán ubicadas por encima del nivel de puerta de ingreso y se colocaran cruzadas para producir una adecuada ventilación.
- Contarán con una balanza para el pesaje de material. Su ubicación será dentro del predio, pero fuera del establecimiento debiendo ser de fácil acceso para garantizar el egreso e ingreso.
- Debe contar con identificación externa con la leyenda “AREA DE DEPÓSITO DE RESIDUOS PATÓGENOS – ACCESO RESTRINGIDO”.

5.3 SITUACIÓN ACTUAL

5.3.1 Puntos de Generación

Actualmente la Universidad Nacional de Córdoba cuenta con 11 puntos de generación de residuos peligrosos, distribuidos en el Ciudad Universitaria, Alberdi y el Centro de la Ciudad. Los puntos de generación son:

1. Facultad de Ciencias Químicas.
2. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
3. Facultad de Odontología.
4. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
5. Facultad de Filosofía.
6. Facultad de Medicina.
7. Planta de Hemoderivados.
8. Hospital Nacional de Clínicas.
9. Maternidad Nacional.
10. Escuela Superior de Comercio Manuel Belgrano.
11. Colegio Monserrat.

En las Figuras 5.1, 5.2 y 5.3 se encuentran localizados estos puntos de generación.

La Universidad Nacional de Córdoba, como generador de residuos peligrosos, se encuentra inscripta en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos teniendo las responsabilidades que se encuentran establecidas en la Ley N° 24.051. Además de las responsabilidades referidas a los daños que

pueden producir los residuos generados, tienen la responsabilidad de acondicionar los mismos para su posterior traslado, es decir, envasarlos en los recipientes adecuados con sus respectivas etiquetas, teniendo en cuenta los recaudos y procedimientos establecidos en apartados anteriores como por ejemplo incompatibilidades, llenado hasta el 90 % de capacidad del envase, correcto almacenamiento en el laboratorio, etc. Estas tareas corresponden a la denominada gestión interna.

Una vez que los residuos peligrosos no convencionales se encuentran correctamente envasados, se almacenan en el laboratorio siempre y cuando no exista riesgo de incendio o explosión hasta su posterior traslado al depósito de almacenamiento transitorio de residuos peligrosos. El transporte interno desde los distintos puntos de generación hasta el depósito de residuos peligrosos es realizado por personal del Consejo de Higiene y Seguridad con vehículos autorizados.

En el caso de los residuos peligrosos patógenos, los residuos no son transportados hasta el depósito de almacenamiento transitorio, sino que en cada punto generador realiza su propia Gestión y destina un espacio especialmente acondicionado con las características necesarias para tal fin. Desde estos puntos es transportado por empresas autorizadas e inscriptas en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos a distintos destinos para su tratamiento y disposición final.

En las Figuras 5.4 y 5.5 se presentan imágenes del transporte interno de residuos peligrosos y el transporte de residuos peligrosos patógenos respectivamente.

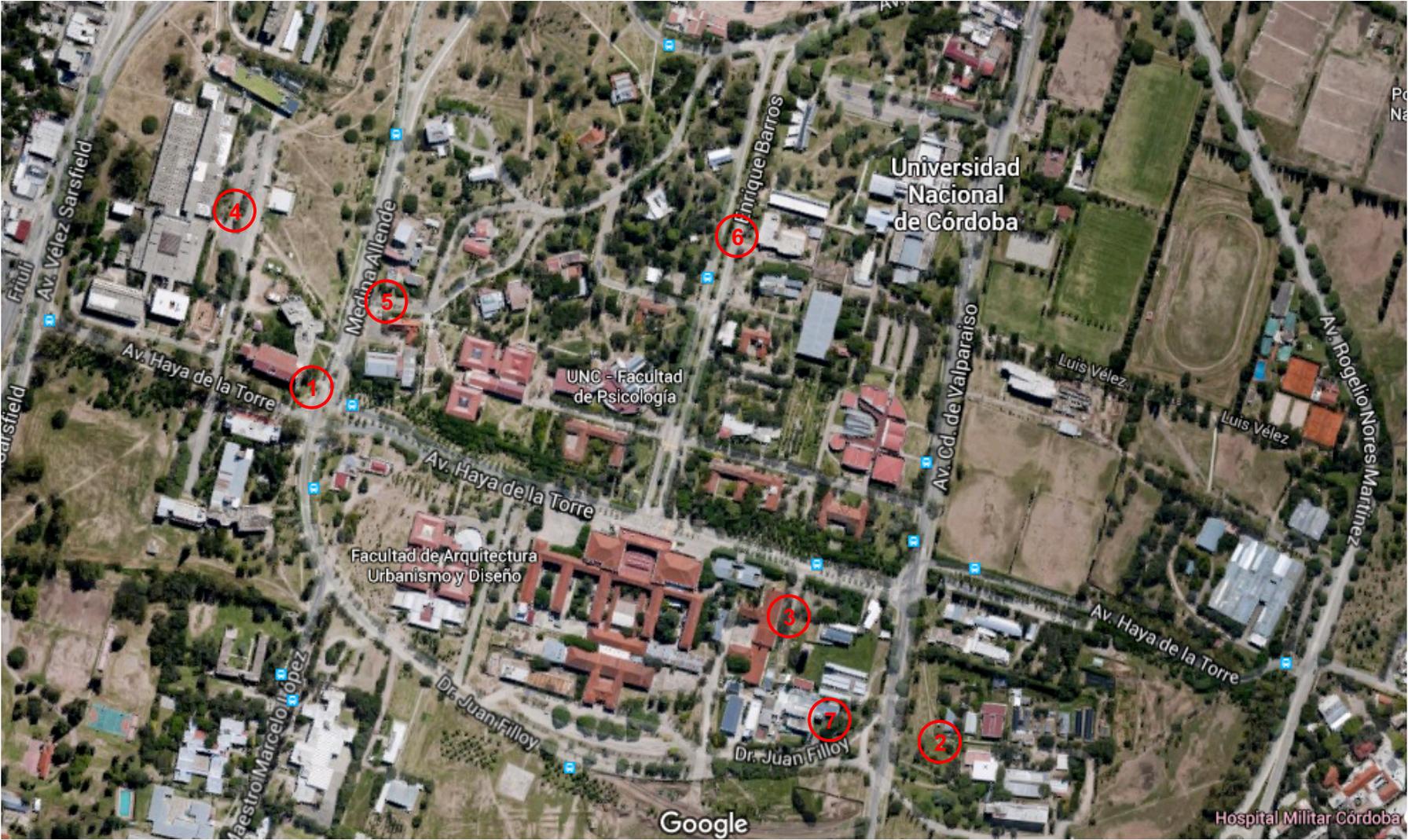


Figura 5.1. Puntos de Generación Ciudad Universitaria

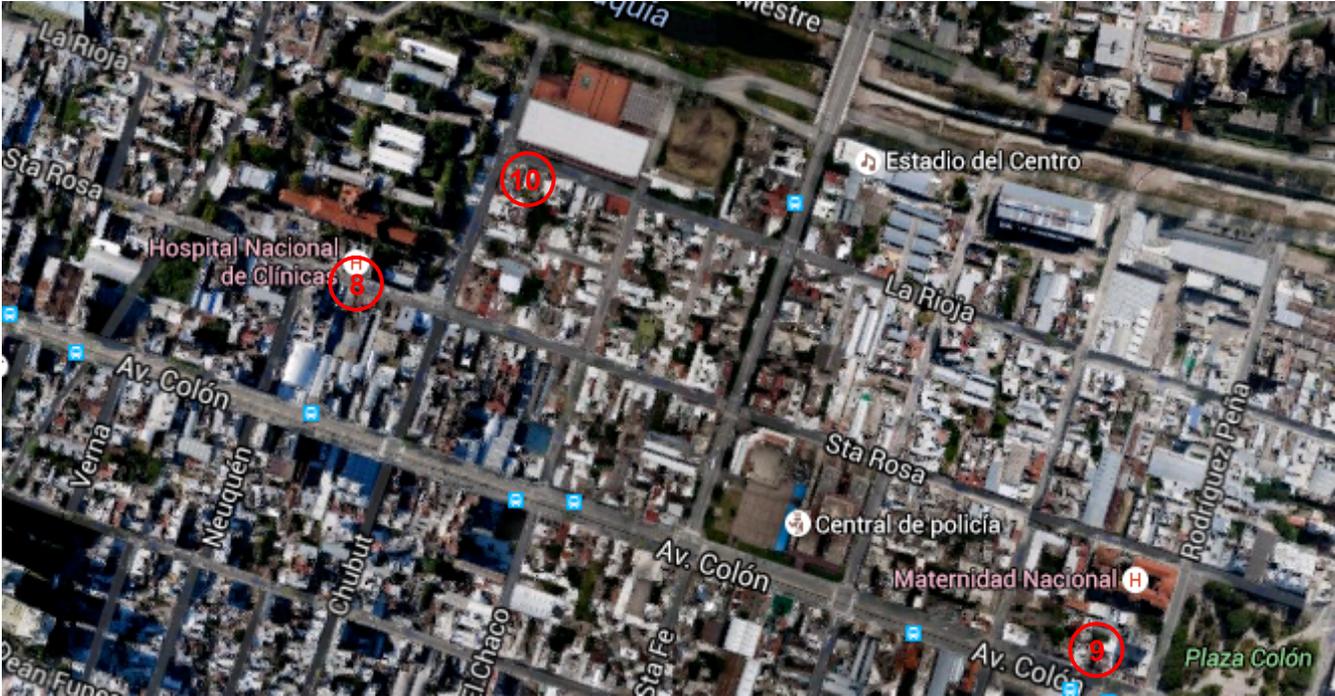


Figura 5.2. Puntos de Generación Alberdi



Figura 5.3. Puntos de Generación Zona Centro



Figura 5.4. Transporte Interno Residuos Peligrosos



Figura 5.5. Transporte Residuos Peligrosos Patógenos

5.3.2 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)

Otro tipo de residuos peligrosos, que se encuentra en crecimiento, son los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos desechados que incluyen sus componentes y subconjuntos. Estos residuos poseen contaminantes peligrosos, dentro de los cuales se pueden encontrar metales pesados como cadmio, plomo y níquel, además de mercurio y plásticos bromados. Estos componentes son inofensivos durante su vida útil, pero al ser desechados reaccionan con el agua y materia orgánica, contaminando el suelo y aguas subterráneas. Por estos motivos el Laboratorio de Investigación

Aplicada y Desarrollo (LIADE) establece una Gestión para este tipo de residuos, cuya metodología es representada en el esquema de la Figura 5.6.



Figura 5.6. Metodología Gestión RAEE

Los residuos generados durante el desarmado de los distintos artefactos, deben acondicionarse para ingresar a la Gestión de Residuos Peligrosos. Debido al crecimiento de estos residuos, es una necesidad contar con un espacio para realizar el procesamiento, obtener los residuos con características peligrosas y almacenarlos en el depósito de residuos peligrosos para su posterior transporte, tratamiento y disposición final.

5.3.3 Depósito Almacenamiento Transitorio Residuos Peligrosos

Actualmente, la Universidad cuenta con dos depósitos provisorios de almacenamiento temporal donde se disponen los residuos. Estos se acumulan hasta lograr un volumen definido considerando criterios de economía y seguridad, y luego son trasladados a un operador autorizado para cada categoría de residuo para su tratamiento. Uno de los depósitos se encuentra en el sector de la Facultad de Ciencias Químicas y el otro en las proximidades del Pabellón Argentina. Este último no cumple con las características constructivas y condiciones necesarias para almacenar sustancias peligrosas, por lo que se proyecta un nuevo depósito para tal fin, siendo este el objetivo de esta Práctica Supervisada.

En la Figura 5.7 se presenta la ubicación de este último depósito.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

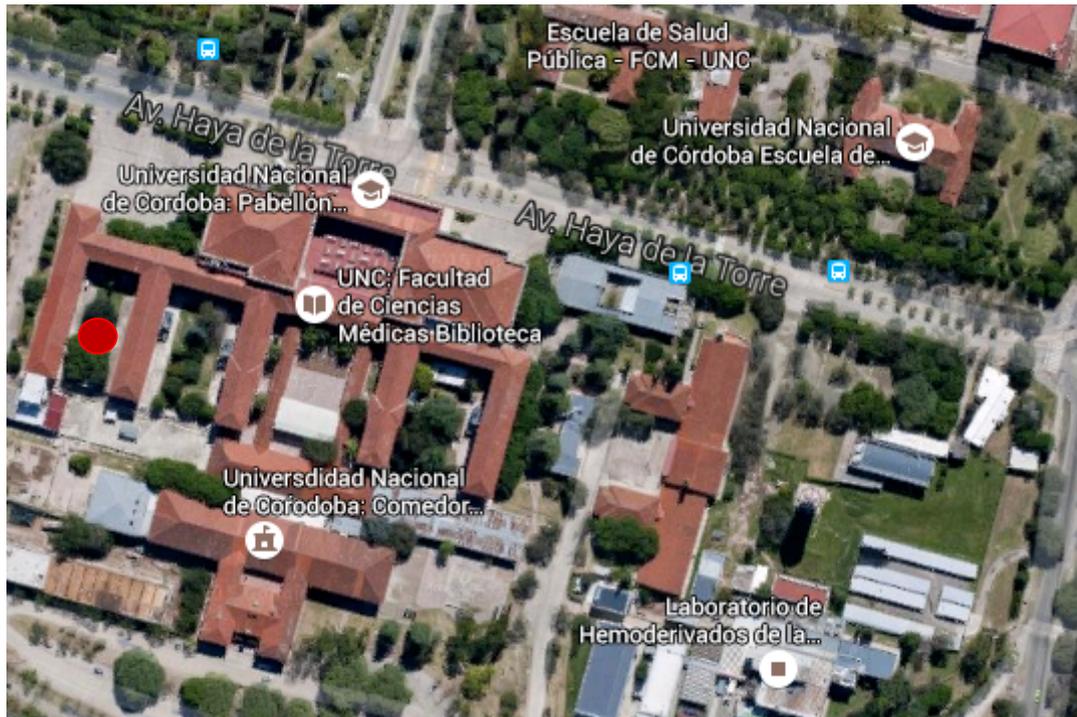


Figura 5.7.Ubicación Depósito Residuos Peligrosos

Dado que originalmente el lugar no estaba previsto para almacenar sustancias peligrosas, el almacenamiento de los residuos no se realiza de forma correcta ya que no es posible llevar a cabo una clasificación y separación adecuada dentro del recinto. En la Figura 5.8 se puede observar que la forma dispuesta no es la más conveniente, encontrándose los residuos en algunos casos superpuestos y a la intemperie.



Figura 5.8.Almacenamiento Temporal en Depósito de Residuos Peligrosos

CAPITULO 6: DISEÑO DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO TRANSITORIO DE RESIDUOS PELIGROSOS

6.1 PROGRAMA DE ARQUITECTURA

Los residuos peligrosos son sustancias que presentan características de explosividad, inflamabilidad, toxicidad y corrosividad entre otras, por lo que se debe tener precaución a la hora de manipular y almacenar las mismas. Un almacenamiento en los lugares de trabajo representa un riesgo para las personas que realicen tareas, no solo por el riesgo que implica la presencia de los mismos sino que ante un eventual accidente pueden incrementar considerablemente las consecuencias del mismo.

Como se vio en los apartados anteriores, no pueden simplemente disponerse en contenedores y ser tratados como residuos sólidos urbanos sino que deben recibir un tratamiento especial con el fin de disminuir su peligrosidad y ser dispuestos en rellenos de seguridad para evitar cualquier tipo de contaminación. Podría considerarse trasladar directamente los residuos desde los puntos de generación hacia las plantas de tratamiento, pero al ser necesario contar con vehículos autorizados, la distancia a las distintas plantas de tratamiento, el costo de transporte sería muy alto. Por lo tanto, deben almacenarse en lugares donde no representen un riesgo para las personas, acumulándose para ser transportado una vez que el volumen lo justifique y el tiempo de almacenamiento no supere los 6 meses.

Estos aspectos son considerados cuando se presenta una Gestión de Residuos. La finalización de la Gestión Interna de Residuos Peligrosos consiste en la disposición de los residuos en un depósito de almacenamiento transitorio. El lugar donde se está llevando a cabo actualmente esta actividad no cumple con las condiciones adecuadas para el almacenamiento de sustancias peligrosas debido a que no es un depósito que se haya diseñado para tal fin. Por estos motivos, es una necesidad construir un nuevo depósito que cumpla con las características necesarias para almacenar durante períodos menores a 6 meses sustancias peligrosas, teniendo en cuenta volúmenes, incompatibilidades, medidas de seguridad, instalaciones apropiadas, lejanía de la vía pública. Además se debe contemplar la incorporación de un espacio destinado al procesamiento de los residuos de artefactos eléctricos y electrónicos, como así también un espacio destinado a tareas administrativas y vestuario para el personal encargado del depósito.

El objetivo de esta Practica Supervisada consiste en diseñar el Depósito de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos atendiendo a los

requerimientos actuales y contemplando las medidas de seguridad exigidas para un correcto almacenamiento.

6.2 REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Para el diseño del Depósito de Residuos Peligrosos se adoptan las características constructivas establecidas en la Resolución N° 1.042 para los almacenamientos de sustancias inflamables, explosivas y tóxicas. Además de esta resolución se tiene en cuenta la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 24.557.

6.3 LOCALIZACIÓN

En el año 2012 se llevó a cabo una Propuesta de Reordenamiento Territorial y Espacio Público de Ciudad Universitaria donde se previeron ampliaciones y nuevos crecimientos, dividiendo al espacio universitario en 7 macro-manzanas o zonas. Se propusieron Cinco Usos Generales y Áreas de Reserva:

1. Usos de Gestión Institucional Central, Políticos Académicos y Culturales.
2. Usos Académicos: Docencia, Investigación, Extensión.
3. Usos de Servicios Generales, de Apoyo, Estacionamientos y Comunes.
4. Usos Deportivos.
5. Usos de Esparcimiento y Recreativos (Áreas de Reserva Verde).
6. Áreas de Reserva.

Las Áreas de Reserva se dividen según el tipo de uso al que vaya a ser destinado, dentro de los cuales se pueden nombrar, usos institucionales futuros, usos universitarios eventuales, usos académicos y usos universitarios mixtos. Dentro del espacio destinado para usos universitarios eventuales, se tiene en cuenta un espacio para servicios comunes como por ejemplo Cocheras de la Dirección de Transporte de la Secretaría de Asuntos Estudiantiles, y especiales, como Bioterios y Depósitos Residuos Peligrosos.

Estos espacios son contemplados en la Zona 5 o macro-manzana delimitada por Avda. Filloy al Norte, Avda. Valparaíso al Este, Avda. Cruz Roja al Sur y los terrenos de la Universidad Tecnológica Nacional y de la Provincia al Oeste. Es una zona de fácil accesibilidad con una topografía sin accidentes, por lo que se la considera apta para diversos destinos como para actividades no universitarias. Más específicamente, las Cocheras de la Dirección de Transporte de la SAE y el Depósito de Residuos Peligrosos se previó que se ubiquen en la zona posterior de la actual y provisoria sede de SECyT y el Laboratorio de Hidráulica. En las Figuras 6.1 y 6.2 se ubican la Zona 5 de Ciudad Universitaria y la futura localización del Depósito de Residuos Peligrosos.

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba



Figura 6.1.Zona 5 Ciudad Universitaria



Figura 6.2.Ubicación Depósito de Residuos Peligrosos

6.4 ANTEPROYECTO

6.4.1 Premisa

Dada las distintas características de peligrosidad que pueden presentar los distintos tipos de residuos y sus incompatibilidades, no se plantea la construcción de un único depósito, sino que se modula el mismo para separar los residuos, siendo cada módulo un depósito independiente. De esta forma, se tiene en cuenta un modulo para:

- Oficina Administrativa.
- Depósito para procesamiento de Residuos Artefactos Eléctricos y Electrónicos.
- Depósito Residuos Peligrosos Sólidos.
- Depósito Residuos Peligrosos Líquidos.
- Depósito Residuos Peligrosos Explosivos e Inflamables.
- Depósito Residuos Peligrosos del Tipo Y14.

Se considera un depósito exclusivo para los residuos del tipo Y14 ya que consisten en sustancias no identificadas por lo que deben tratarse como sustancias explosivas e inflamables, y dada la incertidumbre de los verdaderos riesgos que representan se destina un módulo aparte.

En cuanto al almacenamiento propiamente dicho, se contempla el ingreso de los residuos por un extremo del depósito, y el egreso por el extremo opuesto logrando de esta forma un almacenamiento ordenado, pudiéndose clasificar los residuos tanto por categoría como por fecha de ingreso simplificándose el control de los residuos.

En el mismo predio donde se localizan estos depósitos, se tiene en cuenta, por el uso del suelo definido en la zona, un espacio para la construcción de cocheras considerando una factible circulación de vehículos. Tanto los depósitos como las cocheras son las necesidades actuales de la universidad pero no deben descartarse posibles necesidades futuras por lo que se contempla la posibilidad de expandir los módulos para generar nuevos espacios pudiéndose incrementar la cantidad de depósitos de residuos peligrosos o cualquier otro destino necesario.

6.4.2 Terreno

El terreno se ubica en la zona posterior de la Secretaría de Ciencia y Tecnología y del Laboratorio de Hidráulica, teniendo dimensiones de 137 metros de largo por 29 metros de ancho. Para su acceso se diseña una calle interna que conecta el predio con la Avenida Filloy,previéndose la extensión tanto de los servicios públicos como de la red de incendio de Ciudad Universitaria.

Como primer paso en el proceso de diseño, se realiza un partido donde se define en el terreno la ubicación de los distintos locales y las zonas de circulación. En la figura 6.3 se presenta un esquema del mismo donde se tiene en cuenta:

- Circulación (Color Gris).
- Almacenamiento de Residuos (Color Rojo).
- Cocheras (Color Amarillo)



Figura 6.3. Partido

La calle de acceso se encuentra sobre el extremo izquierdo del terreno. Uno de los objetivos consiste lograr un recorrido centrando los Depósitos de Residuos Peligrosos, con el motivo de facilitar la circulación de los distintos vehículos transportistas. De esta forma se puede efectuar el ingreso de los residuos a los depósitos por un extremo y su egreso por el otro.

Una vez definido el partido en el terreno se procede a ubicar, en el lugar destinado a al almacenamiento, los distintos módulos de los depósitos de residuos. Para esto se tiene en cuenta las distancias que debe existir tanto entre los depósitos de residuos explosivos e inflamables y el resto de los locales como así también de la vía pública y linderos. Por el evidente aislamiento que debe tener el depósito de residuos explosivos e inflamables y el depósito de residuos del tipo Y14, se disponen en el extremo derecho del predio respetando la distancia necesaria que deben tener con respecto a la vía pública y linderos. Así como se encuentran distanciados de la vía pública, deben distanciarse del resto de los depósitos, quedando un espacio considerable entre ellos. A continuación de este espacio, en primer lugar se dispone el depósito para residuos líquidos ya que al tratarse de líquidos es necesario contar con tanques de reserva enterrados con una capacidad para almacenar un 50% más de los líquidos almacenados en el depósito por lo que se aprovecha el espacio entre depósitos. A continuación se dispone contiguamente el depósito de residuos sólidos, depósito para

procesamiento de aparatos eléctricos y electrónicos y, por último, la oficina administrativa.

De esta forma queda definido el orden de los distintos módulos, quedando separada la oficina administrativa con los depósitos que representan los mayores riesgos y permitiendo, en el caso de ser necesario, una posible expansión de los módulos.

Ver plano N° 01 – TERRENO.

6.4.3 Dimensiones de Locales

El segundo paso en el proceso de diseño, consiste en establecer la dimensión del módulo de los diferentes depósitos. Para ello se debe tener en cuenta el volumen de residuos generados que se van a almacenar por periodos no mayores a 6 meses.

Al ser un tema relativamente reciente, no se cuenta con los registros suficientes como para realizar una proyección a futuro del posible volumen de residuos generados (considerando la implementación de medidas para minimizar la generación) por lo que para la definición de la dimensión de los módulos se toma como referencia el actual depósito de residuos peligrosos. De esta forma se establecen módulos de 30 m² de superficie de 6 metros de largo por 5 metros de ancho, almacenando los residuos en los extremos dejando un pasillo libre con dimensiones tales que permitan la movilidad de montacargas manuales y puertas de emergencia en sus extremos.

El almacenamiento propiamente dicho se lleva a cabo mediante nichos de hormigón armado dispuestos en los lados largos lo que permite aislar las distintas categorías de residuos reduciendo los riesgos en caso de accidente, logrando un mayor control. En el caso de los depósitos de residuos líquidos, explosivos e inflamables (pueden ser sólidos o líquidos) y de la categoría Y14 cada nicho posee un desagüe hacia su respectivo tanque enterrado con capacidad de almacenamiento de 450 litros, pudiéndose almacenar 300 litros de residuo en cada nicho. Cada depósito cuenta con 15 nichos de 1,40x1,20x1,10 metros - largo, alto y profundidad - por lo que la capacidad de almacenamiento es de 4500 litros por depósito. Estas dimensiones de nichos permite la colocación de pallets para colocar sobre estos los residuos.

Establecido el volumen máximo a almacenar por depósito, se definen las distancias que deben existir entre el depósito de residuos explosivos e inflamables y el depósito de residuos del tipo Y14 con el resto de los depósitos y de la vía pública. Con respecto a este tema existe una diferencia notable entre lo establecido por la Resolución 1.042 y la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N°19.587. Lo que expresa cada una es:

- Resolución N° 1042: *“Los locales mantendrán una separación mínima de 15 metros de la vía pública, otros ambientes o linderos cuya capacidad de*

almacenaje no supere los 1000 litros y deberá adicionarse 2 metros por cada 1000 litros o fracción de almacenamiento.” Tomando como referencia un almacenamiento de aproximadamente 10000 litros (ambos depósitos juntos), corresponde a una distancia de 33 metros,

- *Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587: “La distancia mínima a otro ambiente, vía pública o lindero estará en relación con la capacidad de almacenamiento, debiendo separarse como mínimo 3 metros para una capacidad de 1.000 litros, adicionándose 1 metro por cada 1.000 litros o fracción adicional de aumento de la capacidad. La distancia de separación resultante se duplicará entre depósitos de inflamables y en todos los casos esta separación estará libre de materiales combustibles.” Tomando como referencia el mismo volumen de almacenamiento, la distancia mínima corresponde a 12 metros.*

Dado a lo expresado por la Ley N° 19.587 en cuanto a duplicar la distancia ente depósitos de inflamables y al no contar con el espacio suficiente, se disponen contiguos los depósitos de explosivos e inflamables y residuos Y14. Con respecto a las distancias mínimas, se adopta lo establecido por la Resolución N° 1.042 en referencia a la distancia entre estos y los restantes depósitos de residuos peligrosos (33 metros), y lo establecido por la Ley N° 19.587 para la distancia hacia la vía pública y linderos (12 metros) dejando un espacio libre que se utiliza para circulación como se había previsto en la definición del partido.

En cuanto al depósito para procesamiento de residuos de aparatos eléctricos electrónicos se le deja la planta libre para un mayor espacio de trabajo ya que los residuos peligrosos que se generen se van a almacenar en el correspondiente depósito y más específicamente, en el correspondiente nicho. En el módulo destinado a tareas administrativas, se divide el espacio en una pequeña oficina, cocina, baño y vestuario para el personal.

Ver plano N° 02 – PLANTAS Y VISTAS y plano N° 03 – PLANTA DE TECHOS.

6.4.4 Alternativas Energéticas

Dada la ubicación del predio, como se menciona en apartados anteriores, no cuenta con los servicios públicos teniendo que preverse una ampliación de las redes existentes. Estas ampliaciones implican un costo importante ya que los servicios se encuentran a una distancia de 150 metros aproximadamente. Por estos motivos y con el objetivo de aplicar alternativas sustentables, surge la búsqueda de alternativas para prescindir de la ampliación de la Red de Gas y la Red Eléctrica.

En el primer caso, para remplazar a la instalación de gas para calefacción y agua caliente, se analiza emplear calefacción solar por medio de un muro Trombe-Michel en vez de calefactores tradicionales y un calentador solar de agua en reemplazo de un termostanque o calentador instantáneo. En el segundo caso, se analiza emplear paneles solares para el suministro eléctrico.

6.4.4.1 Muro Trombe-Michel Ventilado

Un muro Trombe-Michel es un muro o pared orientado hacia el sol, construido con materiales que tengan la capacidad de acumular calor bajo el efecto de masa térmica combinado con un espacio de aire y una lámina de vidrio. Es un sistema pasivo de recolección de energía solar de forma indirecta, que se puede utilizar para el calentamiento interno de la oficina administrativa por medio de la transferencia de calor (conducción, convección y/o radiación).

Es un sistema indirecto ya que la captación la realiza a través de un elemento dispuesto entre un vidrio y el interior del local, y es un sistema pasivo ya que no utiliza elementos mecánicos en su funcionamiento. Sus componentes principales son:

- Vidrio: Genera el efecto invernadero.
- Cámara de Aire: Espacio entre el vidrio y el acumulador, debe ser de entre 3 y 15 cm, siendo su espesor óptimo 9cm.
- Acumulador: Materiales de alta capacidad calorífica, alta conductividad y transmisión térmicas.

En la Figura 6.4 se presenta un esquema de este sistema de calefacción.

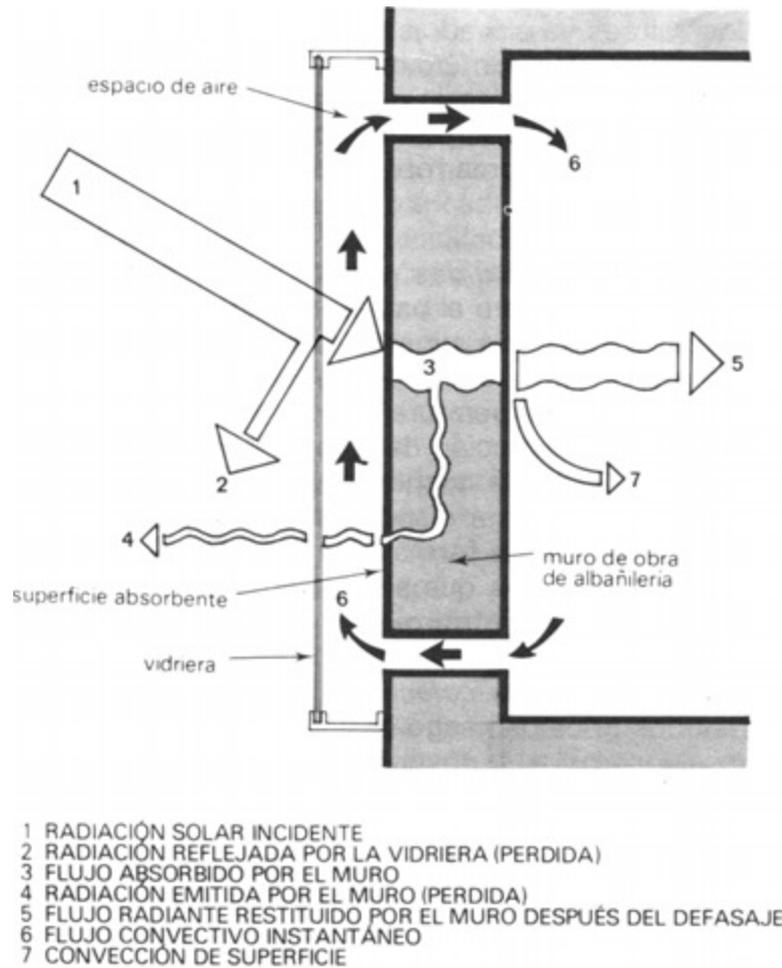


Figura 6.4.Muro Trombe-Michel

Se denomina ventilado ya que posee orificios de ventilación en la zona inferior y superior de la pared de masa que facilitan la entrada de aire caliente en el local a través del orificio superior y la salida de aire frío a través del orificio inferior.

En invierno permite que la radiación solar pase a través del acristalamiento-colector siendo absorbida y almacenada por la pared de masa. La masa se calienta, transfiriendo una parte del calor al espacio habitable y otra parte a la columna de aire entre el colector y la masa. En verano, llevando a cabo un cambio de dirección de las ventanillas que regulan la circulación del aire, tanto en la parte superior como inferior del muro, se produce el enfriamiento del local extrayendo el aire caliente del interior. Este funcionamiento se presenta en la Figura 6.5.

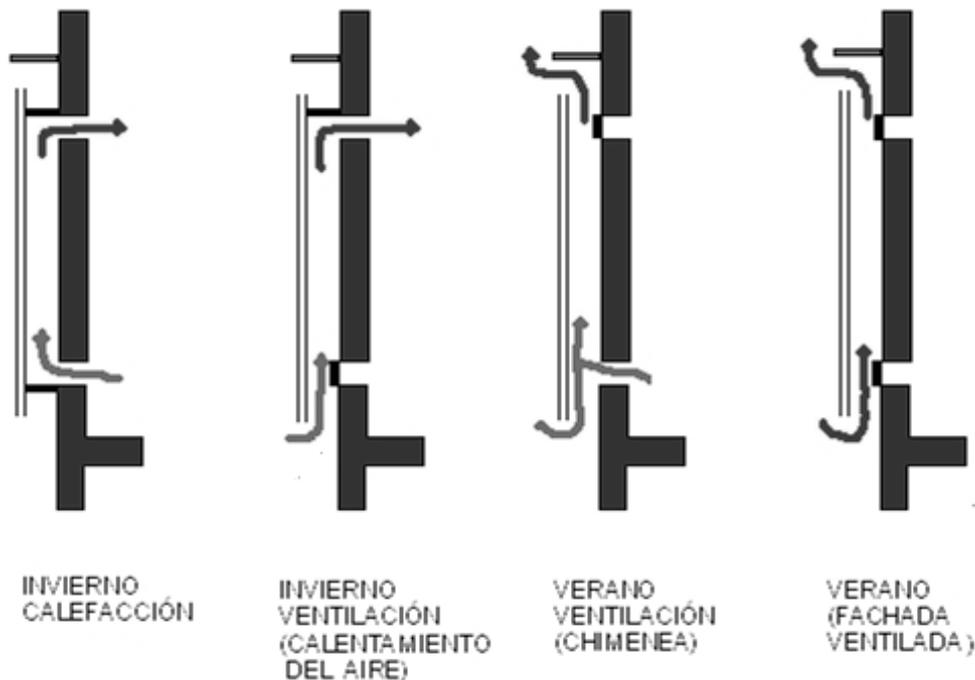


Figura 6.5. Funcionamiento en distintas épocas del año Muro Trombe-Michel

Con este sistema se logra calefaccionar la oficina administrativa de forma natural, sin la necesidad de contar con instalación de gas.

6.4.4.2 Calentador Solar de Agua

Una alternativa para obtener agua caliente de consumo es emplear un calentador solar que consiste en un termotanque horizontal y un colector solar conectados con un intercambiador de calor formando un circuito cerrado. El funcionamiento es el siguiente: el agua de consumo ingresa fría al intercambiador de calor que se encuentra dentro del termotanque, el cual aumenta su temperatura indirectamente a través de las paredes del intercambiador y sale caliente para el consumo. El agua dentro del termotanque se encuentra a una temperatura elevada manteniéndose gracias al colector solar.

Es un circuito cerrado porque el agua dentro del termotanque y el calentador solar no se renueva, siendo el agua de consumo la que atraviesa el mismo por el intercambiador de calor. En el caso que las condiciones climáticas no sean las adecuadas, el termotanque cuenta con una resistencia eléctrica que permite aumentar la temperatura del agua.

Con este dispositivo se puede prescindir de la instalación de gas, en la Figura 6.6 y 6.7 se esquematiza el funcionamiento del dispositivo y una imagen del mismo respectivamente.

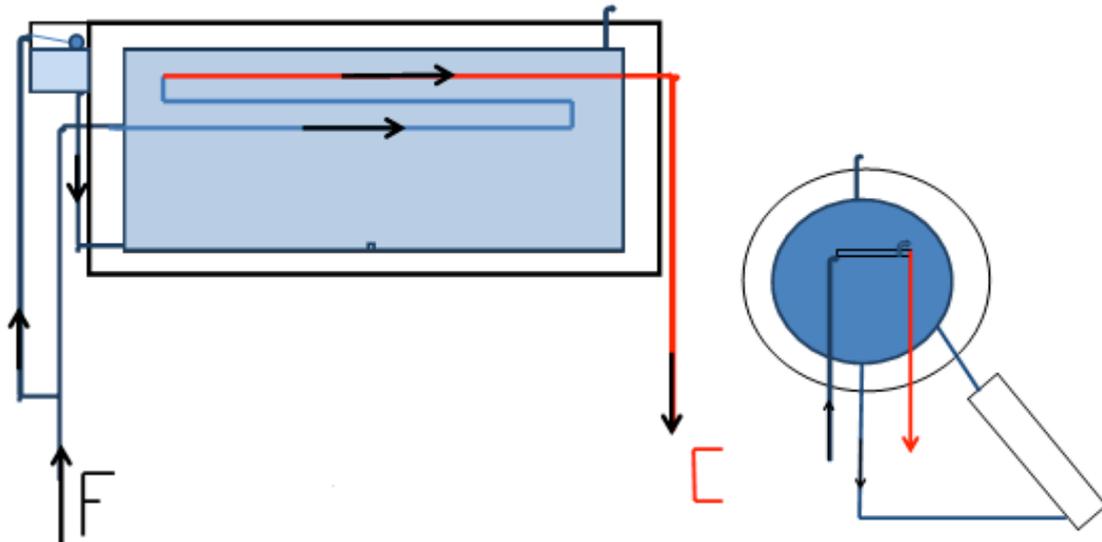


Figura 6.6. Funcionamiento Calentador Solar de Circuito Cerrado



Figura 6.7. Calentador Solar

6.4.4.3 Instalación Solar Fotovoltaica

El objetivo de emplear una Instalación Solar Fotovoltaica consiste en producir energía eléctrica para autoconsumo, sin necesidad de depender de la red eléctrica de distribución y servicio. Esta instalación se encuentra formada por diversos componentes de un sistema. Estos componentes son:

- Paneles o Módulos Solares: Captan la radiación solar para transformarla en electricidad, generando una corriente continua. El número de paneles queda determinado por la potencia que se necesita suministrar.
- Regulador o Controlador de Carga: Como su nombre lo indica controla la carga de las baterías desde los paneles, así como su descarga hacia el circuito de alimentación interior del local a abastecer, evitando que se produzcan cargas o descargas excesivas del conjunto de baterías.

- Baterías: Permite el almacenamiento de la energía que se produce durante el día con la radiación solar para ser utilizada durante la noche o períodos prolongados de mal tiempo o poca radiación solar. Además permite suministrar una intensidad de corriente superior a la que pueden entregar los paneles, en caso de ser necesario.
- Inversor o Convertidor CC/AC: Dispositivo que permite la conversión de corriente continua generada en los paneles solares en corriente alterna para que pueda ser empleada por los receptores y electrodomésticos utilizados en la vivienda.

En la figura 6.8 se presenta un esquema de una conexión con los componentes descriptos.

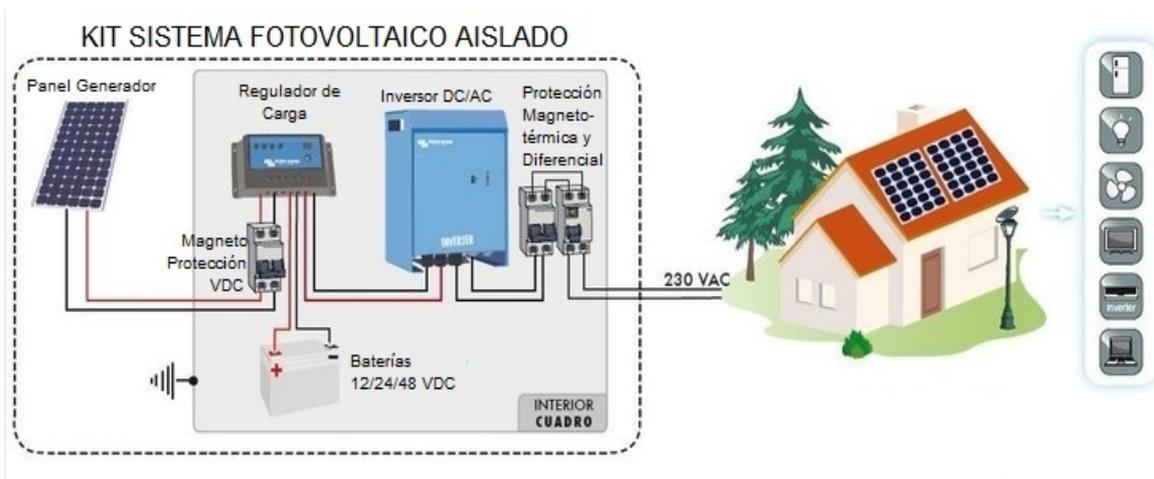


Figura 6.8. Esquema Instalación Solar Fotovoltaica

Para el dimensionamiento del número de paneles solares es necesario determinar la potencia a suministrar con la mayor exactitud posible. Llevando a cabo un pre dimensionamiento de la instalación se puede obtener el costo aproximado de la misma. La potencia aproximada a suministrar se indica en la Tabla 6.1 donde se establecen los distintos artefactos que se podrían utilizar con sus respectivos consumos.

Tabla 6.1. Potencia a Suministrar Diariamente

Equipo	Cantidad	Consumo	Horas de uso	Energía Wh/día
Lámparas*	10	15 W	4	600 Wh
Computadora	1	500 W	2	1000 Wh
Pava/cafetera	1	2000 W	0.5	1000 Wh
Resistencia (Calentador S.)	1	1600 W	1	1600 Wh
Aparatos en Depósito	2	800 W	1	1600 Wh

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

Extractor	2	50 W	1	100 Wh
Total		4965 W		5900 Wh
20% adicional pérdidas		5958 W		7080 Wh
*Se consideran 10 lámparas ya que en ningún momento deben estar prendidas todas las lámparas del predio.				

Teniendo en cuenta 3 días de autonomía del sistema de almacenamiento, 4,7 Hora Solar Pico (tiempo en horas de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m²) para la Ciudad de Córdoba, se determina que son necesarios los componentes indicados en la Tabla 6.2. Para la determinación de los distintos elementos como los precios se utiliza un catálogo de la empresa SOLARTEC S.A.

Tabla 6.2. Componentes necesarios

Elemento	Precio Unitario	Cantidad	Total
Módulo Fotovoltaico KS100T - 24V	\$ 3,577.99	18	\$ 64,403.82
Regulador MorningstarTristar TS 60 Ah	\$ 4,633.09	1	\$ 4,633.09
Bateria MouraClean 12MF220	\$ 4,795.00	10	\$ 47,950.00
Inversor QM-3324SP 24 Vcc - 3300 W - 11500 W	\$ 25,518.90	1	\$ 25,518.90
			\$ 142,505.81

Este valor de la instalación no incluye cableado, protecciones y bandejas antiexplosivas para los depósitos que así lo requieren. Dado el costo de la instalación y sus limitaciones en cuanto al consumo, se descarta esta variante de instalación eléctrica.

6.5 PROYECTO

Una vez definida las dimensiones de los depósitos, características constructivas, disposición en el terreno, se diseñan las instalaciones correspondientes, sistema de protección contra incendio y estructuras para realizar el posterior cómputo y presupuesto del mismo.

En cuanto a las instalaciones, este trabajo no contempla la ampliación de las redes existentes, por lo que el diseño corresponde únicamente a la instalación interna de los locales.

6.5.1 Circulación

En el predio se contempla un espacio para calles internas de 4,5 metros de ancho con el fin que puedan desplazarse sin dificultad los vehículos transportistas que recogen los residuos para trasladarlos a las plantas de tratamiento y disposición final. Estos vehículos pueden ser pequeños, medianos o grandes, por lo que para la geometría de

la vía de circulación se tiene en cuenta un radio de giro de 14 metros (correspondiente al borde externo), lo que le permite a un camión con semirremolque realizar un giro en “U”.

De esta forma se garantiza que los vehículos cuenten con espacio para circular y realizar maniobras sin dificultad pudiendo trazar un recorrido facilitando el ingreso y egreso del predio.

6.5.2 Instalación de Agua

En la determinación del volumen de reserva del tanque de agua se considera:

- Baño Secundario: 350 litros.
- Cocina: 150 litros.
- Ducha Combinada de Emergencia: 1200 litros.

En el predio se disponen dos duchas de emergencia pero se considera que no van a funcionar simultáneamente, por lo que se adopta únicamente 1200 litros que equivalen a un tiempo de lavado de 16 minutos con un caudal de 75 litros por minuto.

De esta forma el volumen de reserva del tanque de agua es de:

$$350 \text{ l} + 150 \text{ l} + 1200 \text{ l} = 1700 \text{ litros}$$

Se adoptan dos tanques de 1000 litros de capacidad. A continuación se procede a determinar el diámetro de conexión necesario y el diámetro del caño de bajada.

Para la determinación del diámetro de conexión se considera la altura del orificio de entrada al tanque de reserva correspondiente a 5 metros desde el nivel del terreno y una presión disponible de 10 metros de columna de agua. Por lo tanto:

$$\text{Presión disponible} = 10,00 \text{ m} - 5,00 \text{ m}$$

$$\text{Presión disponible} = 5,00 \text{ m}$$

Considerando un tiempo de llenado del tanque de 2 horas se calcula el caudal a suministrar con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{t \times 3600 \text{ seg/h}}$$

Donde Q = caudal a suministrar en l/seg; V = volumen del tanque de reserva; t = tiempo de llenado del tanque de reserva.

Entonces:

$$Q = \frac{2000 \text{ litros}}{2 \text{ h} \times 3600 \text{ seg/h}} = 0,28 \text{ l/seg}$$

Con la presión disponible y el caudal a suministrar se determina el diámetro de la conexión de agua, se adopta como diámetro del caño de conexión 0,013 m.

Con respecto al diámetro de la bajada del tanque de reserva es necesaria una sección de $0,62 \text{ cm}^2$ correspondiente a un baño secundario y pileta de cocina. Al tratarse de un único ambiente a suministrar, el diámetro de la bajada resulta de $0,013 \text{ m}$, siendo este el diámetro mínimo. Este mismo diámetro se adopta para la cañería de distribución de agua caliente.

El suministro de agua caliente se realiza mediante un calentador solar horizontal de circuito cerrado, el cual se adopta según catálogo de la empresa INNOVAR SRL. El modelo adoptado corresponde a un termotanque de 160 litros y 2 m^2 de colector solar. Este modelo se emplea para el suministro de 2 a 3 personas. En cuanto a la ubicación del colector solar, se instala en la cubierta plana de la oficina, al lado del tanque de reserva, orientado hacia el norte con una inclinación de 45° . Para la determinación de la inclinación se suman $10/15^\circ$ a la latitud del lugar de emplazamiento. Entonces, considerando que la latitud de la Ciudad de Córdoba es de 31° aproximadamente, se adopta como ángulo de inclinación 45° .

6.5.3 Instalación Sanitaria

Los desagües cloacales se clasifican en primarios y secundarios. Los primeros transportan las denominadas aguas negras que contienen deyecciones y los segundos, aguas grises que contienen únicamente aguas servidas provenientes de la limpieza e higiene de elementos, pisos y corporal. De la misma forma, los artefactos también se clasifican en primarios y secundarios de acuerdo a su finalidad, y se conectan directamente a la cañería principal en el primer caso, y a una pileta de piso y luego a la cañería principal en el segundo.

En ambos casos el material de la cañería es PVC, y el diámetro de los distintos tramos dependen de los artefactos que conecten y si se trata de desagüe primario o secundario. El diámetro de la cañería principal es de 110 mm , y el de la secundaria de 63 mm en el caso de la conexión entre piletas de piso y 40 mm para los artefactos como la ducha y lavamanos. Para la conexión entre cañería principal y secundaria se dispone una cámara de inspección de $40 \times 40 \text{ cm}$, lo que permite efectuar, en el caso de ser necesario, una limpieza y desobstrucción de la cañería.

Con respecto al trazado de las cañerías, se disponen las mismas con cambios de dirección de 45° , y en los cambios de 90° se utiliza una cámara de inspección.

Se adopta una pendiente de cañería de 1:30, valor comprendido entre los límites admisibles, siendo estos 1:60 (una pendiente superior haría que el agua circule más rápido que los sólidos) y 1:20 (una pendiente inferior produciría una inadecuada circulación y los sólidos quedarían en la cañería obstruyéndola).

Por emplazarse los depósitos en un suelo con característica colapsable, la cañería se dispone sobre un recinto impermeable cuya función es evitar el contacto del líquido con el suelo evitando el colapso del mismo en el caso de una pérdida en la cañería.

Ver plano N° 05 – INSTALACIÓN SANITARIA.

6.5.4 Desagüe Nichos

Para los desagüe de los nichos de almacenamiento de residuos líquidos se emplea cañería de PVC. Se adopta este material porque posee una buena resistencia a entornos agresivos siendo resistente a la corrosión y a diversas sustancias químicas.

Además no es conductor para la combustión, es decir, en el caso de incendio las llamas no pueden “viajar” por las tuberías, por lo que ofrece una seguridad adicional.

El diámetro adoptado es de 63 mm.

Cada nicho se conecta con su respectivo tanque enterrado de 450 litros de capacidad. Estos tanques tienen 85 cm de alto y 100 cm de ancho, y son de polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE) reforzados capaces de almacenar ácidos, cloruros y fosfatos, entre otras sustancias químicas, soportar temperaturas hasta 70°C y sustancias muy densas. Los tanques se disponen enterrados en un recinto de 1,25 metros de profundidad, con una pendiente de fondo hacia un extremo para favorecer el escurrimiento y posterior bombeo de agua en el caso que se inunde. Cada recinto almacena 15 tanques, correspondiente a los 15 nichos que posee cada depósito, con una cubierta metálica que permite el acceso a cada tanque independiente. De esta forma se puede llevar a cabo una numeración en cada nicho y en cada tanque para una rápida identificación tanto de la ubicación del tanque como de la sustancia implicada en caso de un accidente que involucre un derrame.

Ver plano N° 5 - INSTALACIÓN SANITARIA.

6.5.5 Muro Trombe-Michel

El local a calefaccionar consiste en la oficina administrativa cuyas dimensiones son 3,40 m de largo por 3,60 m de ancho. Por lo tanto, la superficie útil a calefaccionar es:

$$\text{Superficie} = 3,40 \text{ m} \times 3,60 \text{ m} = 12,24 \text{ m}^2$$

La superficie de pared necesaria por unidad de superficie útil a calefaccionar depende de la temperatura media exterior de invierno. Considerando una temperatura media de +5°C para la Ciudad de Córdoba la superficie de pared necesaria se encuentra entre 0,28 – 0,46 m² de pared por m² de superficie útil a calefaccionar. Se adopta un valor de 0,30 m² de pared debido a la ubicación geográfica del lugar: Latitud 31° Sur.

$$\text{Superficie Pared Necesaria} = 0,30 \times 12,24 \text{ m}^2 \cong 4 \text{ m}^2$$

Se adopta una Pared de 2 metros de largo por 2 metros de alto. Para definir el espesor de Pared hay que tener en cuenta el material con el cual va a ser construido el muro ya que no todos los materiales tienen la misma conductividad térmica. El ladrillo común posee una mejor conductividad térmica que el ladrillo hueco de hormigón empleado en el cerramiento de la oficina, siendo la conductividad térmica en el primer caso de $0,63 \frac{Kcal}{hm^2 \cdot C}$, recomendándose un espesor de Pared entre 25 – 35 cm. Se adopta finalmente un espesor de Pared de 30 cm. Con respecto a la cámara de aire se toma un espacio de 10 cm próximo al recomendado.

Por último se dimensionan los orificios de ventilación tanto superior como inferior. Para ello consideramos el siguiente esquema presentado en la Figura 6.9:

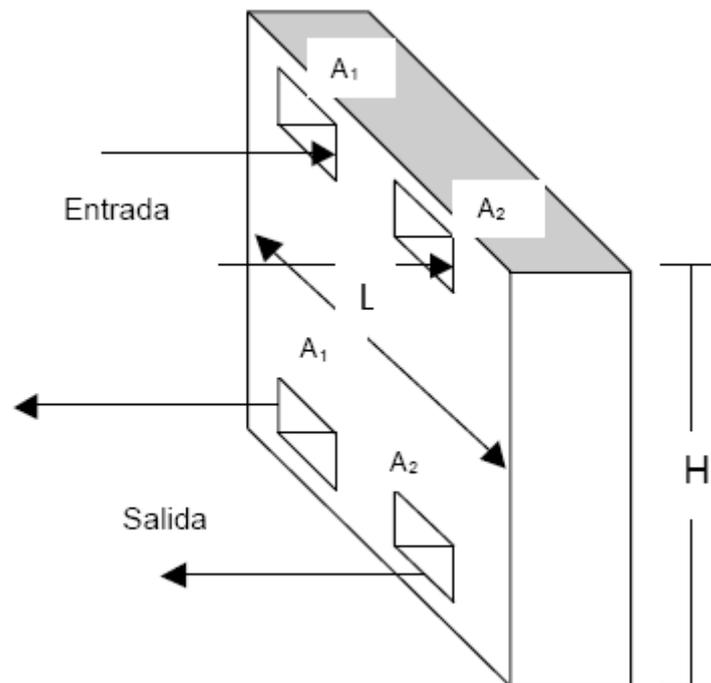


Figura 6.9. Dimensiones de un Muro Trombe-Michel

Se sugiere que debe tomarse como superficie total de las perforaciones de una hilera 1 dm^2 por metro cuadrado de muro. Entonces:

$$A_1 + A_2 = \frac{L \times H}{100} = \frac{2m \times 2m}{100} = 0,04 \text{ m}^2$$
$$A_1 = A_2 = \frac{400 \text{ cm}^2}{2} = 200 \text{ cm}^2$$

Por simplicidad se adoptan rejillas de ventilación de 20 cm de lado.

Ver plano N° 06 – DETALLE MURO TROMBE-MICHEL.

6.5.6 Instalación Eléctrica

En el almacenamiento de los residuos no se permite llevar a cabo ningún otro tipo de actividad salvo que sea necesario realizar un trasvase de líquidos. Por este motivo se dispone únicamente un circuito de iluminación para uso general y un circuito de tomacorriente para uso general con una pequeña cantidad de bocas por depósito. En cuanto a la iluminación, siempre que sea posible debe prescindirse de la iluminación artificial, aprovechando la iluminación natural. Para ello se dispone en todos los locales ventanas elevadas para aprovechar la iluminación proveniente del Sur con parasoles verticales.

En los depósitos donde se almacenan residuos explosivos e inflamables la instalación eléctrica es antiexplosiva, que consiste en utilizar canalizaciones rígidas y protecciones de tales características como así también lámparas y cajas para tomacorrientes antiexplosivos. En estos casos, para una mayor seguridad se disponen los interruptores de efecto en el exterior de los depósitos.

La instalación eléctrica antiexplosiva implica que las chispas, llamas o presiones internas de explosión generadas dentro de la envoltura que encierra al material eléctrico no se propaguen al medio explosivo exterior.

Para la determinación de los conductores, en primer lugar se establecen los puntos de utilización:

- Oficina: 7 bocas para iluminación para uso general y 7 bocas de tomacorriente para uso general.
- Depósito Residuos Aparatos Eléctricos y Electrónicos: 3 bocas de iluminación para uso general y 4 bocas de tomacorriente para uso general.
- Depósito de Residuos Sólidos: 3 bocas de iluminación para uso general y 2 bocas de tomacorriente para uso general.
- Depósito de Residuos Líquidos: 3 bocas de iluminación para uso general y 2 bocas de tomacorriente para uso general.
- Depósito de Residuos Y14: 3 bocas de iluminación para uso general y 2 bocas de tomacorriente para uso general. Requiere instalación antiexplosiva.
- Depósito de Residuos Explosivos e Inflamables: 3 bocas de iluminación para uso general y 2 bocas de tomacorriente para uso general. Requiere instalación antiexplosiva.

Para los circuitos de iluminación para uso general se considera una carga de 150 VA por punto de utilización y para los circuitos de tomacorriente de uso general se

considera 2200 VA por circuito. Por ejemplo, la carga del circuito de iluminación para uso general de la oficina se obtiene como:

$$Carga = 7 \text{ bocas} \times 150 \text{ VA} = 1050 \text{ VA}$$

Una vez determinada la carga de todos los circuitos, considerando un suministro monofásico de 220 V para los mismos, se obtiene la intensidad de corriente monofásica.

Continuando con el mismo ejemplo, la intensidad de corriente es de:

$$Intensidad \text{ de Corriente} = \frac{1050 \text{ VA}}{220 \text{ V}} = 5 \text{ A}$$

El siguiente paso consiste en la selección de los conductores teniendo en cuenta la intensidad de corriente admisible para temperatura ambiente de cálculo de 40°C y las secciones mínimas establecidas. En el primer caso, para aislaciones de uso convencional, la intensidad de corriente admisible de una sección de 1,5 mm² es de 15 A siendo suficiente pero esta sección es menor que la mínima establecida. Por lo tanto, se seleccionan las secciones mínimas por corriente admisible, siendo de 2,5 mm² para circuitos de uso general y 4 mm² para líneas principales.

Por último se deben seleccionar las protecciones. En cuanto a los interruptores automáticos, en las bocas de los circuitos de iluminación se emplea una protección de sobrecarga de 16 A, siendo este calibre el máximo para este tipo de circuitos ya que la corriente máxima teórica por boca es de 10 A en el caso de 15 bocas. En cambio, para los circuitos de tomacorriente se emplea una protección de sobrecarga de 20 A. Con respecto a los interruptores diferenciales se establecen de 25 A siendo este el de menor amperaje.

Con respecto al circuito seccional, se realiza el mismo procedimiento, teniendo en cuenta la carga total y considerando un suministro trifásico de 380V, reduciendo de esta forma la sección de los conductores. En este caso la intensidad de corriente es:

$$Intensidad \text{ de Corriente} = \frac{16500 \text{ VA}}{1,73 \times 380 \text{ V}} = 25 \text{ A}$$

Se adopta un conductor de sección de 6 mm² de 36 A de corriente admisible, y un interruptor automático de 32 A tetrapolar.

En la Tabla 6.3 se presentan los conductores correspondientes a los distintos circuitos, y en la Figura 6.10 el esquema unifilar de la instalación.

El tablero seccional se dispone en la Oficina y se instala una llave de corte general de energía en el caso de emergencia.

Ver plano N° 07 – INSTALACION ELÉCTRICA

Tabla 6.3.Instalación Eléctrica

LOCAL	CIRCUITO	TIPO	CARGA	Corriente monofásica	Sección Mínima (T=40°)	Sección Mínima (Cte. Admisible)	Sección S/Catálogo Prysmian	Tipo Conductor	Corriente Admisible	Protección (IA)
Oficina	C1	IUG	1050 VA	5 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 247-3	21 A	B16A - 2P
	C2	TUG	2200 VA	10 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 247-3	21 A	C20A - 2P
RAEE	C3	IUG	450 VA	2 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 247-3	21 A	B16A - 2P
	C4	TUG	2200 VA	10 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 247-3	21 A	C20A - 2P
Sólido	C5	IUG	450 VA	2 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 247-3	21 A	B16A - 2P
	C6	TUG	2200 VA	10 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 247-3	21 A	C20A - 2P
Líquido	C7	IUG	450 VA	2 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 247-3	21 A	B16A - 2P
	C8	TUG	2200 VA	10 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 247-3	21 A	C20A - 2P
Y14	C9	IUG	450 VA	2 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 2178	21 A	B16A - 2P
	C10	TUG	2200 VA	10 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 2178	21 A	C20A - 2P
Explosivo	C11	IUG	450 VA	2 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 2178	21 A	B16A - 2P
	C12	TUG	2200 VA	10 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	2x2,5mm ² + 2,5 mm ²	IRAM NM 2178	21 A	C20A - 2P
	CIRCUITO SECCIONAL		16500 VA	25 A	6 mm ²	6 mm ²	4x6mm ² + 6mm ²	IRAM NM 2178	36 A	D32A - 4P

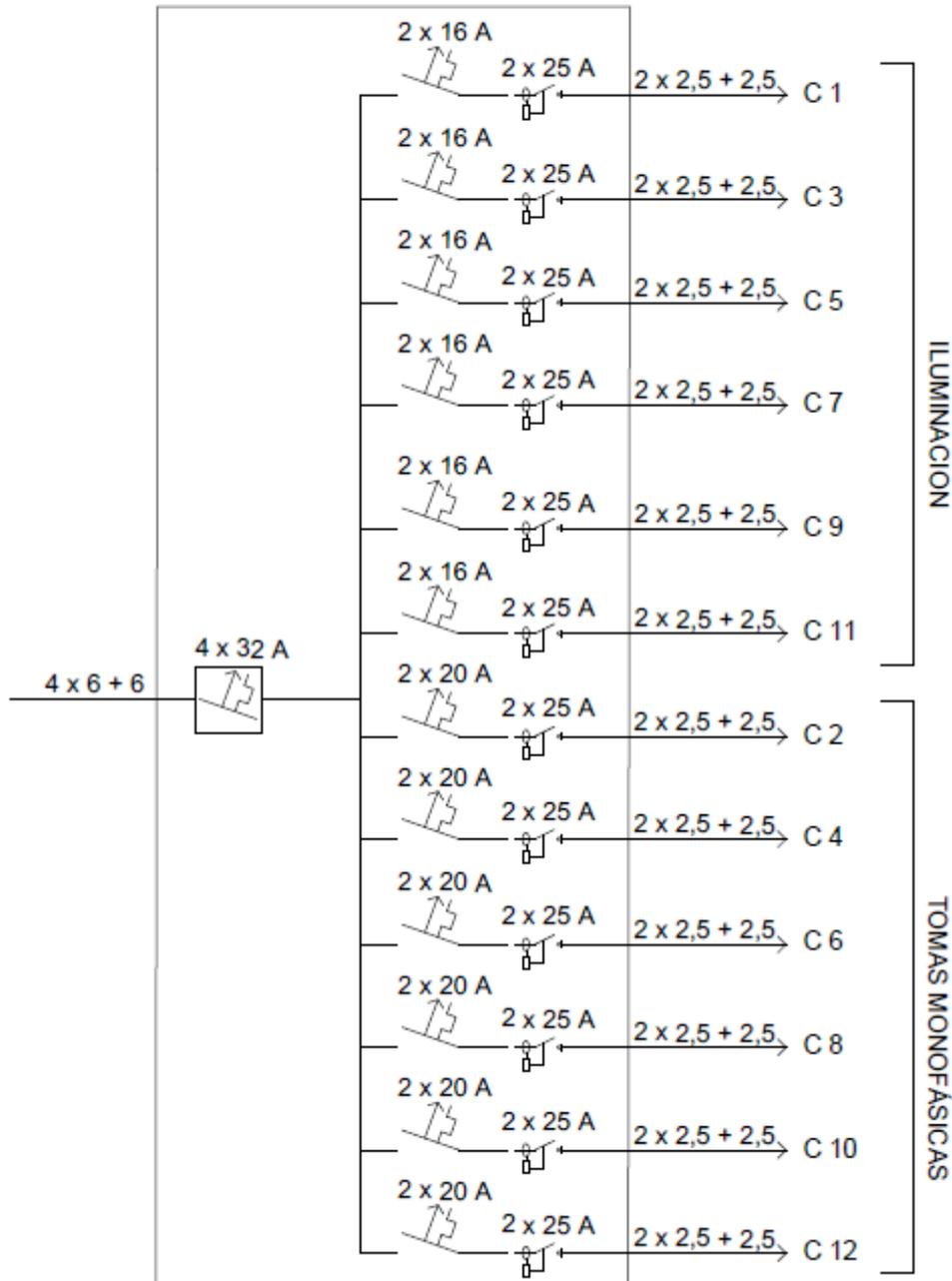


Figura 6.10. Esquema Unifilar

6.5.7 Sistema de Protección Contra Incendio

Los materiales empleados en la construcción deben ser resistentes al fuego, entendiéndose por resistencia al fuego como el tiempo durante el cual los materiales y elementos constructivos, estando sometidos a los efectos de un incendio, conservan las cualidades funcionales particularmente la resistencia mecánica y reducción de sección, entre otros.

Para determinar la resistencia necesaria, se estima el riesgo de incendio y se determina la carga de fuego. El riesgo de incendio corresponde a un número adimensional que se clasifica como:

- Riesgo 1: Materiales explosivos: sustancias o mezclas de sustancias susceptibles de producir en forma súbita una reacción espontánea con generación de grandes cantidades de gases.
- Riesgo 2: Materiales inflamables: líquido que puede emitir vapores que mezclados en proporciones adecuadas con el aire originan mezclas combustibles.
- Riesgo 3: Materiales muy combustible: material que expuesto al aire puede encenderse y continua ardiendo una vez retirada la fuente de ignición.
- Riesgo 4: Materiales combustibles: material que puede mantener la combustión una vez retirada la fuente de calor.
- Riesgo 5: Materiales poco combustibles: se encienden a altas temperatura pero su combustión cesa al ser apartada del fuego.
- Riesgo 6: Materiales incombustibles: materia que al ser sometida al calor o llama directa puede sufrir cambios en su estado o reacciones químicas, sin formación de materia combustible alguna.
- Riesgo 7: Materiales refractarios: material que al ser sometido a altas temperaturas, hasta 1500 °C aún durante períodos muy prolongados, no altera ninguna de sus características físicas o químicas.

Por la actividad que se lleva a cabo se consideran los riesgos R1, R2, R3 y R4 para los depósitos de explosivos e inflamables y residuos Y14, y los riesgos R3, R4, R5 para el resto de los depósitos.

La carga de fuego es el peso de madera por unidad de superficie capaz de desarrollar una cantidad de calor equivalente a la desarrollada por el peso de los materiales contenidos en un sector de incendio, tomando como unidad la madera de 4400 Kcal/Kg. Para el primer caso se toma un valor de referencia de una sustancia inflamable con un poder calorífico de 10000 Kcal/Kg y para el resto de los depósitos se toma como referencia el poder calorífico de una sustancia muy combustible con un poder calorífico de 5000 Kcal/Kg. En ambos casos el peso de sustancias almacenadas es considerado de 3000 kg.

El cálculo de la carga de fuego consiste en, con los datos mencionados en el párrafo anterior, determinar la cantidad de calor en el ambiente y luego con el poder calorífico

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

de la madera obtener el peso de madera equivalente. El procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$\text{Cantida de Calor en el Ambiente} = \text{Poder Calorífico Sustancias Almaenadas} \times \text{Peso}$$

$$\text{Peso de Madera Equivalente} = \frac{\text{Cantidad de Calor en el Ambiente}}{\text{Poder Calorífico Madera Equivalente}}$$

$$\text{Carga de Fuego} = \frac{\text{Peso de Madera Equivalente}}{\text{Superficie del Local}}$$

Para los depósitos de residuos explosivos e inflamables y residuos Y14 la carga de fuego es:

$$\text{Cantida de Calor en el Ambiente} = 10000 \text{ Kcal/Kg} \times 3000 \text{ Kg} = 30000000 \text{ Kcal}$$

$$\text{Peso de Madera Equivalente} = \frac{30000000 \text{ Kcal}}{4400 \text{ Kcal/Kg}} = 6818 \text{ Kg}$$

$$\text{Carga de Fuego} = \frac{6818 \text{ Kg}}{5 \text{ m} \times 6 \text{ m}} = 227 \text{ Kg/m}^2$$

Para el resto de los depósitos se considera:

$$\text{Cantida de Calor en el Ambiente} = 5000 \text{ Kcal/Kg} \times 3000 \text{ Kg} = 15000000 \text{ Kcal}$$

$$\text{Peso de Madera Equivalente} = \frac{15000000 \text{ Kcal}}{4400 \text{ Kcal/Kg}} = 3409 \text{ Kg}$$

$$\text{Carga de Fuego} = \frac{3409 \text{ Kg}}{5 \text{ m} \times 6 \text{ m}} = 113 \text{ Kg/m}^2$$

Con la carga de fuego y el riesgo de incendio se obtiene la resistencia mínima al fuego que deben tener los elementos constitutivos y estructurales de los locales. En ambos casos la carga de fuego es mayor a 100 Kg/m^2 por lo que la resistencia al fuego de los elementos deben ser F180 y F120 respectivamente.

La Resolución N° 1.042 establece que los cerramientos de los depósitos de almacenamiento de sustancias explosivas e inflamables deben ser de hormigón armado, adoptando un espesor de 20 cm cuya resistencia al fuego es F180 cumpliendo con la resistencia al fuego determinada. Con respecto al resto de los depósitos se emplean bloques huecos de hormigón de 20 cm cuya resistencia al fuego es F120 cumpliendo con la resistencia al fuego determinada.

En los depósitos que es necesaria una resistencia al fuego F180 se utiliza como aislación térmica de la cubierta metálica lana de roca siendo un material no combustible en vez de la comúnmente utilizada lana de vidrio.

La Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587 agrupa las protecciones contra incendio en tres grandes clases:

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

1. Condiciones de situación: referido a la edificación en relación al barrio, la zona de la ciudad y a la ubicación en el predio.
2. Condiciones de construcción: referido a ciertas reglas que deben observarse en la disposición de los locales, en las características de las paredes, materiales a emplear, etc.
3. Condiciones de extinción, referidas a los equipos, aparatos, e instalaciones con las cuales debe contar la edificación para combatir el fuego una vez producido.

En la primera clase se tiene en cuenta la facilidad de acceso por parte de los bomberos a los locales en el caso de incendio y la separación de la vía pública de los depósitos de residuos explosivos e inflamables.

En las condiciones de construcción se contempla la utilización de los materiales resistentes al fuego en función de los riesgos y cargas de fuego existentes. Además se instalan puertas de salida de emergencia con sistema antipánico en ambos extremos de los depósitos con una resistencia al fuego F60. En los depósitos de materiales líquidos se debe asegurar la estanqueidad del lugar que los contiene, lográndose con un peldaño perimetral y con el recubrimiento del piso con pintura epoxi para la impermeabilización del mismo.

Por último, con respecto a las condiciones de extinción, para los depósitos inflamables de más de 1000 litros hasta 10000 litros, la instalación de extinción debe estar equipada con dos líneas de 63,5 mm de diámetro interior y boquilla de niebla a una presión de 4 kg/cm² en posible servicio (situación de ambos depósitos juntos) y los matafuegos adecuados. El volumen de reserva de agua contra incendio necesario es de 10000 litros aproximadamente, por lo que sería necesario instalar un tanque de reserva de dicha capacidad con un sistema de bombeo para lograr la presión necesaria. Actualmente Ciudad Universitaria cuenta con una red de agua exclusiva contra incendio a presión la cual se proyecta la ampliación para abastecer a los depósitos de residuos peligrosos. Por este motivo es que no se tiene en cuenta el volumen de reserva de agua contra incendio.

Para una temprana detección de incendios se disponen detectores de humo en todos los depósitos.

Existen diversas clases de fuego como así también extintores de distintos tipos. Las clases de fuego pueden ser:

- Clase A: originados por la combustión de sólidos.
- Clase B: originados por líquidos.

- Clase C: producidos en materiales, instalaciones o equipos sometidos a la corriente eléctrica.
- Clase D: fuegos en metales por lo general finamente divididos.
- Clase K: producidos por grasas y aceites de origen animal o vegetal.

Dada las distintas clases de fuego y la variedad de sustancias a almacenar, se disponen en todos los locales matafuegos clase ABC de 10 kg y en el depósito de residuos sólidos se agrega un matafuego clase D de 5 kg.

6.5.8 Ventilación

Llevar a cabo una correcta ventilación consiste en extraer el aire del interior de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior eliminando la posible presencia de contaminantes. La ventilación puede ser natural o mecánica, empleándose en este caso la ventilación natural para evitar el uso de extractores mecánicos con características antiexplosivas debido a los riesgos presentes en el almacenamiento de residuos peligrosos. Uno de los requisitos constructivos consiste en lograr 20 renovaciones de aire por hora en el local mediante ventilación natural. Para ello se determina la dimensión de un extractor eólico que logre dichas renovaciones para instalar en cada depósito.

Para seleccionar un extractor eólico es necesario determinar el volumen de aire a extraer y la velocidad básica del viento. En primer lugar se determina el volumen de aire a extraer teniendo en cuenta la superficie de los locales de 30 m² y una altura promedio de 3,6 m. Por lo tanto:

$$\text{Volumen de aire a extraer} = \text{Volumen del local} \times \text{n}^\circ \text{ de renovaciones por hora}$$

$$\text{Volumen de aire a extraer} = 30 \text{ m}^2 \times 3,6 \text{ m} \times 20 \text{ ren/hora} = 2160 \text{ m}^3/\text{hora}$$

La velocidad del viento en la Ciudad de Córdoba es considerada de 10 km/h. En la Figura 6.11 se presenta un gráfico para seleccionar el extractor eólico.

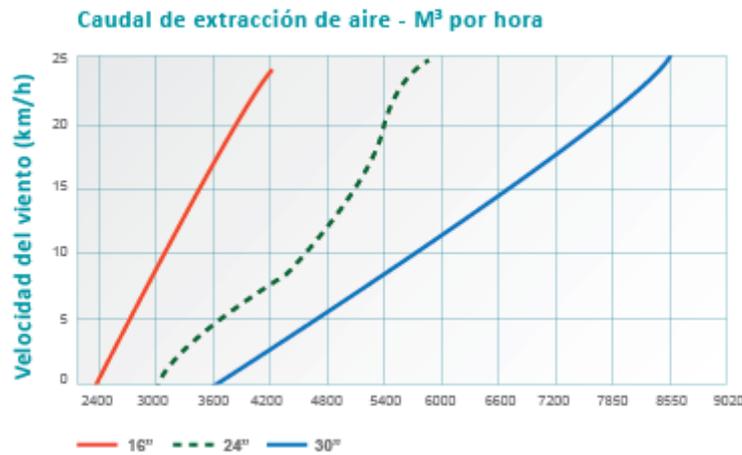


Figura 6.11. Caudal de Extracción

Ingresando con el volumen de aire a extraer por hora y la velocidad del viento se obtiene un extractor de 16'' con una capacidad de extracción de 3100 m³/h para una velocidad del viento de 10 km/h.

En aquellos depósitos donde se almacenen residuos líquidos se instala un extractor local (campana extractora) por si es necesario realizar un trasvase de líquido en caso de un envase deficiente. Cabe recordar que en el almacenamiento no está permitido ningún tipo de manipulación de los residuos por lo que no deberían utilizarse.

6.5.9 Nichos

Para el almacenamiento propiamente dicho se utilizan nichos de hormigón de espesor 10 cm. Las dimensiones de los mismos son: 1,40 metros de largo por 1,20 metros de alto por 1,10 metros de profundidad. En ellos se disponen las distintas sustancias de acuerdo a su categoría e incompatibilidades, disponiéndose 15 receptáculos por depósito. De esta forma se provee un mayor grado de seguridad ante posibles derrames o accidentes según el caso. Para determinar sus dimensiones se tiene en cuenta la posibilidad de disponer un pallet para almacenamiento y que el almacenamiento no se lleve a cabo a alturas mayores a 1,70 m.

Como se menciona en apartados anteriores, en el caso de los nichos dispuestos en los depósitos de residuos líquidos, explosivos e inflamables y residuos del tipo Y14, cada nicho se encuentra vinculado con un tanque enterrado de almacenamiento.

6.5.10 Elementos Estructurales

6.5.10.1 Cubierta Metálica

Uno de los requisitos constructivos consiste en diseñar una cubierta que sea una estructura volable, es decir que ceda fácil ante una eventual explosión. Para ello se diseña una cubierta metálica liviana teniendo en cuenta lo establecido por el

Reglamento CIRSOC 303 - "Elementos Estructurales de Acero de Sección Abierta Conformados en Frío" correspondiente a estructuras livianas de acero. Se propone una cubierta inclinada común para los depósitos contiguos con una pendiente del 6 %. Esta estructura está formada por:

- Chapa ACH 45 Gran Onda de 0,70 mm de espesor.
- Aislación de lana de roca para los depósitos de residuos explosivos e inflamables y residuos del tipo Y14 y lana de vidrio para los restantes.
- Correas de Perfil C 60x40x2,5 mm cada 0,90 m.
- Vigas de Perfil C Cajón 140x80x3,20 mm cada 1,30 m.

La unión entre vigas y correas se realiza mediante soldadura, y para la unión entre correas y chapa ondulada se emplean tornillos autoperforantes.

A continuación se presentan los cálculos correspondientes a una correa, adoptando las restantes iguales. En primer lugar se determinan las cargas actuantes, para las cuales se tiene en cuenta el Reglamento CIRSOC 101 – "Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras". Se considera:

1. Cargas permanentes (D) = 0,14 KN/m² compuesto por:
 - a. Chapa ACH 45 Gran Onda 0.70 mm espesor: 0,07 KN/m².
 - b. Instalaciones: 0,05 KN/m².
 - c. Aislación Lana de Vidrio: 0,02 KN/m².
2. Sobrecarga útil de cubierta (Lr) = 0,95 KN/m² (para pendiente 20% y área tributaria < 20 m²).
3. Viento (W) = -0,80 KN/m² (mayor succión).

Para la determinación de la carga de viento se utiliza el Reglamento CIRSOC 102 – "Acción del Viento Sobre las Estructuras" considerando el método para edificios de bajas alturas y cerrados.

Combinaciones de carga:

$$1) 1,2 D + 1,6 Lr = 1,2 \times 0,14 \text{ KN/m}^2 + 1,6 \times 0,95 \text{ KN/m}^2 = 1,68 \text{ KN/m}^2$$

$$2) 0,9 D + 1,5 W = 0,9 \times 0,14 \text{ KN/m}^2 + 1,5 \times (-0,80) \text{ KN/m}^2 = -1,07 \text{ KN/m}^2$$

Se dimensionan las correas analizándola como una viga simplemente apoyada de 1,30 m de luz, siendo esta la mayor distancia entre las vigas en las que apoyan, y un área de influencia de 0,90 m. En la Figura 6.12 se presenta el esquema considerado en el cálculo.

$$q_u = 1,68 \text{ KN/m}^2 \times 0,90 \text{ m} = 1,51 \text{ KN/m}$$

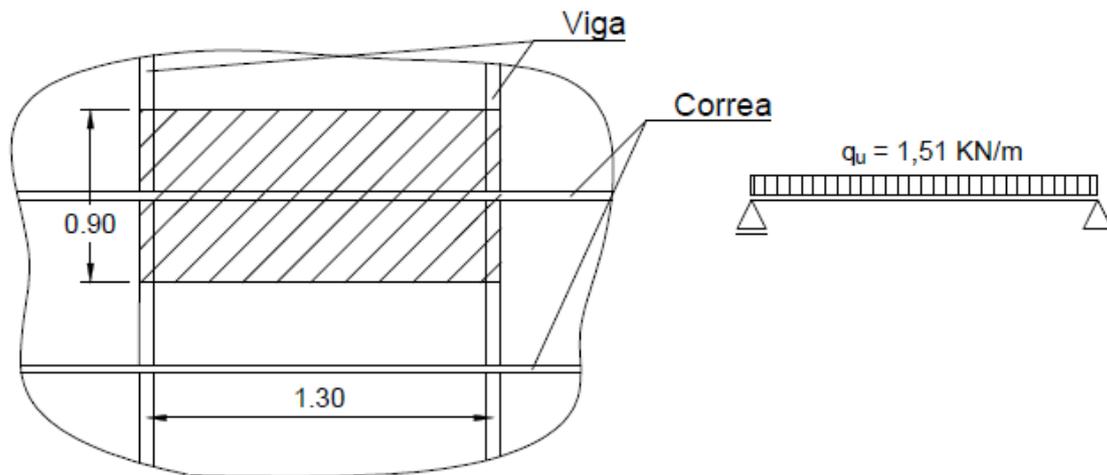


Figura 6.12. Esquema de cálculo correas

En una viga simplemente apoyada solicitada por una carga distribuida, el máximo momento flector y corte es:

$$M_u = \frac{q l^2}{8}; V_u = \frac{q l}{2}$$

Donde M_u = momento flector requerido; V_u = corte requerido; q = carga distribuida; l = luz de la viga.

$$M_u = \frac{1,51 \text{ KN/m} \times (1,30 \text{ m})^2}{8} = 0,32 \text{ KNm}$$

$$V_u = \frac{1,51 \text{ KN/m} \times 1,30 \text{ m}}{2} = 0,98 \text{ KN}$$

Para seleccionar un perfil se considera una tensión admisible igual a la tensión de fluencia del material reducida por un coeficiente de seguridad de 2. Los perfiles adoptados son de chapa laminada de acero al carbono que poseen una tensión de fluencia de 235 MPa. Por lo tanto:

$$\sigma_{adm} = \frac{f_y}{\gamma}$$

Donde σ_{adm} = tensión admisible; f_y = tensión de fluencia; γ = coeficiente de seguridad

$$\sigma_{adm} = \frac{235 \text{ MPa}}{2} = 117,5 \text{ MPa}$$

Con el momento flector y la tensión admisible se obtiene el módulo resistente de la sección necesario:

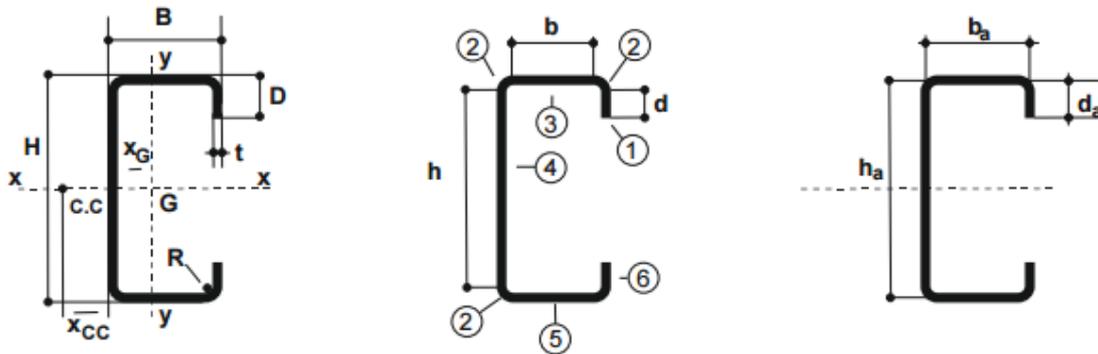
$$\sigma_{adm} = \frac{M}{W} \rightarrow W_{nec} = \frac{M}{\sigma_{adm}}$$

Donde σ_{adm} = tensión admisible; M = momento flector; W = módulo resistente de una sección. Por lo tanto:

$$W_{nec} = \frac{0,32 \text{ KNm}}{117,5 \text{ MPa}} = 2,72 \text{ cm}^3$$

Finalmente se adopta un Perfil C 60x40x2,5 mm cuya sección posee un módulo resistente de 7,29 cm³.

A continuación se presentan las verificaciones especificadas por el Reglamento CIRCSOC 303.



H =	60 mm	h = H - 2(t + R) =	50 mm	A _g =	4,09 cm ²
B =	40 mm	b = B - 2(t + R) =	30 mm	I _x =	21,86 cm ⁴
D =	20 mm	d = D - (t + R) =	15 mm	I _y =	9,73 cm ⁴
t =	2,5 mm	h _a = H - t =	57,5 mm	S _x =	7,29 cm ³
R =	2,5 mm	b _a = B - t =	37,5 mm	S _y =	4,86 cm ³
x _G =	1,52 cm	d _a = D - t/2 =	18,75 mm	r _x =	2,31 cm
x _{CC} =	2,35 cm			r _y =	1,54 cm

Donde A_g = área bruta de las sección; I_x = momento de inercia respecto al eje X; I_y = momento de inercia respecto al eje Y; S_x = módulo resistente respecto al eje X; S_y = módulo resistente respecto al eje Y; r_x = radio de giro respecto al eje X; r_y = radio de giro respecto al eje Y.

El procedimiento es el siguiente:

1. Verificación relaciones de esbeltez:

- Relaciones máximas entre ancho plano y espesor de elementos comprimidos:
 - Ala: $b/t = 30/2,5 = 12 < 60$ (elemento comprimido rigidizado vinculado al alma y a un labio).
 - Labio: $d/t = 15/2,5 = 6 < 60$ (elemento no rigidizado).
- Máxima relación entre altura del alma y su espesor
 - $h/t = 50/2,5 = 20 < 200$ (alma no rigidizada).

2. Determinación de anchos efectivos de elementos comprimidos para resistencia:

- Elemento ① (elemento rigidizador de borde con tensiones variables)

Considerando la tensión de compresión $f = f_y = 235$ MPa se calcula el ancho efectivo del elemento con las siguientes expresiones:

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$b_e = b \text{ cuando } \lambda \leq 0,673$$

$$b_e = \rho b \text{ cuando } \lambda > 0,673$$

Donde F_{cr} = tensión de pandeo elástico; k = coeficiente de abolladura; E = módulo de elasticidad = 200000 MPa; μ = coeficiente de Poisson del acero en período elástico = 0,30; f = tensión de compresión; λ = esbeltez del elemento; b_e = ancho efectivo; ρ = factor de reducción. Para este elemento el reglamento recomienda adoptar $k = 0,43$.

$$F_{cr} = 0,43 \frac{\pi^2 200000 \text{ MPa}}{12(1 - 0,3^2)} \left(\frac{2,5 \text{ mm}}{30 \text{ mm}}\right)^2 = 540 \text{ MPa}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{540 \text{ MPa}}} = 0,66 \leq 0,673$$

El labio es totalmente efectivo.

- Elemento ② es todo efectivo por ser el pliegue de la sección transversal.
- Elemento ③ (elemento uniformemente comprimido con rigidizador de borde).

Nuevamente se considera que la tensión del ala comprimida $f = f_y = 235$ MPa. Se emplean las siguientes ecuaciones:

$$S = 1,28 \sqrt{\frac{E}{f}} = 1,28 \sqrt{\frac{200000 \text{ MPa}}{235 \text{ MPa}}} = 37,34$$

Si $b/t \leq 0,328 S$:

- $I_a = 0$
- $b_e = b$
- $b_{e1} = b_{e2} = b/2$ (según Figura 6.13).
- $d_s = d'_s$ para labio rigidizador simple.
- $A_s = A'_s$ para otras formas de rigidizadores.

Donde I_a = momento de inercia necesario del rigidizador para que cada elemento componente se comporte como un elemento rigidizado; d_s = ancho efectivo reducido del rigidizador; d'_s = ancho efectivo del rigidizador; A_s = área reducida del rigidizador; A'_s = área efectiva del rigidizador.

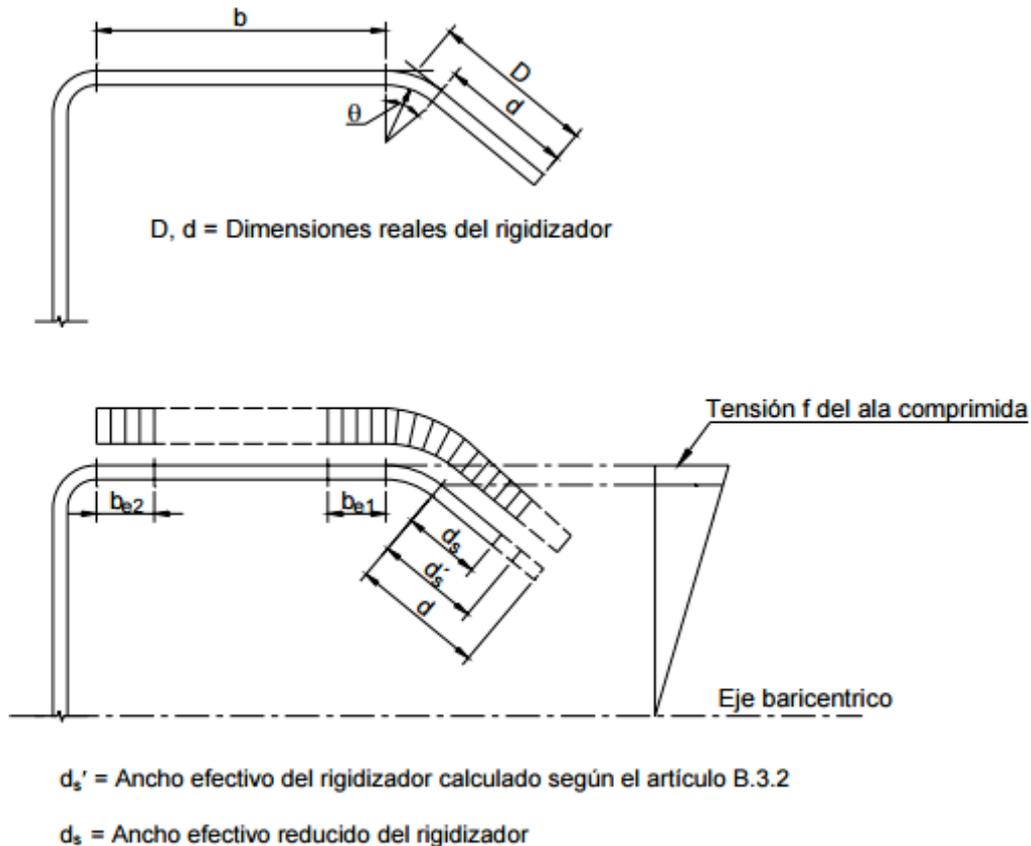


Figura 6.13. Elementos con un labio simple rigidizador de borde

En este caso:

$$0,328 S = 0,328 \times 37,34 = 12,15$$

$$b/t = 12 < 12,25$$

Finalmente el elemento es totalmente efectivo.

- Elemento ④ (elemento rigidizado con tensiones linealmente variables)

Considerando la figura 6.14 y siendo la flexión simple, se considera $f_1 = f_2$, siendo f_1 la tensión de compresión y f_2 la tensión de tracción calculadas en función de la sección efectiva.

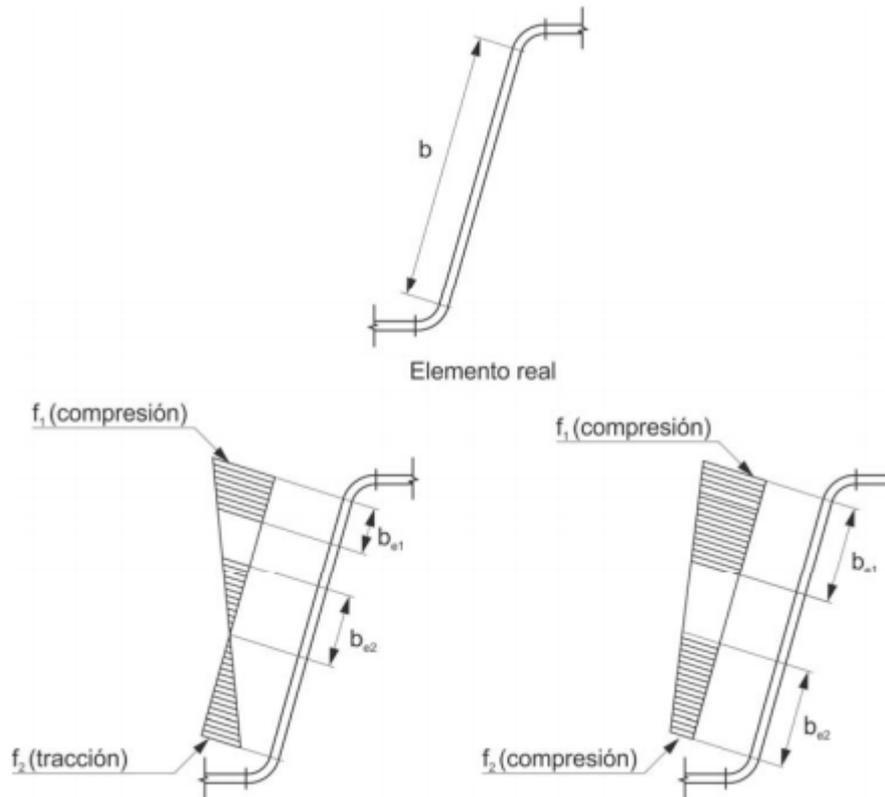


Figura 6.14. Elemento efectivo y tensión sobre elemento efectivo

Se calcula el coeficiente de abolladura k con la siguiente expresión:

$$k = 4 + 2(1 + \psi)^3 + 2(1 + \psi)$$

Donde k = coeficiente de abolladura; ψ = relación entre f_1 y f_2 .

$$k = 4 + 2(1 + 1)^3 + 2(1 + 1) = 24$$

Con este coeficiente de abolladura se determina el ancho efectivo del elemento siguiendo el mismo procedimiento que para elementos rigidizados uniformemente comprimidos. Por lo tanto:

$$F_{cr} = 24 \frac{\pi^2 200000 \text{ MPa}}{12(1 - 0,3^2)} \left(\frac{2,5 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \right)^2 = 10845 \text{ MPa}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{10845 \text{ MPa}}} = 0,15 \leq 0,673$$

El alma es completamente efectiva. Finalmente queda determinado que la sección es totalmente efectiva.

3. Determinación de los parámetros de la sección transversal necesarios para determinar la resistencia de diseño a flexión.

- Módulo resistente elástico de la sección efectiva S_{ex} : al ser toda la sección efectiva. $S_{ex} = S_x = 7,29 \text{ cm}^3$

- Momento de inercia de la parte comprimida de la sección con respecto al eje baricéntrico paralelo al alma, utilizando la sección bruta:

$$I_{yc} = I_y/2 = 9,73 \text{ cm}^4/2 = 4,87 \text{ cm}^4$$

- Módulo de alabeo de la sección transversal: $C_w = 140 \text{ cm}^6$
- Distancia entre el centro de corte y el centro de gravedad: $x_0 =$
 $x_{cc} + x_G + t = 1,52 \text{ cm} + 2,35 \text{ cm} + 0,25 \text{ cm} = 4,12 \text{ cm}$
- Radio de giro polar de la sección transversal respecto al centro de corte:

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} = \sqrt{2,31^2 + 1,54^2 + 4,12^2} = 4,97 \text{ cm}$$

4. Resistencia de diseño a flexión:

- Resistencia al pandeo lateral torsional. Se considera como longitud lateralmente no arriostrada (L_b) 500 cm correspondiente a la luz total de la correa. Para el cálculo se utilizan las siguientes expresiones:

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_y}\right)^2}$$

Donde σ_{ey} = tensión elástica de fluencia; E = módulo de elasticidad; L_b = longitud lateralmente no arriostrada a desplazamiento lateral; r_y = radio de giro respecto al eje y.

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_0^2} \left[GJ + \frac{\pi^2 EC_w}{L_b^2} \right]$$

Donde σ_t = tensión por torsión; A = área de la sección; r_0 = radio de giro polar respecto al centro de corte; G = módulo de elasticidad transversal del acero; J = módulo de torsión de St. Venant de la sección transversal; C_w = módulo de alabeo de la sección transversal. El módulo de torsión de Saint Venant (J) se calcula como:

$$J = \left(\frac{t^3}{3}\right) [h + 2b + 2u + \alpha(2d + 2u)]$$

Donde h = altura de alma; b = ancho de ala; u = longitud eje del pliegue; α = coeficiente igual a 1 para perfiles C.

$$u = \frac{\pi R}{2} = \frac{\pi \times 0,25 \text{ cm}}{2} = 0,39 \text{ cm}$$

La expresión de tensión elástica crítica de pandeo lateral-torsional es:

$$F_e = \frac{C_b r_0 A}{S_f} \sqrt{\sigma_{ey} \sigma_t}$$

Donde F_e = tensión elástica crítica de pandeo lateral-torsional; C_b = factor de corrección por diagrama de momento flector, adoptándose igual a la unidad; r_0 = radio de giro polar respecto al centro de corte; A = área de la sección transversal; S_f = módulo

resistente elástico de la sección total, no reducida, referido a la fibra extrema comprimida; σ_{ey} = tensión elástica de fluencia; σ_t = tensión por torsión.

Entonces:

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 \times 200000 \text{ MPa}}{\left(\frac{500 \text{ cm}}{1,54 \text{ cm}}\right)^2} = 18,73 \text{ MPa}$$

$$J = \left(\frac{(0,25 \text{ cm})^3}{3}\right) [5 \text{ cm} + 2 \times 3 \text{ cm} + 2 \times 0,39 \text{ cm} + 1(2 \times 1,875 \text{ cm} + 2 \times 0,39 \text{ cm})] = 0,085 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_t = \frac{1}{4,09 \text{ cm}^2 \times (4,97 \text{ cm})^2} \left[77200 \text{ MPa} \times 0,085 \text{ cm}^4 + \frac{\pi^2 \times 200000 \text{ MPa} \times 140 \text{ cm}^6}{(500 \text{ cm})^2} \right] = 75,9 \text{ MPa}$$

$$F_e = \frac{1 \times 4,97 \text{ cm} \times 4,09 \text{ cm}^2}{7,29 \text{ cm}^3} \sqrt{18,73 \text{ MPa} \times 75,9 \text{ MPa}} = 105,13 \text{ MPa}$$

Para determinar la tensión crítica se la compara con $2,78 F_y$ y $0,56 F_y$, por lo tanto:

$$F_e = 105,13 \text{ MPa} \leq 131,6 \text{ MPa} = 0,56 F_y$$

Finalmente la tensión crítica F_c es igual a la tensión elástica crítica F_e . La resistencia nominal M_n se obtiene con la siguiente expresión:

$$M_n = S_c F_c (10)^{-3}$$

Donde S_c = módulo elástico de la sección efectiva, referido a la fibra extrema comprimida en cm^3 ; F_c = tensión crítica determinada en MPa.

$$M_n = 7,29 \text{ cm}^3 \times 105,13 \text{ MPa} (10)^{-3} = 0,77 \text{ KNm}$$

La resistencia de diseño M_d es:

$$M_d = 0,9 \times M_n$$

$$M_d = 0,9 \times 0,77 \text{ KNm} = 0,70 \text{ KNm}$$

$$M_d > M_u$$

5. Resistencia de diseño al corte

La resistencia nominal al corte V_n se determina con la siguiente fórmula:

$$V_n = A_w F_v (10)^{-1}$$

Donde A_w = área del alma de la barra en cm^2 ; F_v = tensión nominal de corte en MPa.

La tensión nominal de corte se calcula como el 60 % de la tensión de fluencia del acero ya que se cumple la siguiente condición:

$$h/t \leq \sqrt{E k_v / F_y}$$

Donde h = altura de alma; t = espesor de alma; E = módulo de elasticidad; k_v = coeficiente de abolladura; F_y = tensión de fluencia del acero.

El coeficiente de abolladura es 5,34 para almas no rigidizadas, como en este caso.

$$h/t = 5 \text{ cm} / 0,25 \text{ cm} = 20; \sqrt{E k_v / F_y} = \sqrt{200000 \text{ MPa} \times 5,34 / 235 \text{ MPa}} = 67,4$$

$$F_v = 0,60 \times 235 \text{ MPa} = 141 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, la resistencia nominal al corte es:

$$V_n = (5 \text{ cm} \times 0,25 \text{ cm}) \times 141 \text{ MPa} (10)^{-1} = 17,6 \text{ KN}$$

La resistencia de diseño al corte V_d :

$$V_d = 0,95 \times V_n$$

$$V_d = 0,95 \times 17,6 \text{ KN} = 16,7 \text{ KN}$$

$$V_d > V_u$$

6. Resistencia al pandeo localizado del alma

La resistencia nominal al pandeo localizado, P_n , se determina con la siguiente expresión:

$$P_n = Ct^2 F_y \text{sen} \vartheta \left(1 - C_R \sqrt{\frac{R}{t}} \right) \left(1 + C_N \sqrt{\frac{N}{t}} \right) \left(1 - C_h \sqrt{\frac{h}{t}} \right) (10)^{-1}$$

Siendo P_n = resistencia nominal del alma en KN; C = coeficiente que depende de la sección; C_h = coeficiente de esbeltez del alma; C_N = coeficiente de longitud de apoyo; C_R = coeficiente de radio de curvatura interno; F_y = tensión de fluencia del acero en MPa; h = altura de la parte recta del alma medida a lo largo del plano del alma en cm; N = longitud real del apoyo en cm; R = radio interno de plegado en cm; t = espesor del alma en cm; ϑ = ángulo entre el plano del alma y el plano de la superficie de apoyo (90°).

Considerando ala rigidizada y unida al apoyo, carga extrema sobre un ala y considerando una longitud de apoyo de 4 cm, se obtienen de tabla los siguientes coeficientes:

$$C = 4; C_R = 0,14; C_N = 0,35; C_h = 0,02; \phi_w = 0,85 \frac{R}{t} = 1 < 9$$

Siendo ϕ_w el factor de resistencia para obtener la resistencia de diseño. La resistencia nominal resulta:

$$P_n = 4 \times (0,25 \text{ cm})^2 \times 235 \text{ MPa} \times \text{sen}(90^\circ) \times \left(1 - 0,14 \sqrt{\frac{0,25 \text{ cm}}{0,25 \text{ cm}}} \right) \left(1 + 0,35 \sqrt{\frac{4 \text{ cm}}{0,25 \text{ cm}}} \right) \left(1 - 0,02 \sqrt{\frac{5 \text{ cm}}{0,25 \text{ cm}}} \right) (10)^{-1} = 11,04 \text{ KN}$$

Finalmente se obtiene la resistencia de diseño:

$$P_d = 0,85 \times 11,04 \text{ KN} = 9,38 \text{ KN} > V_u$$

De esta forma, queda verificado el perfil adoptado para las correas.

Con respecto a las vigas, el esquema de cálculo se presenta en la Figura 6.15. Se considera que se transmiten las cargas de las correas hacia las vigas como cargas puntuales. Por lo tanto, las correas extremas que tienen la mitad del área de influencia que las centrales transmiten una carga de 1,34 KN (sobre la viga apoyan 2 correas) y las correas centrales transmiten 2,68 KN. Nuevamente se analiza como simplemente apoyada siendo las sollicitaciones:

- $M_u = 10,32 \text{ KNm}$
- $V_u = 6,86 \text{ KN}$

$$W_{nec} = \frac{10,32 \text{ KNm}}{117,5 \text{ MPa}} = 87,8 \text{ cm}^3$$

Se adopta una sección cajón compuesta por dos perfiles C 140x80x3,2 mm cuyo módulo resistente de $97,82 \text{ cm}^3$. Las propiedades geométricas de esta sección son:

H = 140 mm	h = H - 2(t + R) = 127 mm	A _g = 21,69 cm ²
B = 160 mm	b = B - 2(t + R) = 147 mm	I _x = 680,41 cm ⁴
D = 30 mm	d = D - (t + R) = 24 mm	I _y = 727,29 cm ⁴
t = 3,2 mm	h _a = H - t = 136,8 mm	S _x = 97,20 cm ³
R = 3,2 mm	b _a = B - t = 156,8 mm	S _y = 90,91 cm ³
	d _a = D - t/2 = 28,40 mm	r _x = 5,60 cm
		r _y = 5,79 cm

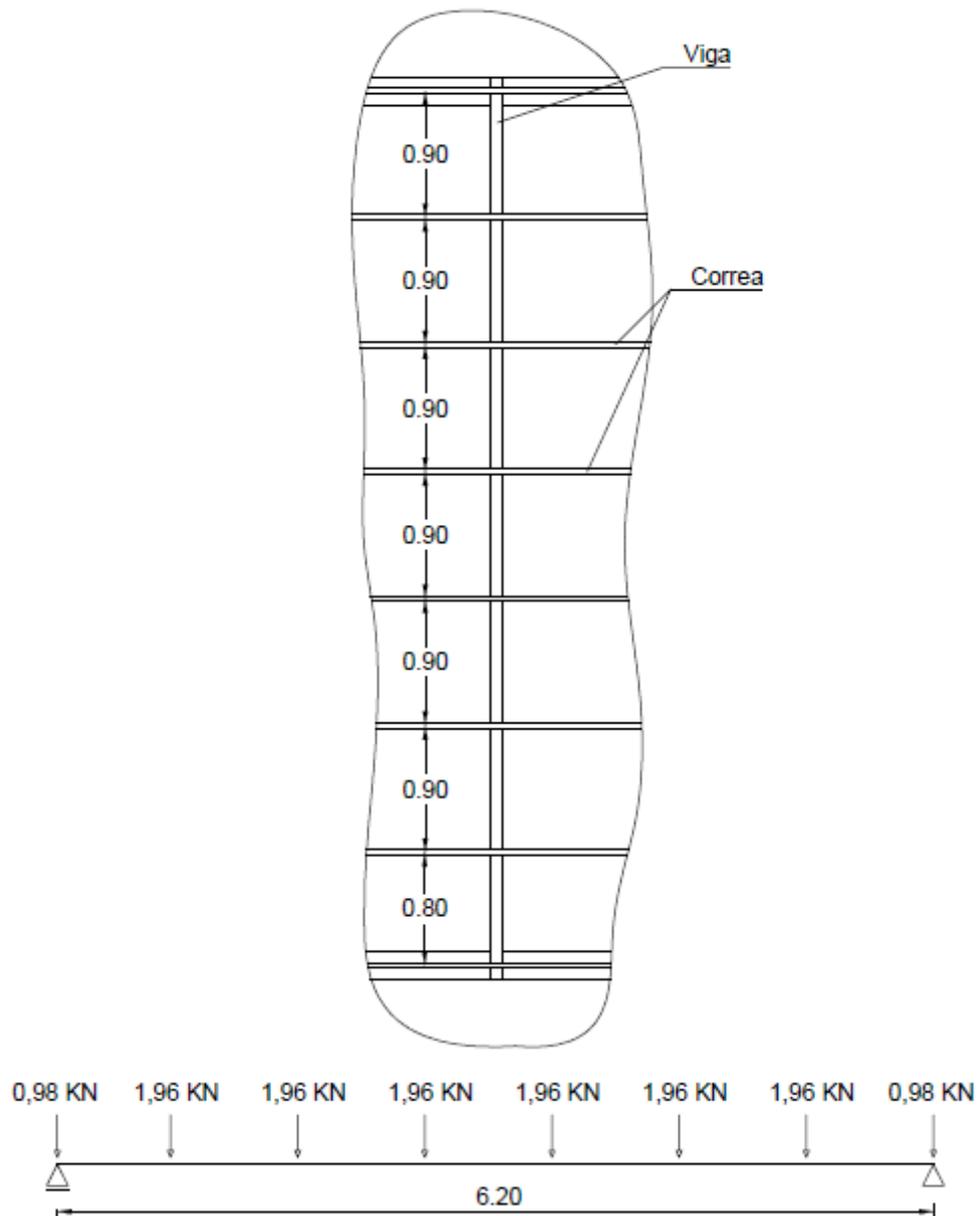


Figura 6.15. Esquema cálculo vigas

Se realizan las mismas verificaciones que para la correa obteniendo los siguientes resultados.

- Las esbelteces de los distintos elementos cumplen con los límites especificados por el reglamento.
- La sección no es completamente efectiva, ya que no se cumple la condición $b/t \leq 0,328 S$, siendo 144 mm el ancho efectivo, por lo que el momento de inercia efectivo y el módulo resistente efectivo respectivamente son:

- $I_{xe} = 656,5 \text{ cm}^4$
- $S_{xe} = 93,8 \text{ cm}^3$

- c) Resistencia de diseño al pandeo lateral-torsional, considerando una longitud no arriostrada de 620 cm correspondiente a la luz de la viga, de:

$$M_d = 19,8 \text{ KNm} > M_u$$

- d) Resistencia de diseño al corte: $V_d = 108,3 \text{ KN} > V_u$

- e) Resistencia al pandeo localizado del alma: $P_d = 34,2 \text{ KN} > V_u$

Ver plano N° 08 – ESTRUCTURA CUBIERTA.

6.5.10.2 Cubierta Plana

La cubierta de la oficina es una losa de viguetas prefabricadas en fábrica y ladrillos cerámicos, dispuestas en la menor dirección del local. Se considera una cubierta inaccesible por lo que se adopta una sobrecarga de 100 kg/m² como establece el Reglamento CIRSOC 101. A partir del catálogo de viguetas Tensolite se determina la serie de viguetas a emplear. Se seleccionan teniendo en cuenta la luz y la sobrecarga, entonces considerando:

$$L_c = L + 20 \text{ cm}$$

Siendo L_c = luz de cálculo; L = luz libre.

$$L_c = 5 \text{ m} + 20 \text{ cm} = 5,20 \text{ m}$$

Se determina la carga útil, siendo esta la suma de la carga permanente accesoria y la sobrecarga de reglamento. La carga permanente accesoria consiste en el peso de aquellos elementos que componen la cubierta además de las viguetas, ladrillos y capa de compresión, donde se considera:

Tabla 6.4. Componentes Cubierta Plana

Material	Peso Esp.	Espesor	Peso
Cielorraso	150 kg/m ³	0,02 m	3 kg/m ²
Aislación Térmica (H. Vermiculita)	900 kg/m ³	0,04 m	36 kg/m ²
Aislación Hidrófuga (Membrana Asfáltica)	3,5 kg/m ²	-	3,5 kg/m ²
Barrera de Vapor (Pintura Asfáltica)	0,5 kg/m ²	-	0,5 kg/m ²
Aislación Acústica (Lana de Vidrio)	1,5 kg/m ²	-	1,5 kg/m ²
Mortero Asiento Baldosa	1700 kg/m ³	0,015 m	25,5 kg/m ²
Baldosa (2 cm espesor)	1400 kg/m ³	0,020 m	28,0 kg/m ²
Total		0,10 m	98,0 kg/m ²

Por lo tanto la carga permanente accesoria es:

$$\text{Carga Permanente Accesoria} = 98 \text{ Kg/m}^2 + 100 \text{ Kg/m}^2 = 198 \text{ Kg/m}^2$$

Se adoptan viguetas Serie C con bovedillas de 13 cm y capa de compresión de hormigón de 4 cm cuyo peso propio es de 209 Kg/m². A continuación se determina el

momento flector solicitante para compararlo con el momento admisible de las viguetas para finalizar con la elección.

El momento admisible correspondiente es de 1398 Kgm/m (según catálogo). El momento flector solicitante se obtiene con la siguiente expresión:

$$M = \frac{q L_c^2}{8}$$

Donde M = momento flector solicitante; q = carga total; L_c = luz de cálculo.

$$q = 209 \text{ Kg/m}^2 + 198 \text{ Kg/m}^2 = 407 \text{ Kg/m}^2$$

$$M = \frac{407 \text{ Kg/m}^2 \times (5,20 \text{ m})^2}{8} = 1375 \frac{\text{Kgm}}{\text{m}} < M_{adm}$$

Ver plano N° 08 – ESTRUCTURA CUBIERTA.

6.5.10.3 Tabiques de Hormigón Armado

Como se determinó en apartados anteriores, los cerramientos de los depósitos de residuos peligrosos explosivos e inflamables y residuos del tipo Y14, los cerramientos se realizan mediante tabiques de hormigón armado de 20 cm de espesor cumpliendo con los requisitos de protección contra el fuego según el riesgo de las sustancias almacenadas. Se tiene en cuenta hormigón de resistencia característica 21 MPa.

Al recibir cargas únicamente de la cubierta metálica, siendo esta una estructura liviana, se considera que se encuentra solicitado a su peso propio por lo que se adoptan armaduras correspondientes a las cuantías mínimas establecidas por reglamento.

$$\rho_v = 0,0025$$

$$\rho_h = 0,0025$$

Siendo ρ_v = cuantía mínima armadura vertical; ρ_h = cuantía mínima armadura horizontal. En ambos casos la separación máxima entre barras es de 20 cm. Entonces la armadura para los tabiques de 5,20 metros de largo (distancia entre ejes) es:

$$A_v = 520 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 0,0025 = 26 \text{ cm}^2$$

Corresponden 13 cm² en cada cara. Adoptando barras de 10 mm de diámetro se calcula el número de barras necesario por cada cara y la separación entre ellas. Una barra de 10 mm de diámetro posee una sección de 0,79 cm². Por lo tanto el número de barras se determina como:

$$N^\circ \text{ barras} = \frac{A_v}{A}$$

Donde A_v = sección de armadura necesaria; A = sección de barra adoptada. Entonces:

$$N^\circ \text{ barras} = \frac{13 \text{ cm}^2}{0,79 \text{ cm}^2} \cong 16 \text{ barras}$$

A continuación se determina la separación de las mismas como la relación entre el largo del tabique y el número de barras.

$$\text{Separación} = \frac{5,20 \text{ m}}{16 \text{ barras}} = 0,32 \text{ cm}$$

Al ser mayor a la separación máxima establecida por el reglamento se adopta 20 cm de separación. Con respecto a la armadura horizontal se tiene en cuenta un alto de tabique de 3,00 m para los tabiques del frente y 4,20 m para los tabiques del contra frente:

$$A_h = 520 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 0,0025 = 26 \text{ cm}^2$$

$$N^\circ \text{ barras por cara} = \frac{13 \text{ cm}^2}{0,79 \text{ cm}^2} \cong 16 \text{ barras}$$

$$\text{Separación} = \frac{3,00 \text{ m}}{16 \text{ barras}} \cong 0,18 \text{ m}$$

$$\text{Separación} = \frac{4,20 \text{ m}}{16 \text{ barras}} \cong 0,26 \text{ m}$$

Se adopta 1 \emptyset 10 c/20 cm en cada cara para armadura vertical en ambos casos y 1 \emptyset 10 c/18 cm para la armadura horizontal para los tabiques del frente y \emptyset 10 c/20 cm para el contra frente.

Con respecto a los tabiques de 6,20 metros de largo se obtiene:

$$A_v = 620 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 0,0025 = 31 \text{ cm}^2$$

$$N^\circ \text{ barras por cara} = \frac{15,5 \text{ cm}^2}{0,79 \text{ cm}^2} \cong 20 \text{ barras}$$

$$\text{Separación} = \frac{6,20 \text{ m}}{20 \text{ barras}} = 0,31 \text{ cm}$$

Al ser la separación mayor a la máxima establecida se toman 20 cm. La armadura horizontal, teniendo en cuenta una altura promedio de 3,60 m, es:

$$A_h = 620 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 0,0025 = 31 \text{ cm}^2$$

$$N^\circ \text{ barras por cara} = \frac{15,5 \text{ cm}^2}{0,79 \text{ cm}^2} \cong 20 \text{ barras}$$

$$\text{Separación} = \frac{3,60 \text{ m}}{20 \text{ barras}} = 0,18 \text{ m}$$

Se adopta 1 \emptyset 10 c/20 cm en cada cara para armadura vertical y 1 \emptyset 10 c/18 para la armadura horizontal.

En todos los casos se disponen adicionalmente ganchos de \emptyset 6 a razón de 4 ganchos por m² de tabique cuya función es mantener las barras longitudinales en posición y evitar que se abra la armadura en el momento de ser hormigonado.

6.5.10.4 Muros Mampostería

Dado el destino de la construcción, los depósitos de residuos peligrosos se encuentran clasificados dentro de las construcciones pertenecientes al grupo A_0 . Esto indica que el colapso total o parcial de los mismos podría producir efectos catastróficos por lo que deben mantenerse en funcionamiento luego de ocurrido un terremoto.

Por este motivo, el reglamento CIRSOC 103 – Parte III establece que solo pueden emplearse muros resistentes con mampostería encadenada armada o mampostería reforzada con armadura distribuida. Dadas estas condiciones se adopta Mampostería de Bloque Hueco Portante de Hormigón Encadenado Armado. Esto significa que las juntas horizontales llevan armadura horizontal. La Ciudad de Córdoba se encuentra en Zona Sísmica 1, de peligrosidad reducida, por lo que se deben disponer 2 barras de diámetro 4,2 mm c/60 cm y 3 estribos de diámetro 4,2 mm por metro.

Se realiza la verificación de la estructura de mampostería para el depósito de residuos sólidos. En la Figura 6.16 se presenta la disposición de muros del mismo.

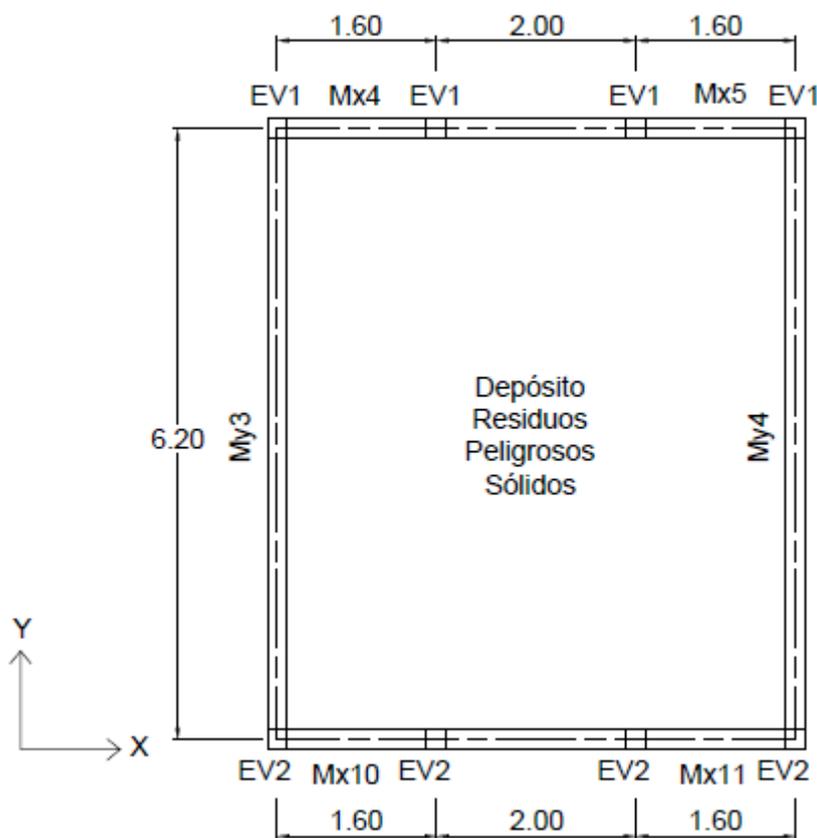


Figura 6.16. Disposición de muros depósito residuos peligrosos sólidos

Para la verificación se tiene en cuenta:

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

- Muros: mampostería encadenada armada de bloque hueco portante de hormigón.
- Tipo de mampuestos: Tipo I.
- Mortero: resistencia intermedia.

Determinada el tipo de mampostería y el mortero a implementar se obtiene:

- Resistencia básica a la compresión (σ'_{m0}): 2,5 MN/m².
- Resistencia básica al corte (τ_{m0}): 0,30 MN/m².

Los muros, para ser considerados resistentes a acciones laterales, deben cumplir ciertas condiciones establecidas por el reglamento. Estas consideraciones son, siendo todos los muros apoyados:

1. Espesor mínimo: 0,17 m.
2. Longitud mínima: 0,9 m.
3. Longitud máxima de panel: 7m.
4. Esbeltez máxima: 2,6 m.

Tabla 6.5. Condiciones Muro Resistente

Muro	Espesor [m]	Longitud [m]	Altura [m]	Esbeltez	Resistente
Mx4	0,20	1,60	3,20	2,0	SI
Mx5	0,20	1,60	3,20	2,0	SI
Mx10	0,20	1,60	3,20	2,0	SI
Mx11	0,20	1,60	3,20	2,0	SI
My3	0,20	6,20	3,20	0,5	SI
My4	0,20	6,20	3,20	0,5	SI

Luego se determina el esfuerzo de corte en la base de la construcción, para ello es necesario conocer la carga gravitatoria de la estructura y el coeficiente sísmico de diseño. Por lo tanto:

$$V_0 = C W$$

Donde V_0 = corte en la base de la construcción; C = coeficiente sísmico de diseño; W = carga gravitatoria total sobre el nivel de base de la construcción.

$$C = C_{nm} \gamma_d$$

Siendo C = coeficiente sísmico de diseño; C_{nm} = coeficiente sísmico normalizado para construcciones de mampostería, siendo 0,15 para zona sísmica 1 y mampostería de bloques huecos portantes; γ_d = factor de riesgo, 1,5 para construcciones de destino A_0 . La carga gravitatoria total es:

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

Tabla 6.6. Carga Gravitatoria Mampostería

Muro	Peso Propio Muros		Peso Cubierta (14 kg/m ²)	
	Peso Específico [Tn/m ³]	W [Tn]	Área influencia [m ²]	Q [Tn/m]
Mx4	1,7	1,74	4,105	0,04
Mx5	1,7	1,74	4,105	0,04
Mx10	1,7	1,74	4,105	0,04
Mx11	1,7	1,74	4,105	0,04
My3	1,7	6,75	0,00	0,00
My4	1,7	6,75	0,00	0,00

$$W = 20,68 \text{ Tn}$$

$$C = 0,15 \times 1,5 = 0,225$$

$$V_0 = 0,225 \times 20,68 \text{ Tn} = 4,68 \text{ Tn}$$

No se tienen en cuenta los efectos torsionales ya que no se considera que la cubierta metálica sea un diafragma rígido sino un diafragma muy deformable. Por este motivo la distribución de las sollicitaciones globales se realiza en función de zonas de influencia y no rigidez de muros. A continuación se presenta la distribución de sollicitaciones para sismo en dirección X e Y.

Tabla 6.7. Distribución Acciones Sísmicas

Muro	Direcc. X	Direcc. Y
	Vi [Tn]	Vi [Tn]
Mx4	1,16	0
Mx5	1,16	0
Mx10	1,16	0
Mx11	1,16	0
My3	0	2,3
My4	0	2,3

Previamente a realizar la verificación de muros se determina la armadura longitudinal y transversal de los encadenados. Los encadenados, tanto vertical como horizontal son de 20x20 cm.

La sección total de armadura longitudinal correspondiente a una columna de encadenado se establece mediante la siguiente expresión:

$$A_c = (1 + 0,25 * k) * V_p * \frac{H}{L} * \frac{1}{f_y}$$

Siendo A_c = sección de armadura longitudinal; k = cantidad de pisos ubicado sobre el analizado (0); V_p = esfuerzo de corte en el piso analizado; H = distancia entre ejes de vigas de encadenado superior e inferior del panel considerado; L = longitud del panel; f_y = tensión de fluencia del acero. Por lo tanto:

$$A_c = (1 + 0,25 * 0) * 2,3 Tn * \frac{3,20 m}{6,20 m} * \frac{1}{4,20 Tn/cm^2} = 0,28 cm^2$$

Esta armadura no puede ser menor, para zona sísmica 1, a:

$$A_c \text{ mín} = (0,35 + 0,18k) * t * \frac{1}{f_y}$$

Donde t = espesor de muro en cm.

$$A_c \text{ mín} = (0,35 + 0,18 * 0) * 20 cm * \frac{1}{4,20 Tn/cm^2} = 1,67 cm^2$$

Se adoptan 2 cm² correspondientes a 4 ø 8 mm. Con respecto a la armadura transversal, se adoptan estribos de ø 4,2 mm cada 20 cm en zonas normales y estribos de ø 8 mm cada 10 cm en zonas críticas siendo estas de longitud 60 cm.

La armadura longitudinal de vigas de encadenado se determina mediante la siguiente expresión:

$$A_c = \frac{V_p}{f_y}$$

Siendo A_c = sección de armadura longitudinal; V_p = esfuerzo de corte; f_y = tensión de fluencia del acero.

$$A_c = \frac{2,3 Tn}{4,20 Tn/cm^2} = 0,55 cm^2$$

La armadura mínima longitudinal para vigas de encadenado es:

$$A_c \text{ mín} = (0,35 + 0,18k) * t * \frac{1}{f_y}$$

$$A_c \text{ mín} = (0,35 + 0,18 * 0) * 20 cm * \frac{1}{4,20 Tn/cm^2} = 1,67 cm^2$$

Se adoptan 2 cm² correspondientes a 4 ø 8 mm. Con respecto a la armadura transversal, se adoptan estribos de ø 4,2 mm cada 20 cm en zonas normales y estribos de ø 6 mm cada 10 cm en zonas críticas siendo estas de longitud 60 cm.

Se realiza la verificación del muro My3 siendo uno de los más solicitados. Los estados de carga son:

1. 1,3 E_w ± E_s
2. 0,8 E_w ± E_s

Donde E_w = efectos provocados por cargas gravitatorias; E_s = efectos provocados por acciones sísmicas. Los efectos provocados por cargas gravitatorias sobre el muro se consideran nulos ya que la cubierta metálica apoya en los muros en dirección X.

1. Verificaciones de resistencia para solicitaciones contenidas en el plano:

- Verificación al corte (sección superior):

$$V_{UR} = (0,6 \tau_{m0} + 0,3 \sigma_0) B_M$$

$$V_{UR} \leq 1,5 \tau_{m0} B_M$$

Siendo τ_{m0} = resistencia básica al corte; σ_0 = tensión media de compresión generada por las cargas verticales considerando sólo el 85 % de la carga permanente; B_M = área bruta de la sección horizontal del muro.

$$V_{UR} = (0,6 \times 30 \text{ Tn/cm}^2 + 0,3 \times 0) \times 0,20 \text{ m} \times 6,20 \text{ m} = 22,32 \text{ Tn} > V_U$$

$$V_{UR} = 1,5 \times 30 \text{ Tn/cm}^2 \times 0,20 \text{ m} \times 6,20 \text{ m} = 55,8 \text{ Tn}$$

- Verificación a flexocompresión (en sección inferior):

El momento resistente último se determina mediante la siguiente expresión:

$$M_{UR}^0 = A_c f_y L$$

Siendo M_{UR}^0 = momento resistente a flexión simple; A_c = sección total de la armadura longitudinal de la columna de encadenado; L = distancia entre ejes de columna de encadenados de borde de muro resistente.

$$M_{UR}^0 = 2 \text{ cm}^2 \times 4,20 \text{ Tn/cm}^2 \times 6,20 \text{ m} = 52,08 \text{ Tnm} > M_U = 7,4 \text{ Tn}$$

De esta forma queda verificado el muro de mampostería.

Ver plano N° 09 - MAMPOSTERIA

6.5.10.5 Fundaciones

Para la selección del tipo de fundación se toma como referencia el estudio de suelo correspondiente al proyecto de las oficinas administrativas del radar meteorológico RMA1 ubicadas en la parte posterior del edificio de la SECyT próximo al emplazamiento de los depósitos de residuos peligrosos. Teniendo como referencia el nivel del terreno, el perfil de suelos se resume como sigue:

- Profundidad 0,0 a 0,4 m: Limó orgánico con presencia de raíces.
- Profundidad 0,4 a 3,0 m: Suelos limosos, color castaño claro, algo húmedo, de compacidad baja, de plasticidad baja y características colapsables por humedecimiento.
- Profundidad 3,0 a 6,0 m: Suelos limosos, castaño claro, de compacidad media baja y baja plasticidad.
- Profundidad 6,0 a 13,0 m: Suelos limo arenoso, con características similares al estrato anterior pero de mayor compacidad debido a la presencia de nódulos aislados.
- Profundidad de 13,0 a 14,45 m: Arena limosa de compacidad alta con gravilla aislada.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

Se opta por fundar a una profundidad de 13 metros mediante pilotes excavados y hormigonados in situ. Los parámetros de diseño son, según estudio de suelos:

Tabla 6.8. Parámetros de Diseño Fundaciones

Estrato	Profundidad o cota desde el cordón de vereda [m]	Resistencia friccional admisible [Kg/cm ²]	Tensión admisible de punta [Kg/cm ²]
Limos superiores	0 a 3,00	-	-
Limos intermedios	3,00 a 6,00	0,1	-
Limos intermedios con nódulos aislados	6,00 a 13,00	0,17	-
Arena limosa	13,00 a 14,35	0,17	5,0

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

1. Dimensionamiento de vigas en las que apoyan los nichos:

Se consideran vigas transversales a los depósitos con cargas distribuidas en 1,10 m en ambos extremos correspondiente al peso propio de los nichos y la sobrecarga de 300 litros de residuos considerando una densidad de 1 tn/m³. Estas cargas distribuidas están compuestas por:

- Carga permanente (D): 1,725 Tn/m. Considerando densidad hormigón armado 2,5 Tn/m³ y un área de influencia de 0,69 m².
- Sobrecarga (L): 0,55 Tn/m. Este valor se obtiene de considerar sobre cada viga la influencia de cuatro medios nichos.

En la Figura 6.17 se presenta el esquema de cálculo de las vigas en las que apoyan los nichos.

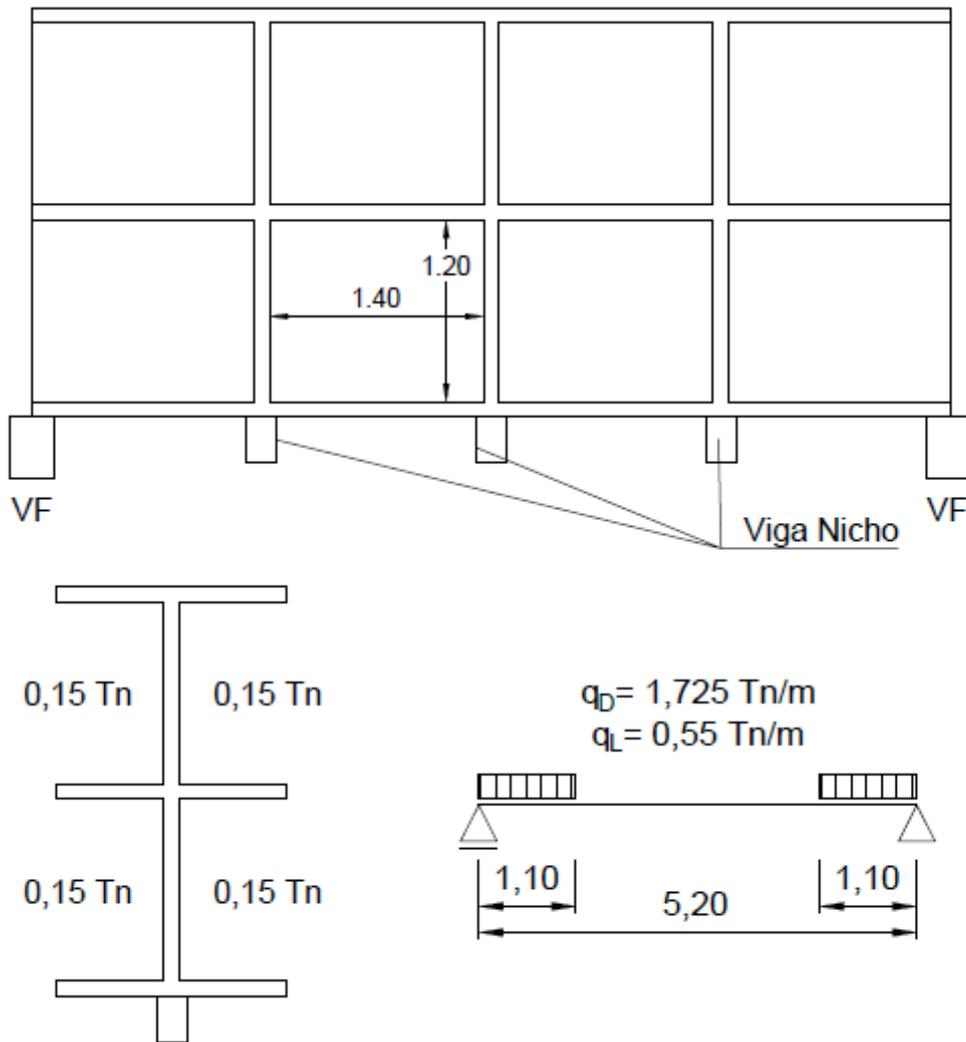


Figura 6.17. Esquema cálculo Viga Nicho

Para la determinación de la armadura de la viga, se supone simplemente apoyada para la determinación de la armadura inferior y empotrada para la determinación de la armadura superior. Se calculan los momentos flectores para cada estado de carga y se realizan las combinaciones de carga especificadas por el Reglamento CIRSOC 201:

$$R_u = 1,2D + 1,6L$$

$$R_u = 1,4D$$

Donde R_u = resistencia requerida (momento flector, esfuerzo de corte o esfuerzo axial);
D = carga permanente; L = sobrecarga. La fórmula que se emplea para determinar las dimensiones geométricas es:

$$d_w = \sqrt{\frac{M_u}{k_r b_w f'_c}}$$

Donde d_w = altura útil de la sección; M_u = momento flector requerido; k_r = momento resistente minorado y reducido; b_w = base de la viga; f'_c = resistencia característica a compresión simple del hormigón. Considerando un hormigón H-21 (21 MPa de resistencia característica a compresión simple), 20 centímetros de base de viga y valor de k_r de 0,135 correspondiente a una deformación del acero ϵ_s de 10 ‰.

Se obtiene una altura útil, se redondea y sumándole el recubrimiento (5 cm) queda definida la altura total de la viga. Luego se procede a calcular la armadura necesaria mediante las siguientes fórmulas:

$$k_r = \frac{M_u}{b_w d_w^2 f'_c}$$

Donde k_r = momento resistente minorado y reducido; M_u = momento flector requerido; b_w = base de la viga; d_w = altura útil de la sección; f'_c = resistencia característica a compresión simple del hormigón. Con este valor, se obtiene el brazo de palanca reducido k_z . Finalmente la armadura necesaria es:

$$A_s = \frac{M_u}{k_z d_w \phi f_s}$$

Siendo A_s = armadura necesaria para el momento solicitante; M_u = momento flector requerido; k_z = brazo de palanca reducido; d_w = altura útil de la sección; ϕ = coeficiente minorado de resistencia; f_s = tensión de fluencia del acero.

Con respecto a la armadura de corte, se calcula en primer lugar la contribución del hormigón como:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d_w$$

Donde V_c = resistencia al corte del hormigón; f'_c = resistencia característica a compresión simple del hormigón; b_w = base de la viga; d_w = altura útil de la sección. Luego:

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

Siendo V_s = corte resistido por armadura; V_u = corte requerido; ϕ = coeficiente minorado de resistencia (0,75); V_c = resistencia al corte del hormigón.

Finalmente, la armadura se determina como:

$$A_{est} = \frac{V_s s}{d_w f_y \phi}$$

Donde A_{est} = área necesaria de armadura transversal (estribos); V_s = corte resistido por armadura; s = separación entre estribos; d_w = altura útil de la sección; ϕ = coeficiente minorado de resistencia. En todos los casos la armadura de corte no puede ser menor a:

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

$$A_{\min} \geq \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_y} \geq 0,33 \frac{b_w s}{f_y}$$

Se denomina "A mín 1" y "A mín 2" a la primer y segunda condición respectivamente.

A continuación se presenta el cálculo de las vigas de nichos.

f_y	42000 Tn/m ²
f'_c	2100 Tn/m ²
r	0,05 m

						Mu		
Vínculo	Largo	V _D	V _L	M _D	M _L	1.2 D + 1.6 L	1.4 D	Base
S. Apoyado	5,20 m	2,07 Tn	0,66 Tn	1,24 Tnm	0,40 Tnm	2,13 Tnm	1,74 Tnm	0,20 m
Empotrado		2,07 Tn	0,66 Tn	1,05 Tnm	0,35 Tnm	1,82 Tnm	1,47 Tnm	0,20 m

Es	k_r	d_w	$d_{w\text{adoptado}}$	h_w	k_r	Es	k_z	ϕ	As nec.	As adop.	As
1%	0,135	0,19 m	0,20 m	0,25 m	0,127	1,1%	0,909	0,9	3,10 cm ²	3,39 cm ²	3 ϕ 12
1%	0,135	0,18 m	0,20 m	0,25 m	0,108	1,4%	0,925	0,9	2,60 cm ²	3,39 cm ²	3 ϕ 12

Vu											
1.2 D + 1.6 L	1.4 D	ϕV_c	ϕV_s	Separación	Ramas	A est.	A mín1	A mín2	A est. Adop.	A est.	
3,54 Tn	2,90 Tn	2,66 Tn	0,89 Tn	0,15 m	2	0,08 cm ²	0,24 cm ²	0,20 cm ²	0,28 cm ²	1 ϕ 6 c/20	

Estas vigas son las denominadas VF 5, VF 6, VF7, VF8, VF9, VF10, VF 22, VF 23, VF 24, VF 25, VF 26, VF 27.

2. Dimensionamiento vigas de fundación:

Estas vigas se dimensionan a flexión teniendo en cuenta el peso de muros y tabiques de hormigón según corresponda el caso. Para el análisis de carga se considera para las cargas permanentes:

- Peso unitario mampostería bloque de hormigón: 1,7 Tn/m³.
- Peso unitario hormigón armado: 2,5 Tn/m³.

Por lo tanto para el análisis de carga se considera:

- 1,02 Tn/m para muros de mampostería de 20 cm de espesor y 3 m de alto.
- 1,43 Tn/m para muros de mampostería de 20 cm de espesor y 4,20 m de alto.
- 1,22 Tn/m para muros de mampostería de 20 cm de espesor y 3,60 m (en promedio) de alto.
- 1,50 Tn/m para tabiques de hormigón de 20 cm de espesor y 3,00 m de alto.
- 2,10 Tn/m para tabiques de hormigón de 20 cm de espesor y 4,20 m de alto.
- 1,80 Tn/m para tabiques de hormigón de 20 cm de espesor y 3,60 m (en promedio) de alto.
- 0,30 Tn para encadenados verticales de 3,00 m de alto, denominados EV1.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

- 0,42 Tn para encadenados verticales de 4,20 m de alto, denominados EV2.
- 0,10 Tn/m para encadenados horizontales.
- 0,31 Tn/m² para la losa de viguetas prefabricadas, con un área de influencia de 16,12 m² considerando que actúa en una única dirección
- 0,015 Tn/m² para la cubierta metálica liviana, con un área de influencia de 16,42 m² considerando un ángulo de inclinación de 11°.

Con respecto al peso propio de los residuos almacenados, son considerados en el cálculo de las vigas de nicho. Las sobrecargas de cubierta son las mismas que se adoptaron para el cálculo de la cubierta plana y metálica respectivamente. A continuación se presenta el análisis de carga de cada viga de fundación.

Viga	Largo	D	EV1		EV2		L
			Peso	Dist. Nudo Izq.	Peso	Dist. Nudo Izq.	
VF1	5,20 m	1,12 Tn/m	0,30 Tn	4,00 m	0,00 Tn	0,00 m	0,00 Tn/m
VF2	5,20 m	1,17 Tn/m	0,30 Tn	1,60 m	0,30 Tn	3,60 m	0,30 Tn/m
VF3	5,20 m	1,17 Tn/m	0,30 Tn	1,60 m	0,30 Tn	3,60 m	0,30 Tn/m
VF4	5,20 m	1,17 Tn/m	0,30 Tn	1,60 m	0,30 Tn	3,60 m	0,30 Tn/m
VF11	5,20 m	1,12 Tn/m	0,00 Tn	0,00 m	0,00 Tn	0,00 m	0,00 Tn/m
VF12	5,20 m	1,58 Tn/m	0,42 Tn	1,60 m	0,42 Tn	3,60 m	0,30 Tn/m
VF13	5,20 m	1,58 Tn/m	0,42 Tn	1,60 m	0,42 Tn	3,60 m	0,30 Tn/m
VF14	5,20 m	1,58 Tn/m	0,42 Tn	1,60 m	0,42 Tn	3,60 m	0,30 Tn/m

Viga	Largo	D	Viga Nicho		L
			D	L	
VF15	6,20 m	1,93 Tn/m	0,000 Tn	0,000 Tn	0,26 Tn/m
VF16	6,20 m	2,13 Tn/m	0,000 Tn	0,000 Tn	0,26 Tn/m
VF17 a	6,20 m	1,32 Tn/m	2,395 Tn	0,660 Tn	0,00 Tn/m
VF17 b	3,10 m	1,32 Tn/m	2,395 Tn	0,660 Tn	0,00 Tn/m
VF18 a	3,10 m	1,32 Tn/m	4,790 Tn	1,320 Tn	0,00 Tn/m
VF18 b	3,10 m	1,32 Tn/m	4,790 Tn	1,320 Tn	0,00 Tn/m
VF19 a	3,10 m	1,32 Tn/m	2,395 Tn	0,660 Tn	0,00 Tn/m
VF19 b	3,10 m	1,32 Tn/m	2,395 Tn	0,660 Tn	0,00 Tn/m

Viga	Largo	D	L
VF 20	5,20 m	1,55 Tn/m	0,30 Tn/m
VF 21	5,20 m	1,55 Tn/m	0,30 Tn/m
VF 28	5,20 m	2,15 Tn/m	0,30 Tn/m
VF 29	5,20 m	2,15 Tn/m	0,30 Tn/m

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

Viga	Largo	D	VN	
			D	L
VF 30 a	3,10 m	1,80 Tn/m	2,395 Tn	0,66Tn
VF 30 b	3,10 m	1,80 Tn/m	2,395 Tn	0,66 Tn
VF 31 a	3,10 m	1,80 Tn/m	4,790 Tn	1,32Tn
VF 31 b	3,10 m	1,80 Tn/m	4,790 Tn	1,32Tn
VF 32 a	3,10 m	1,80 Tn/m	2,395 Tn	0,66Tn
VF 32 b	3,10 m	1,80 Tn/m	2,395 Tn	0,66Tn

Luego de realizar el análisis de carga, se procede a determinar las solicitaciones requeridas para el posterior cálculo de armaduras. El procedimiento es igual al empleado para el cálculo de las vigas de nicho suponiendo nuevamente condiciones de vínculo de viga simplemente apoyada y empotrada para determinar la armadura inferior y superior respectivamente. A continuación se presenta el cálculo de las mismas:

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

fy	42000 Tn/m ²
f'c	2100 Tn/m ²
r	0,05 m

Viga	Largo [m]	D		L		M _D [Tnm]	M _L [Tnm]	1.2 M _D + 1.6 M _L [Tnm]	1.4 M _d [Tnm]	Base [m]	Es	kr	dw [m]	dwadop. [m]	hw [m]
		R Izq [Tn]	R Der [Tn]	R Izq [Tn]	R Der [Tn]										
VF1	5,20	3,27	3,43	0,00	0,00	3,96	0,00	4,75	5,54	0,25	0,01	0,14	0,28	0,35	0,40
VF2	5,20	3,78	3,78	0,49	0,49	4,62	0,64	6,57	6,47	0,25	0,01	0,14	0,30	0,35	0,40
VF3	5,20	3,78	3,78	0,49	0,49	4,62	0,64	6,57	6,47	0,25	0,01	0,14	0,30	0,35	0,40
VF4	5,20	3,78	3,78	0,49	0,49	4,62	0,64	6,57	6,47	0,25	0,01	0,14	0,30	0,35	0,40
VF11	5,20	3,20	3,31	0,00	0,00	3,79	0,00	4,55	5,31	0,30	0,01	0,14	0,25	0,40	0,45
VF12	5,20	5,04	5,04	0,49	0,49	6,15	0,64	8,40	8,61	0,30	0,01	0,14	0,32	0,40	0,45
VF13	5,20	5,04	5,04	0,49	0,49	6,15	0,64	8,40	8,61	0,30	0,01	0,14	0,32	0,40	0,45
VF14	5,20	5,04	5,04	0,49	0,49	6,15	0,64	8,40	8,61	0,30	0,01	0,14	0,32	0,40	0,45

Viga	kr	Es	Kz	φ	As nec [cm ²]	As adop. [cm ²]		Vu [Tn]	Vc [Tn]	φ Vs [Tn]	S [m]	Aest[cm ²]	A mín 1 [cm ²]	A mín 2 [cm ²]	A est. Adop. [cm ²]	
VF1	0,09	0,02	0,94	0,90	4,45	6,03	3 φ 16	4,80	6,68	-0,22	0,20	-0,02	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
VF2	0,10	0,02	0,93	0,90	5,34	6,03	3 φ 16	5,32	6,68	0,31	0,20	0,03	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
VF3	0,10	0,02	0,93	0,90	5,34	6,03	3 φ 16	5,32	6,68	0,31	0,20	0,03	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
VF4	0,10	0,02	0,93	0,90	5,34	6,03	3 φ 16	5,32	6,68	0,31	0,20	0,03	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
VF11	0,05	0,03	0,96	0,90	3,64	6,03	3 φ 16	4,64	9,17	-2,24	0,20	-0,18	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20
VF12	0,09	0,02	0,94	0,90	6,04	6,03	3 φ 16	7,05	9,17	0,18	0,20	0,01	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20
VF13	0,09	0,02	0,94	0,90	6,04	6,03	3 φ 16	7,05	9,17	0,18	0,20	0,01	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20
VF14	0,09	0,02	0,94	0,90	6,04	6,03	3 φ 16	7,05	9,17	0,18	0,20	0,01	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20

Viga	Largo [m]	D		L		M_D [Tnm]	M_L [Tnm]	$1.2 M_D + 1.6 M_L$ [Tnm]	$1.4 M_d$ [Tnm]	Base [m]	dw [m]	hw [m]
		R Izq [Tn]	R Der [Tn]	R Izq [Tn]	R Der [Tn]							
VF1	5,20	3,27	3,43	0,00	0,00	2,73	0,00	3,28	3,82	0,25	0,35	0,40
VF2	5,20	3,78	3,78	0,49	0,49	3,09	0,43	4,40	4,33	0,25	0,35	0,40
VF3	5,20	3,78	3,78	0,49	0,49	3,09	0,43	4,40	4,33	0,25	0,35	0,40
VF4	5,20	3,78	3,78	0,49	0,49	3,09	0,43	4,40	4,33	0,25	0,35	0,40
VF11	5,20	3,20	3,31	0,00	0,00	2,53	0,00	3,04	3,54	0,25	0,40	0,45
VF12	5,20	5,04	5,04	0,49	0,49	4,12	0,43	5,63	5,77	0,25	0,40	0,45
VF13	5,20	5,04	5,04	0,49	0,49	4,12	0,43	5,63	5,77	0,25	0,40	0,45
VF14	5,20	5,04	5,04	0,49	0,49	4,12	0,43	5,63	5,77	0,25	0,40	0,45

EMPOTRADO

Viga	kr	Es	Kz	φ	As nec [cm ²]	As adop. [cm ²]	
VF1	0,06	0,03	0,96	0,90	3,01	4,02	2 φ 16
VF2	0,07	0,03	0,95	0,90	3,48	4,02	2 φ 16
VF3	0,07	0,03	0,95	0,90	3,48	4,02	2 φ 16
VF4	0,07	0,03	0,95	0,90	3,48	4,02	2 φ 16
VF11	0,04	0,04	0,97	0,90	2,42	4,02	2 φ 16
VF12	0,07	0,03	0,95	0,90	4,00	4,02	2 φ 16
VF13	0,07	0,03	0,95	0,90	4,00	4,02	2 φ 16
VF14	0,07	0,03	0,95	0,90	4,00	4,02	2 φ 16

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

fy	42000 Tn/m ²
f _c	2100 Tn/m ²
r	0,05 m

Viga	Largo [m]	D		L		M _D [Tnm]	M _L [Tnm]	1.2 M _D + 1.6 M _L [Tnm]	1.4 M _d [Tnm]	Base [m]	Es	kr	dw [m]	dwadop. [m]	hw [m]
		R Izq [Tn]	R Der [Tn]	R Izq [Tn]	R Der [Tn]										
V15	6,20	5,95	5,95	0,81	0,81	9,23	1,25	13,08	12,92	0,30	0,01	0,14	0,39	0,40	0,45
V16	6,20	6,60	6,60	0,81	0,81	10,23	1,25	14,28	14,32	0,30	0,01	0,14	0,41	0,40	0,45
V17 A	3,10	3,21	3,28	0,32	0,34	3,40	0,50	4,88	4,76	0,25	0,01	0,14	0,26	0,25	0,30
V17 B	3,10	3,28	3,21	0,34	0,32	3,40	0,50	4,88	4,76	0,25	0,01	0,14	0,26	0,25	0,30
V18 A	3,10	4,36	4,52	0,62	0,68	5,22	1,00	7,86	7,31	0,25	0,01	0,14	0,33	0,35	0,40
V18 B	3,10	4,52	4,36	0,68	0,62	5,22	1,00	7,86	7,31	0,25	0,01	0,14	0,33	0,35	0,40
V19 A	3,10	3,21	3,28	0,32	0,34	3,40	0,50	4,88	4,76	0,25	0,01	0,14	0,26	0,25	0,30
V19 B	3,10	3,28	3,21	0,34	0,32	3,40	0,50	4,88	4,76	0,25	0,01	0,14	0,26	0,25	0,30

ARTICULADO

Viga	kr	Es	Kz	φ	As nec [cm ²]	As adop. [cm ²]		Vu [Tn]	Vc [Tn]	φ Vs [Tn]	S [m]	Aest[cm ²]	A mín 1 [cm ²]	A mín 2 [cm ²]	A est. adop. [cm ²]	
V15	0,13	0,01	0,91	0,90	9,51	9,82	2 φ 25	8,44	9,17	1,56	0,20	0,12	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20
V16	0,14	0,01	0,90	0,90	10,50	10,61	2 φ 25 + 1 φ 10	9,24	9,17	2,37	0,20	0,19	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20
V17 A	0,15	0,01	0,89	0,90	5,78	6,03	3 φ 16	4,59	4,77	1,01	0,20	0,13	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V17 B	0,15	0,01	0,89	0,90	5,78	6,03	3 φ 16	4,59	4,77	1,01	0,20	0,13	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V18 A	0,12	0,01	0,92	0,90	6,50	7,07	2 φ 20 + 1 φ 10	6,51	6,68	1,50	0,20	0,14	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V18 B	0,12	0,01	0,92	0,90	6,50	7,07	2 φ 20 + 1 φ 10	6,51	6,68	1,50	0,20	0,14	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V19 A	0,15	0,01	0,89	0,90	5,78	6,03	3 φ 16	4,59	4,77	1,01	0,20	0,13	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V19 B	0,15	0,01	0,89	0,90	5,78	6,03	3 φ 16	4,59	4,77	1,01	0,20	0,13	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

Viga	Largo [m]	D		L		M_D [Tnm]	M_L [Tnm]	$1.2 M_D + 1.6 M_L$ [Tnm]	$1.4 M_d$ [Tnm]	Base [m]	dw [m]	hw [m]
		R Izq [Tn]	R Der [Tn]	R Izq [Tn]	R Der [Tn]							
V15	6,20	5,95	5,95	0,81	0,81	6,15	0,83	8,71	8,61	0,30	0,40	0,45
V16	6,20	6,60	6,60	0,81	0,81	6,82	0,83	9,51	9,55	0,30	0,40	0,45
V17 A	3,10	3,21	3,28	0,32	0,34	2,01	0,26	2,83	2,81	0,25	0,25	0,30
V17 B	3,10	3,28	3,21	0,34	0,32	2,01	0,26	2,83	2,81	0,25	0,25	0,30
V18 A	3,10	4,36	4,52	0,62	0,68	2,97	0,53	4,41	4,16	0,25	0,35	0,40
V18 B	3,10	4,52	4,36	0,68	0,62	2,97	0,53	4,41	4,16	0,25	0,35	0,40
V19 A	3,10	3,21	3,28	0,32	0,34	2,01	0,26	2,83	2,81	0,25	0,25	0,30
V19 B	3,10	3,28	3,21	0,34	0,32	2,01	0,26	2,83	2,81	0,25	0,25	0,30

EMPOTRADO

Viga	kr	Es	Kz	ϕ	As nec [cm ²]	As adop. [cm ²]	
V15	0,09	0,02	0,94	0,90	6,11	7,07	2 ϕ 20+ 1 ϕ 10
V16	0,09	0,02	0,94	0,90	6,74	7,07	2 ϕ 20+ 1 ϕ 10
V17 A	0,09	0,02	0,94	0,90	3,18	3,39	3 ϕ 12
V17 B	0,09	0,02	0,94	0,90	3,18	3,39	3 ϕ 12
V18 A	0,07	0,03	0,95	0,90	3,49	4,02	2 ϕ 16
V18 B	0,07	0,03	0,95	0,90	3,49	4,02	2 ϕ 16
V19 A	0,09	0,02	0,94	0,90	3,18	3,39	3 ϕ 12
V19 B	0,09	0,02	0,94	0,90	3,18	3,39	3 ϕ 12

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

fy	42000 Tn/m ²
f'c	2100 Tn/m ²
r	0,05 m

ARTICULADO	Viga	Largo [m]	D		L		M _D [Tnm]	M _L [Tnm]	1.2 M _D + 1.6 M _L [Tnm]	1.4 M _d [Tnm]	Base [m]	Es	kr	dw [m]	dwadop. [m]	hw [m]
			R Izq [Tn]	R Der [Tn]	R Izq [Tn]	R Der [Tn]										
	VF20	5,20	4,19	4,19	0,49	0,49	5,44	0,64	7,55	7,62	0,30	0,01	0,14	0,30	0,35	0,40
	VF21	5,20	4,19	4,19	0,49	0,49	5,44	0,64	7,55	7,62	0,30	0,01	0,14	0,30	0,35	0,40
	VF28	5,20	5,75	5,75	0,49	0,49	7,47	0,64	9,99	10,46	0,30	0,01	0,14	0,35	0,40	0,45
	VF29	5,20	5,75	5,75	0,49	0,49	7,47	0,64	9,99	10,46	0,30	0,01	0,14	0,35	0,40	0,45

Viga	kr	Es	Kz	φ	As nec [cm ²]	As adop. [cm ²]		Vu [Tn]	Vc [Tn]	φ Vs [Tn]	S [m]	Aest[cm ²]	A mín 1 [cm ²]	A mín 2 [cm ²]	A est. adop. [cm ²]	
VF20	0,10	0,02	0,93	0,90	6,17	7,07	2 φ 20 + 1 φ 10	5,87	8,02	-0,15	0,20	-0,01	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20
VF21	0,10	0,02	0,93	0,90	6,17	7,07	2 φ 20 + 1 φ 10	5,87	8,02	-0,15	0,20	-0,01	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20
VF28	0,10	0,02	0,93	0,90	7,44	8,29	2 φ 20 + 1 φ 16	8,05	9,17	1,18	0,20	0,09	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20
VF29	0,10	0,02	0,93	0,90	7,44	8,29	2 φ 20 + 1 φ 16	8,05	9,17	1,18	0,20	0,09	0,24	0,20	0,28	1 φ 6 c/20

EMPOTRADO	Viga	Largo [m]	D		L		M _D [Tnm]	M _L [Tnm]	1.2 M _D + 1.6 M _L [Tnm]	1.4 M _d [Tnm]	Base [m]	dw [m]	hw [m]
			R Izq [Tn]	R Der [Tn]	R Izq [Tn]	R Der [Tn]							
	VF20	5,20	4,19	4,19	0,49	0,49	3,63	0,43	5,04	5,08	0,30	0,35	0,40
	VF21	5,20	4,19	4,19	0,49	0,49	3,63	0,43	5,04	5,08	0,30	0,35	0,40
	VF28	5,20	5,75	5,75	0,49	0,49	4,98	0,43	6,66	6,97	0,30	0,40	0,45
	VF29	5,20	5,75	5,75	0,49	0,49	4,98	0,43	6,66	6,97	0,30	0,40	0,45

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

Viga	kr	Es	Kz	φ	As nec [cm ²]	As adop. [cm ²]	
VF20	0,07	0,03	0,96	0,90	4,02	5,15	2 φ 16 + 1 φ 12
VF21	0,07	0,03	0,96	0,90	4,02	5,15	2 φ 16 + 1 φ 12
VF28	0,07	0,02	0,95	0,90	4,84	5,15	2 φ 16 + 1 φ 12
VF29	0,07	0,02	0,95	0,90	4,84	5,15	2 φ 16 + 1 φ 12

fy	42000 Tn/m ²
fc	2100 Tn/m ²
r	0,05 m

Viga	Largo [m]	D		L		M _D [Tnm]	M _L [Tnm]	1.2 M _D + 1.6 M _L [Tnm]	1.4 M _d [Tnm]	Base [m]	Es	kr	dw [m]	dwadop. [m]	hw [m]
		R Izq [Tn]	R Der [Tn]	R Izq [Tn]	R Der [Tn]										
V30 A	3,10	3,95	4,03	0,32	0,34	3,98	0,50	5,58	5,57	0,25	0,01	0,14	0,28	0,30	0,35
V30 B	3,10	4,03	3,95	0,34	0,32	3,98	0,50	5,58	5,57	0,25	0,01	0,14	0,28	0,30	0,35
V31 A	3,10	5,11	5,26	0,64	0,68	5,80	1,00	8,56	8,12	0,25	0,01	0,14	0,35	0,35	0,40
V31 B	3,10	5,26	5,11	0,68	0,64	5,80	1,00	8,56	8,12	0,25	0,01	0,14	0,35	0,35	0,40
V32 A	3,10	3,95	4,03	0,32	0,34	3,98	0,50	5,58	5,57	0,25	0,01	0,14	0,28	0,30	0,35
V32 B	3,10	4,03	3,95	0,34	0,32	3,98	0,50	5,58	5,57	0,25	0,01	0,14	0,28	0,30	0,35

Viga	kr	Es	Kz	φ	As nec [cm ²]	As adop. [cm ²]		Vu [Tn]	Vc [Tn]	φ Vs [Tn]	S [m]	Aest[cm ²]	A mín 1 [cm ²]	A mín 2 [cm ²]	A est. adop. [cm ²]	
V30 A	0,12	0,01	0,92	0,90	5,34	6,03	3 φ 16	5,64	5,73	1,35	0,20	0,14	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V30 B	0,12	0,01	0,92	0,90	5,34	6,03	3 φ 16	5,64	5,73	1,35	0,20	0,14	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V31 A	0,13	0,01	0,91	0,90	7,12	7,41	2 φ 20 + 1 φ 12	7,40	6,68	2,39	0,20	0,22	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V31 B	0,13	0,01	0,91	0,90	7,12	7,41	2 φ 20 + 1 φ 12	7,40	6,68	2,39	0,20	0,22	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V32 A	0,12	0,01	0,92	0,90	5,34	6,03	3 φ 16	5,64	5,73	1,35	0,20	0,14	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20
V32 B	0,12	0,01	0,92	0,90	5,34	6,03	3 φ 16	5,64	5,73	1,35	0,20	0,14	0,20	0,17	0,28	1 φ 6 c/20

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

Viga	Largo [m]	D		L		M_D [Tnm]	M_L [Tnm]	$1.2 M_D + 1.6 M_L$ [Tnm]	$1.4 M_d$ [Tnm]	Base [m]	dw [m]	hw [m]
		R Izq [Tn]	R Der [Tn]	R Izq [Tn]	R Der [Tn]							
V30 A	3,10	3,95	4,03	0,32	0,34	2,40	0,26	3,30	3,36	0,25	0,30	0,35
V30 B	3,10	4,03	3,95	0,34	0,32	2,40	0,26	3,30	3,36	0,25	0,30	0,35
V31 A	3,10	5,11	5,26	0,64	0,68	3,36	0,53	4,88	4,70	0,25	0,35	0,40
V31 B	3,10	5,26	5,11	0,68	0,64	3,36	0,53	4,88	4,70	0,25	0,35	0,40
V32 A	3,10	3,95	4,03	0,32	0,34	2,40	0,26	3,30	3,36	0,25	0,30	0,35
V32 B	3,10	4,03	3,95	0,34	0,32	2,40	0,26	3,30	3,36	0,25	0,30	0,35

EMPOTRADO

Viga	kr	Es	Kz	ϕ	As nec [cm ²]	As adop. [cm ²]
V30 A	0,07	0,02	0,95	0,90	3,11	3,39 3 ϕ 12
V30 B	0,07	0,02	0,95	0,90	3,11	3,39 3 ϕ 12
V31 A	0,08	0,02	0,95	0,90	3,89	4,02 2 ϕ 16
V31 B	0,08	0,02	0,95	0,90	3,89	4,02 2 ϕ 16
V32 A	0,07	0,02	0,95	0,90	3,11	3,39 3 ϕ 12
V32 B	0,07	0,02	0,95	0,90	3,11	3,39 3 ϕ 12

3. Dimensionamiento de pilotes:

Una vez determinada las secciones de las vigas de fundación, se calculan los pilotes teniendo en cuenta las reacciones de las vigas de fundación para la determinación de las solicitaciones de los mismos. A continuación se presenta el análisis de carga.

Pilote	D [Tn]	L [Tn]	1,2 D + 1,6 L [Tn]	1,4 D [Tn]
P1	10,95	0,81	14,44	15,34
P2	16,11	1,30	21,41	22,55
P3	12,48	1,31	17,07	17,47
P4	13,73	1,61	19,05	19,22
P5	8,14	0,81	11,06	11,39
P6	9,54	1,34	13,59	13,35
P7	14,61	2,68	21,81	20,45
P8	9,54	1,34	13,59	13,35
P9	11,05	0,81	14,55	15,47
P10	21,69	1,30	28,11	30,37
P11	15,44	1,30	20,61	21,62
P12	16,69	1,60	22,59	23,36
P13	9,67	0,81	12,90	13,54
P14	9,16	0,81	12,29	12,83
P15	17,00	1,62	22,99	23,79
P16	9,16	0,81	12,29	12,83
P17	11,13	1,34	15,50	15,59
P18	16,09	2,68	23,59	22,52
P19	11,13	1,34	15,50	15,59
P20	10,82	0,81	14,28	15,15
P21	18,56	1,62	24,86	25,98
P22	10,82	0,81	14,28	15,15

Considerando los parámetros de diseño mencionados en el comienzo de este apartado, se calcula la resistencia de un pilote de 0,50 m de diámetro. Para ello se tiene en cuenta la capacidad friccional, capacidad de punta y peso propio del pilote.

$$Resistencia\ total = Cap.\ friccional + Cap.\ punta - Peso\ pilote$$

La capacidad friccional se determina como:

$$Cap.\ Friccional = P \sum (Z_i \sigma_{fi})$$

Siendo P = perímetro de pilote; Z_i = profundidad del estrato i; σ_{fi} = resistencia friccional admisible del estrato i.

La capacidad de punta se calcula como:

$$Cap.\ Punta = A \sigma_p$$

Donde A = área del pilote; σ_p = tensión admisible de punta.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

Estrato	Profundidad	Z [m]	σ_{adm} fricción [Tn/m ²]	σ_{adm} punta [Tn/m ²]
Limos Superiores	0	3	0	0
	1			
	2			
	3			
Limos Intermedios	4	3	1	0
	5			
	6			
Limos Intermedios con Nódulos Aislados	7	7	1,7	0
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
Arena Limosa	14	1	1,7	50

Recordando que la cota de fundación es -13 m, para un pilote de 0,50 m de diámetro se obtiene:

$$Cap. Friccional = \pi \times 0,50 \text{ m} \times \left(3 \text{ m} \times 0 \text{ Tn/m}^2 + 3 \text{ m} \times 1 \text{ Tn/m}^2 + 7 \text{ m} \times 1,7 \text{ Tn/m}^2 \right)$$

$$= 23,40 \text{ Tn}$$

$$Cap. Punta = \frac{\pi(0,50\text{m})^2}{4} \times 50 \text{ Tn/m}^2 = 9,82 \text{ Tn}$$

$$Resistencia total = 23,40 \text{ Tn} + 9,82 \text{ Tn} - \frac{\pi(0,50\text{m})^2}{4} \times 13 \text{ m} \times 2,5 \text{ Tn/m}^3 = 26,84 \text{ Tn}$$

Se adopta para todos los pilotes este diámetro, y para el caso del pilote P10 se propone un ensanche en la punta de 0,60 m de diámetro, por lo que:

$$Resistencia total = 23,40 \text{ Tn} + \frac{\pi(0,60\text{m})^2}{4} \times 50 \text{ Tn/m}^2 - \frac{\pi(0,50\text{m})^2}{4} \times 13 \text{ m} \times 2,5 \text{ Tn/m}^3$$

$$= 31,16 \text{ Tn}$$

Finalmente se calcula la armadura longitudinal y transversal de los pilotes. Para ello se tiene en cuenta una cuantía mínima de 1 % según lo establecido por el reglamento CIRSOC. La armadura longitudinal necesaria se calcula como el caso de una columna zunchada:

$$A_{st} = \frac{P / 0,85 \phi - 0,85 f'_c A_g}{f_y - 0,85 f'_c}$$

Donde A_{st} = área total de armadura; P = carga de pilote; ϕ = coeficiente de reducción (0,70); f'_c = resistencia característica a compresión simple del hormigón; A_g = área total o bruta de la sección de hormigón; f_y = tensión de fluencia del acero. En el caso que la

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

armadura necesaria calculada sea menor a la mínima, se adopta la misma. A continuación se presentan las armaduras longitudinales.

f_c	1700 Tn/m ²
f_y	42000 Tn/m ²
Cuantía mínima	0,01
Recubrimiento	0,05 m

Pilote	Carga [Tn]	Diámetro [m]	Ag [m ²]	Ast [m ²]	Astmín [cm ²]	N° barras	φ [mm]
P1	15,34	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P2	22,55	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P3	17,47	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P4	19,22	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P5	11,39	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P6	13,35	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P7	20,45	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P8	13,35	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P9	15,47	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P10	24,77	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P11	21,62	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P12	23,36	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P13	13,54	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P14	12,83	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P15	23,79	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P16	12,83	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P17	15,59	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P18	22,52	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P19	15,59	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P20	15,15	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P21	25,98	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16
P22	15,15	0,50	0,20	-0,01	19,63	10	16

Con respecto a la armadura transversal se adopta armadura en espiral de diámetro 8 mm con un paso de 20 cm, densificando en el primer metro de profundidad y en los cambios de estrato con un paso de 10 cm en una longitud de 1 m.

Para una adecuada transmisión de cargas y anclaje de armadura entre pilotes y vigas de fundación se disponen cabezales de hormigón armado de 0,80 m de lado y 0,80 m de alto.

Ver plano N° 10 – PLANTA FUNDACIONES y plano N° 11 – DETALLE PILOTES.

CAPÍTULO 7: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

Para finalizar con el proyecto se realiza un cómputo de materiales y presupuesto para obtener una referencia del valor de los depósitos de residuos peligrosos con los requisitos constructivos necesarios para el almacenamiento.

7.1 CÓMPUTO

Para realizar el cómputo de materiales se definen distintos ítems con teniendo en cuenta diferentes unidades como puede ser, global, superficie, volumen, peso o unidad. Las cantidades de cada ítem se determinan realizando mediciones en los planos confeccionados. A continuación se presentan los ítems considerados.

7.1.1 Tareas Preliminares

Consiste en aquellas actividades que se realizan antes de comenzar con las tareas propias de la construcción. Dentro de las tareas preliminares encontramos la limpieza del terreno, el replanteo de la obra y el obrador. En este caso se consideran unidades del tipo global.

7.1.2 Excavaciones

Dentro de las excavaciones se diferencian las excavaciones de pilotes, cabezales, vigas de fundación y los locales donde se disponen los tanques enterrados. Para los pilotes se tiene en cuenta los metros de excavación de diámetro 0,50 m, y para el resto de las tareas el volumen de suelo a extraer. Por lo tanto:

2	Excavaciones	
2.1	Pilotes 0.50 m diámetro	286,00 ml
2.2	Cabezales	11,26 m3
2.3	Vigas Fundación	24,23 m3
2.4	Cisterna Derrame	90,96 m3

7.1.3 Estructura Hormigón

Se consideran todas las estructuras en el rubro de hormigón, dentro de los cuales se encuentran pilotes, cabezales, vigas de fundación, encadenados de mampostería, tabiques de 20 cm de espesor de depósitos de residuos explosivos e inflamables y residuos del tipo Y14, tabique de nichos de almacenamiento, tabique de local de almacenamiento de tanques enterrados y la losa de viguetas prefabricadas. Con respecto a los encadenados verticales se diferencian los que se encuentran en el frente (V1) y en el contra frente (V2) ya que tienen distintas alturas.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

Hormigón			
Ítem	Unidad	Cantidad	Total
Pilote 0,50 m diámetro	2,55 m3	22	56,16 m3
Cabezal	0,51 m3	22	11,26 m3
Viga F. 20x25	0,05 m3/ml	62,40 ml	3,12 m3
Viga F. 25x30	0,08 m3/ml	12,40 ml	0,93 m3
Viga F. 25x35	0,09 m3/ml	12,40 ml	1,09 m3
Viga F. 25x40	0,10 m3/ml	33,20 ml	3,32 m3
Viga F. 30x40	0,12 m3/ml	10,40 ml	1,25 m3
Viga F. 30x45	0,14 m3/ml	43,60 ml	5,89 m3
Encadenado V1 0,20x0,20	3,20 ml	13	41,60 ml
Encadenado V2 0,20x0,20	4,40 ml	10	44,00 ml
Encadenado Horizontal 0,20x0,20	73,80 ml	1	73,80 ml
Tabiques 0.20	0,76 m3/ml	39,40 ml	29,94 m3
Tabique Nicho	2,52 m3/nicho	8	20,16 m3
Tabique Local Tanques Enterrados	3,06 m3	3	9,17 m3
Losa Viguetas	33,92 m2	1	33,92 m2

Para el presupuesto se agrupan las vigas de fundación y encadenados:

3	Estructura Hormigón	
3.1	Pilote 0,50 m diámetro	56,16 m3
3.2	Cabezal	11,26 m3
3.3	Vigas Fundación	15,59 m3
3.4	Encadenados	159,40 ml
3.5	Tabiques 0,20	29,94 m3
3.6	Tabique Nicho	20,16 m3
3.7	Tabique Cisterna Derrame	9,17 m3
3.8	Losa Viguetas	33,92 m2

7.1.4 Mampostería

Dentro de este ítem se considera la mampostería de fundación para lograr una correcta nivelación, mampostería de bloque de hormigón, mampostería de ladrillo cerámico hueco que se utiliza para la división de la oficina y las capas aisladoras tanto horizontales como verticales. Generalmente la unidad que se emplea es el metro lineal de mampostería de elevación.

4	Mampostería	
4.1	Mampostería fundación Bloque Cementicio 0,20	72,60 ml
4.2	Mampostería 0,20 Bloque de Hormigón	72,60 ml
4.3	Mampostería Lad. Hueco Cerámico 0,10	13,80 ml
4.4	Mampostería 0,20 Tanque de Agua	10,00 ml
4.5	Capa Aisladora Horizontal	72,60 ml
4.6	Capa Aisladora Vertical	12,71 m2

7.1.5 Cubierta de Techo

Para la cubierta metálica se discretizan sus componentes determinando la longitud de los perfiles con el fin de calcular el peso de los mismos por un lado, y la superficie de cubierta de chapa y aislantes por el otro. Con respecto a la cubierta plana se determina la superficie de la misma.

5	Cubierta de Techo	
5.1	Correas Perfil C 60x40x2.5	584,22 Kg
5.2	Vigas Perfil C Cajón 140x80x3,2 mm	1534,08 Kg
5.3	Chapa ACH 42 Gran Onda (0,7 mm)	171,60 m2
5.4	Lana de Vidrio	102,96 m2
5.5	Lana Mineral de Roca	68,64 m2
5.6	Cubierta Sobre Losa Plana	33,92 m2

7.1.6 Revoques

Todos los depósitos llevan un revoque grueso y fino a la Cal, tanto en su exterior como en su interior, determinándose la superficie de los mismos.

6	Revoques	
6.1	Revoque Interior Grueso a la Cal	475,44 m2
6.2	Revoque Interior Fino a la Cal	475,44 m2
6.3	Revoque Exterior Grueso a la Cal	262,89 m2
6.4	Revoque Exterior Fino a la Cal	262,89 m2
6.5	Cielorraso Aplicado Sobre Losa Plana	30,00 m2

7.1.7 Pisos

Se realiza un contrapiso sobre el terreno natural en toda el área a edificar, una vereda perimetral a sobre nivel con respecto al nivel de piso de los depósitos. Con respecto al solado en la oficina se coloca cerámico y en los depósitos de realiza de cemento alisado recubierto con pintura epoxi para impermeabilizar y permitir facilitar la limpieza del mismo.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

7	Pisos	
7.1	Contrapiso s/Terreno Natural	299,04 m2
7.2	Vereda Perimetral Hormigón Alisado Peinado	96,80 m2
7.3	Piso Cemento Alisado (Depósitos)	150,00 m2
7.4	Piso Cerámico (Oficina)	30,00 m2
7.5	Zócalo Cerámico	34,24 ml

7.1.8 Carpintería

Se tienen en cuenta todas las aberturas, ventanas metálicas, puertas de emergencia resistente al fuego, puertas placa dentro de la oficina.

8	Carpintería	
8.1	Ventanas Metálicas	40 u
8.2	Puertas Emergencia	10 u
8.3	Puerta Metálica Exterior Oficina	1 u
8.4	Puertas Placa	4 u

7.1.9 Instalación Sanitaria

La instalación sanitaria de la oficina se considera como una unidad global incluyendo las distribuciones de agua fría y caliente de polipropileno, tanques de agua, bajada, desagües cloacales primarios y secundarios, ventilaciones. Luego se considera la instalación de los desagües de los nichos de almacenamiento en caso de derrame vinculado con los tanques enterrados y por último las duchas de emergencia. Se colocan dos duchas de emergencia ya que en el caso de un accidente la persona accidentada no puede encontrarse a más de 15 metros de distancia desde donde se produjo el accidente.

9	Instalación Sanitaria	
9.1	Instalación Sanitaria Oficina (Materiales y Mano de Obra)	1 gl
9.2	Instalación Depósito Residuos (Materiales y Mano de Obra)	45 u
9.3	Cisterna Derrame Residuos 450 lts	45 u
9.4	Duchas Emergencia	2 u

7.1.10 Artefactos Sanitarios y Griferías

Los artefactos y accesorios sanitarios son aquellos elementos destinados a la higiene personal y limpieza. Los artefactos son: ducha, inodoro, lavamanos, piletas de cocina, etc. Los accesorios consisten en elementos complementarios como por ejemplo toalleros.

10	Artefactos Sanitarios y Griferías	
10.1	Provisión y Colocación Artefactos	5gl
10.2	Provisión y Colocación Accesorios	3gl
10.3	Provisión y Colocación Griferías	3gl

7.1.11 Instalación Eléctrica

Se tienen en cuenta todos los elementos que forman la instalación eléctrica, diferenciando bocas de tomas, iluminación, tableros seccionales, protecciones antiexplosivas en los casos necesarios y llave de corte general.

11	Instalación Eléctrica	
11.1	Circuitos Tomas	19 bocas
11.2	Circuitos Iluminación	22 bocas
11.3	Tableros	6 u
11.4	Pilar: Caja de Medición, Toma Jabalina	1 u
11.5	Protecciones Antiexplosivas	2 gl
11.6	Llave Corte General	1 u

7.1.12 Pinturas

12	Pinturas	
12.1	Epoxi Para Piso Depósitos	105,68 m ²
12.2	Pintura Látex Exterior	262,89 m ²
12.3	Pintura Látex Interior	475,44 m ²
12.4	Esmalte Sintético Sobre Aberturas Metálicas y Zingueria	58,46 m ²
12.5	Barniz Sobre Puerta Placa	14,40 m ²

7.1.13 Vidrios

Se diferencian los vidrios tradicionales y el vidrio armado para funcionar como vidrio con tejido arrellama para aquellos ubicados en la parte superior del fondo de los depósitos.

13	Vidrios	
13.1	Float 4 mm	20,34 m ²
13.2	Vidrio Armado	9,60 m ²

7.1.14 Mesadas

Se considera una mesada para la cocina en la oficina y una mesada en el depósito de residuos de artefactos eléctricos y electrónicos, ambas de 1,60 metros de longitud.

14	Mesadas	
14.1	Mesada Granito Natural con Bacha	3,20 ml

7.1.15 Equipamiento

En este ítem se engloban todos aquellos equipos, artefactos y elementos no contemplados en ítems anteriores.

15	Equipamiento	
15.1	Calentador Solar	1 u
15.2	Extractores Ventilación Eólicos	5 u
15.3	Rejilla Ventilación	20 u
15.4	Campana Extractora	3 u
15.5	Matafuegos Clase ABC 10 kg	6 u
15.6	Matafuegos Clase D 5 kg	1 u
15.7	Señalización	1 gl
15.8	Bomba Presión Ducha Emergencia	1 u

7.1.16 Obras Complementarias

Dentro de las obras complementarias se encuentra la construcción del muro Trombe-Michel en el cual se reemplaza la mampostería de bloques huecos de hormigón por ladrillo cerámico macizo por la diferencia de conductividad térmica de los materiales, y el cercado con postes y alambrado del predio.

16	Obras Complementarias	
16.1	Muro Trombe-Michel	1 u
16.2	Cercado Postes y Alambrado Perimetral	335,40 ml

7.2 PRESUPUESTO

Se calcula el costo de la obra teniendo como referencia los precios establecidos por la revista Arquitectura correspondiente al mes de Octubre del año 2015. En la determinación del presupuesto no se tiene en cuenta el costo de movimiento de suelo y compactación de la circulación dentro del predio. Para completar el presupuesto se asume, del valor total, un 4% de imprevistos, gastos generales de obra de un 8% y beneficios del 10%, siendo estos porcentajes valores aproximados considerados para obtener el valor final del costo de la obra. En la determinación del valor del m² setiene en cuenta una superficie de 261 m² correspondientes a la superficie cubierta por los depósitos y oficina y a la superficie que ocupan los locales en donde se disponen los tanques enterrados. A continuación se presenta una tabla con el presupuesto de la obra.

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

N° Ítem	Designación	Unidad	Cantidad	Precio		% Item	% Total
				Unitario	Parcial		
1	Tareas Preliminares						
1.1	Limpieza de Terreno	m2	4409,00	\$25,00	\$110.225,00	63,82%	4,72%
1.2	Replanteo	gl	1,00	\$2.500,00	\$2.500,00	1,45%	0,11%
1.3	Obrador	gl	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00	34,74%	2,57%
				SUBTOTAL	\$172.725,00	65,26%	4,82%
2	Excavaciones						
2.1	Pilotes 0,50 m diámetro	ml	286,00	\$130,00	\$37.180,00	54,59%	1,59%
2.2	Vigas Fundación	m3	24,23	\$496,80	\$12.034,98	17,67%	0,52%
2.3	Cisterna Derrame	m3	90,96	\$146,30	\$13.306,90	19,54%	0,57%
2.4	Cabezales	m3	11,26	\$496,10	\$5.588,07	8,20%	0,24%
				SUBTOTAL	\$68.109,95	100,00%	2,91%
3	Estructura Hormigón						
3.1	Pilote 0,50 m diámetro	m3	56,16	\$3.900,00	\$219.008,28	33,93%	9,37%
3.2	Cabezal	m3	11,26	\$3.161,00	\$35.605,50	5,52%	1,52%
3.3	Vigas Fundación	m3	15,59	\$3.770,00	\$58.770,53	9,10%	2,52%
3.4	Encadenados	ml	159,40	\$352,00	\$56.108,80	8,69%	2,40%
3.5	Tabiques 0,20	m3	29,94	\$4.363,00	\$130.645,67	20,24%	5,59%
3.6	Tabique Nicho	m3	20,16	\$4.290,00	\$86.486,40	13,40%	3,70%
3.7	Tabique Cisterna Derrame	m3	9,17	\$4.363,00	\$40.026,16	6,20%	1,71%
3.8	Losa Viguetas Serie C Bovedilla 13 cm Capa Compresión 4 cm	m2	33,92	\$555,00	\$18.825,60	2,92%	0,81%
				SUBTOTAL	\$645.476,95	100,00%	27,62%
4	Mampostería						
4.1	Mampostería Fundación Bloque Cementicio 0,20	m2	10,89	\$300,42	\$3.271,57	3,01%	0,14%
4.2	Mampostería 0,20	m2	261,36	\$311,15	\$81.322,16	74,71%	3,48%
4.3	Mampostería Lad. Hueco Cerámico 0,10	m2	41,40	\$165,40	\$6.847,56	6,29%	0,29%
4.4	Mampostería 0,20 Tanque de Agua	m2	23,50	\$311,15	\$7.312,03	6,72%	0,31%
4.5	Capa Aisladora Horizontal	ml	72,60	\$119,30	\$8.661,18	7,96%	0,37%
4.6	Capa Aisladora Vertical	m2	12,71	\$113,20	\$1.438,21	1,32%	0,06%

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

				SUBTOTAL	\$108.852,71	100,00%	4,66%
5	Cubierta de Techo						
5.1	Correas Perfil C 60x40x2,5 mm	kg	584,22	\$50,40	\$29.444,69	14,21%	1,26%
5.2	Vigas Perfil C Cajón 140x80x3,2 mm	kg	1534,08	\$50,40	\$77.317,63	37,32%	3,31%
5.3	Chapa ACH 42 Gran Onda (0,7 mm)	m2	171,60	\$155,00	\$26.598,00	12,84%	1,14%
5.4	Lana de Vidrio	m2	102,96	\$63,20	\$6.507,07	3,14%	0,28%
5.5	Lana Mineral de Roca	m2	68,64	\$200,00	\$13.728,00	6,63%	0,59%
5.6	Cubierta Sobre Losa Plana	m2	33,92	\$1.579,00	\$53.559,68	25,85%	2,29%
				SUBTOTAL	\$207.155,07	100,00%	8,87%
6	Revoques						
6.1	Revoque Interior Grueso a la Cal	m2	475,44	\$97,90	\$46.545,58	21,53%	1,99%
6.2	Revoque Interior Fino a la Cal	m2	475,44	\$69,90	\$33.233,26	15,37%	1,42%
6.3	Revoque Exterior Grueso a la Cal	m2	262,89	\$239,00	\$62.830,23	29,06%	2,69%
6.4	Revoque Exterior Fino a la Cal	m2	262,89	\$251,30	\$66.063,75	30,55%	2,83%
6.5	Cielorraso Aplicado Sobre Losa Plana	m2	30,00	\$251,60	\$7.548,00	3,49%	0,32%
				SUBTOTAL	\$216.220,82	100,00%	9,25%
7	Pisos						
7.1	Contrapiso s/Terreno Natural	m2	299,04	\$340,20	\$101.733,41	50,96%	4,35%
7.2	Vereda Perimetral Hormigón Alisado Peinado	m2	96,80	\$144,90	\$14.026,32	7,03%	0,60%
7.3	Piso Cemento Alisado (Depósitos)	m2	150,00	\$448,30	\$67.245,00	33,68%	2,88%
7.4	Piso Cerámico	m2	30,00	\$411,40	\$12.342,00	6,18%	0,53%
7.5	Zócalo Cerámico	ml	34,24	\$125,40	\$4.293,70	2,15%	0,18%
				SUBTOTAL	\$199.640,42	100,00%	8,54%
8	Carpintería						
8.1	Ventanas Metálicas	u	40,00	\$1.323,00	\$52.920,00	33,16%	2,26%
8.2	Puertas Emergencia	u	10,00	\$9.669,50	\$96.695,00	60,60%	4,14%
8.3	Puerta Metálica Exterior	u	1,00	\$2.311,20	\$2.311,20	1,45%	0,10%
8.4	Puertas Placa	u	4,00	\$1.911,00	\$7.644,00	4,79%	0,33%
				SUBTOTAL	\$159.570,20	100,00%	6,83%
9	Instalación Sanitaria						
9.1	Instalación Sanitaria Oficina (Materiales y Mano de Obra)	gl	1,00	\$68.901,00	\$68.901,00	43,20%	2,95%

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

9.2	Instalación Depósito Residuos (Materiales y Mano de Obra)	u	45,00	\$564,50	\$25.402,50	15,93%	1,09%
9.3	Cisterna Derrame Residuos 450 lts	u	45,00	\$1.264,00	\$56.880,00	35,67%	2,43%
9.4	Duchas Emergencia	u	2,00	\$4.150,00	\$8.300,00	5,20%	0,36%
				SUBTOTAL	\$159.483,50	100,00%	6,83%
10	Artefactos Sanitarios y Griferías						
10.1	Provisión y Colocación Artefactos	gl	5,00	\$810,10	\$4.050,50	57,96%	0,17%
10.2	Provisión y Colocación Accesorios	gl	3,00	\$94,30	\$282,90	4,05%	0,01%
10.3	Provisión y Colocación Griferías	gl	3,00	\$885,20	\$2.655,60	38,00%	0,11%
				SUBTOTAL	\$6.989,00	100,00%	0,30%
11	Instalación Eléctrica						
11.1	Circuitos Tomas	boca	19,00	\$932,60	\$17.719,40	31,70%	0,76%
11.2	Circuitos Iluminación	boca	22,00	\$932,60	\$20.517,20	36,70%	0,88%
11.3	Tableros	u	6,00	\$950,00	\$5.700,00	10,20%	0,24%
11.4	Pilar: Caja de Medición, Toma Jabalina	u	1,00	\$2.713,20	\$2.713,20	4,85%	0,12%
11.5	Protecciones Antiexplosivas	gl	2,00	\$3.700,00	\$7.400,00	13,24%	0,32%
11.6	Lave Corte General Externa	u	1,00	\$1.849,00	\$1.849,00	3,31%	0,08%
				SUBTOTAL	\$55.898,80	100,00%	2,39%
12	Pinturas						
12.1	Epoxi Para Piso Depósitos	m2	105,68	\$187,00	\$19.762,16	18,14%	0,85%
12.2	Pintura Látex Exterior	m2	262,89	\$102,30	\$26.893,65	24,68%	1,15%
12.3	Pintura Látex Interior	m2	475,44	\$95,90	\$45.594,70	41,84%	1,95%
12.4	Esmalte Sintético Sobre Aberturas Metálicas y Zinguería	m2	58,46	\$248,40	\$14.520,47	13,33%	0,62%
12.5	Barniz Sobre Puerta Placa	m2	14,40	\$152,20	\$2.191,68	2,01%	0,09%
				SUBTOTAL	\$108.962,65	100,00%	4,66%
13	Vidrios						
13.1	Float 4 mm	m2	20,34	\$400,10	\$8.138,03	62,44%	0,35%
13.2	Vidrio Armado	m2	9,60	\$510,00	\$4.896,00	37,56%	0,21%
				SUBTOTAL	\$13.034,03	100,00%	0,56%
14	Mesadas						
14.1	Mesada Granito Natural con Bacha	ml	3,20	\$1.813,10	\$5.801,92	100,00%	0,25%
				SUBTOTAL	\$5.801,92	100,00%	0,25%

Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos Generados por la Universidad Nacional de Córdoba

15	Equipamiento						
15.1	Calentador Solar	u	1,00	\$11.888,00	\$11.888,00	24,50%	0,51%
15.2	Extractores Ventilación	u	5,00	\$2.208,00	\$11.040,00	22,76%	0,47%
15.3	Rejilla Ventilación	u	20,00	\$232,70	\$4.654,00	9,59%	0,20%
15.4	Campana Extractora	u	3,00	\$1.990,00	\$5.970,00	12,31%	0,26%
15.5	Matafuegos Clase ABC 10 kg	u	6,00	\$1.469,00	\$8.814,00	18,17%	0,38%
15.6	Matafuegos Clase D 5 kg	u	1,00	\$800,00	\$800,00	1,65%	0,03%
15.7	Señalización	gl	1,00	\$3.570,00	\$3.570,00	7,36%	0,15%
15.8	Bomba Presión Ducha Emergencia	u	1,00	\$1.780,00	\$1.780,00	3,67%	0,08%
				SUBTOTAL	\$48.516,00	100,00%	2,08%
16	Obras Complementarias						
16.1	Muro Trombe-Michel	u	1,00	\$13.466,36	\$13.466,36	8,41%	0,58%
16.2	Cercado Postes y Alambrado Perimetral	ml	335,40	\$437,30	\$146.670,42	91,59%	6,28%
				SUBTOTAL	\$160.136,78	100,00%	6,85%
							100,00%
				Total	\$2.336.573,81		
				Total (IVA)	\$2.827.254,31		
				Imprevistos (4%)	\$113.090,17		
				GGO (8%)	\$226.180,34		
				Beneficios (10%)	\$282.725,43		
				Total	\$3.449.250,25		
				Precio m2	\$13.215,52		

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

En Figura 7.1 se presenta un gráfico indicando el porcentaje que representa cada ítem del costo total. Como se puede observar el ítem de mayor valor corresponde a la estructura de hormigón teniendo mayor incidencia el ítem correspondiente a los tabiques de cerramiento de 20 cm de espesor. Se podría plantear la alternativa de reemplazar este cerramiento por un muro de mampostería que posea una resistencia al fuego equivalente.

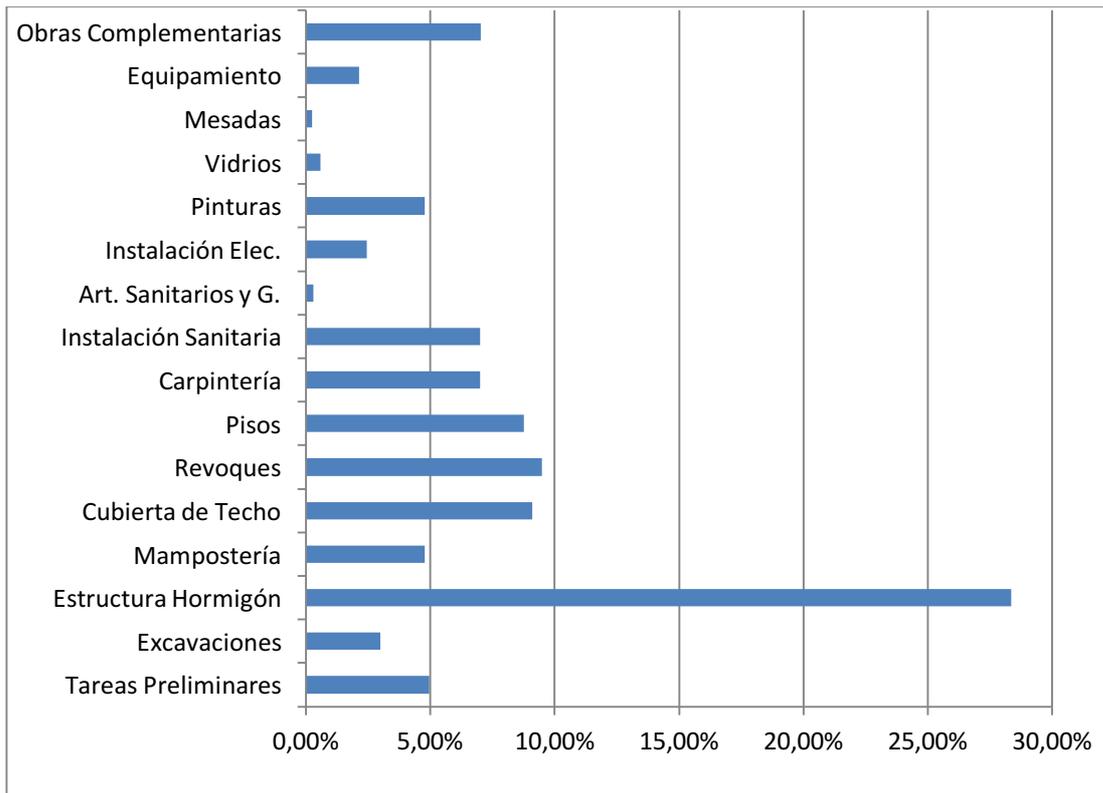


Figura 7.1 Incidencia de ítem en costo total

CAPÍTULO 8: CONCLUSIÓN

La última etapa en una gestión interna de residuos peligrosos consiste en el almacenamiento temporal de los mismos para su posterior traslado a centros de tratamiento y disposición final. Para ello es fundamental contar con un espacio adecuado tanto en ubicación como en características constructivas para lograr un almacenamiento seguro y prevenir accidentes.

A lo largo del cursado de esta carrera, se denota el trabajo interdisciplinario en los distintos proyectos en los que interviene un Ingeniero Civil. En este caso, se podría haber optimizado el diseño de los mismos mediante un análisis profundo de las distintas categorías de residuos peligrosos establecidas por la Ley Nacional de Residuos Peligrosos N° 24.051 en cuanto a las incompatibilidades que se presentan. Esto hubiese permitido reducir espacios, cantidad de tanques enterrados para casos de derrame agrupando sustancias compatibles entre. La mayor cantidad de residuos generados corresponden a los residuos de categoría Y14 que necesitan un tratamiento especial dado a la incertidumbre de los riesgos que presentan, por lo que implica un costo mayor en el tratamiento de los mismos. Por este motivo es importante que los responsables de laboratorio realicen análisis para identificar las sustancias y categorizarlas, disminuyendo la cantidad de residuos de este tipo, presentando la posibilidad de realizar e implementar una gestión exclusiva para esta categoría de residuo.

En cuanto a los residuos peligrosos es indispensable contar con un registro exacto de los volúmenes generados de las distintas categorías para buscar alternativas de minimización en cada punto de generación. Una alternativa que se emplea en otras universidades consiste en un estudio de las actividades de laboratorio realizadas en docencia para coordinar los trabajos prácticos de laboratorio e implementar tratamientos capaces de realizarse dentro de la institución y por los alumnos, concientizando los riesgos que presenta la generación de residuos peligrosos y la importancia de la minimización de los mismos.

Por último, para el desarrollo de este trabajo se logro integrar los conocimientos adquiridos durante el cursado de la carrera cumpliéndose de esta forma uno de los objetivos principales propuestos en el inicio del presente trabajo.

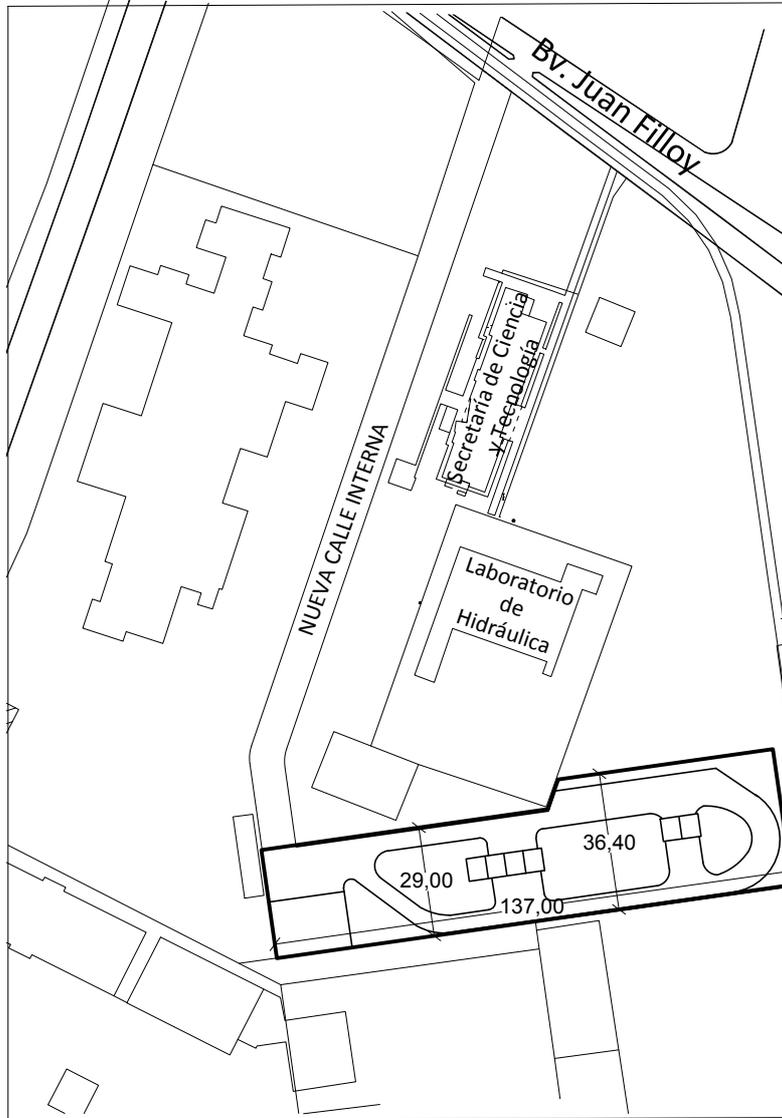
BIBLIOGRAFIA

- Agencia de Protección Ambiental Estados Unidos. www.epa.gov.
- Apunte Cátedra: Geotecnia III.
- Apunte Cátedra: Hormigón Armado y Pretensado.
- Apunte Cátedra: Instalaciones en Edificios I.
- Apunte Cátedra: Instalaciones en Edificios II.
- Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sustentable. F. Javier Neíla González.
- Arquitectura y Energía Natural. Rafael Serra Florensa, Helena CochRoura.
- CIRSOC 101 – Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño Para Edificios y Otras Estructuras.
- CIRSOC 102 – Reglamento Argentino de Acción del Viento Sobre las Construcciones.
- CIRSOC 103 – Normas Argentinas Para Construcciones Sismorresistentes.
- CIRSOC 201 – Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón.
- CIRSOC 303 – Elementos Estructurales de Acero de Sección Abierta Conformados en Frío.
- Comunidad Europea, Directivas 2001/532/CE, 94/3/CE, 91/689/CEE y 75/442/CEE.
- Convenio de Basilea Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación. Secretaria del Convenio de Basilea. www.basel.int
- Gestión de Residuos. Universidad de Buenos Aires.
- Gestión de Residuos Generados en Laboratorios de Enseñanza de la Química de Entidades Universitarias. Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental. Universidad de San Martín.
- Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. FUNDAMENTOS. Tomo I. M.Sc. Ing. Qco. Javier Martínez.
- Ingeniería Ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Gerard Kiely.
- Instalaciones Eléctricas Seguras: Diseño, Proyecto y Montaje. Ruben R. Levy.
- Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587, Decreto 351/79 y su modificatoria Decreto 295/03.
- Ley Nacional de Residuos Peligrosos N° 24.051.
- Ley Provincial de Residuos Peligrosos N° 8.973.

*Proyecto Depósitos de Almacenamiento Transitorio de Residuos Peligrosos
Generados por la Universidad Nacional de Córdoba*

- Manual de Formación en Gestión de Residuos Peligrosos Para Países en Vías de Desarrollo. ISWA, UNEP, Secretaría del Convenio de Basilea.
- Manual de Gestión de Residuos Peligrosos. Universidad Complutense de Madrid.
- Manual de Procedimientos. Universidad Nacional Río Cuarto.
- Procedimiento de Gestión de Almacenamiento de Químicos y Residuos. Universidad Nacional de Córdoba.
- Sistema de Recolección Integral de Residuos en Ciudad Universitaria. Universidad Nacional de Córdoba.

ANEXOS



PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN

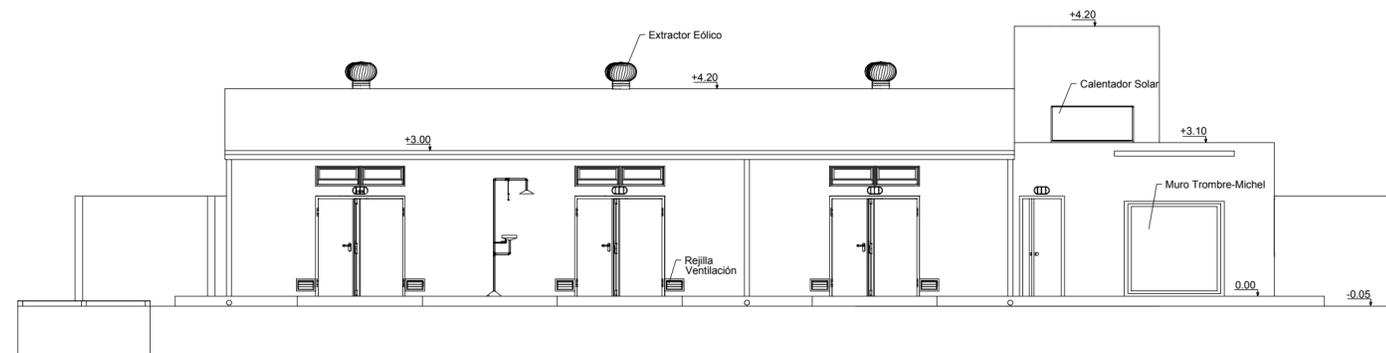
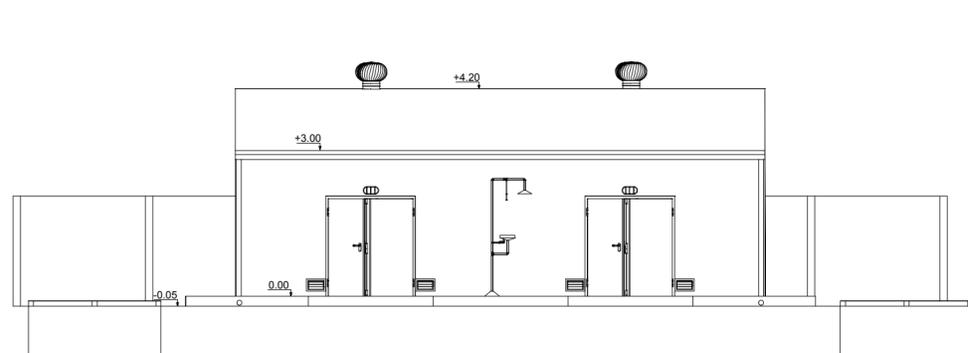
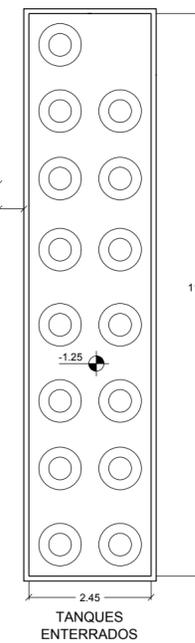
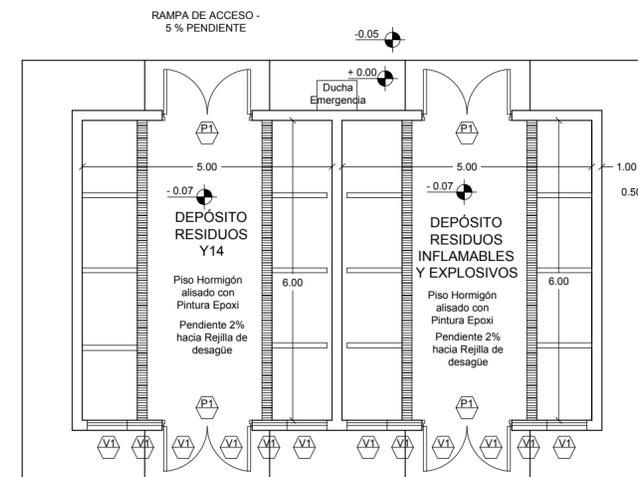
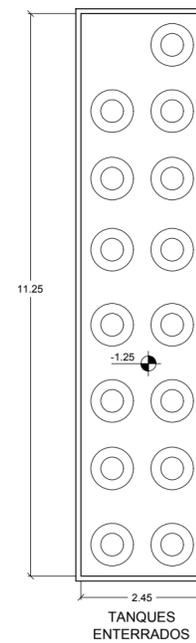
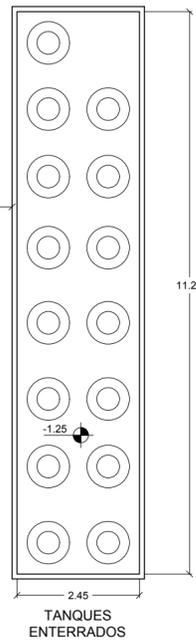
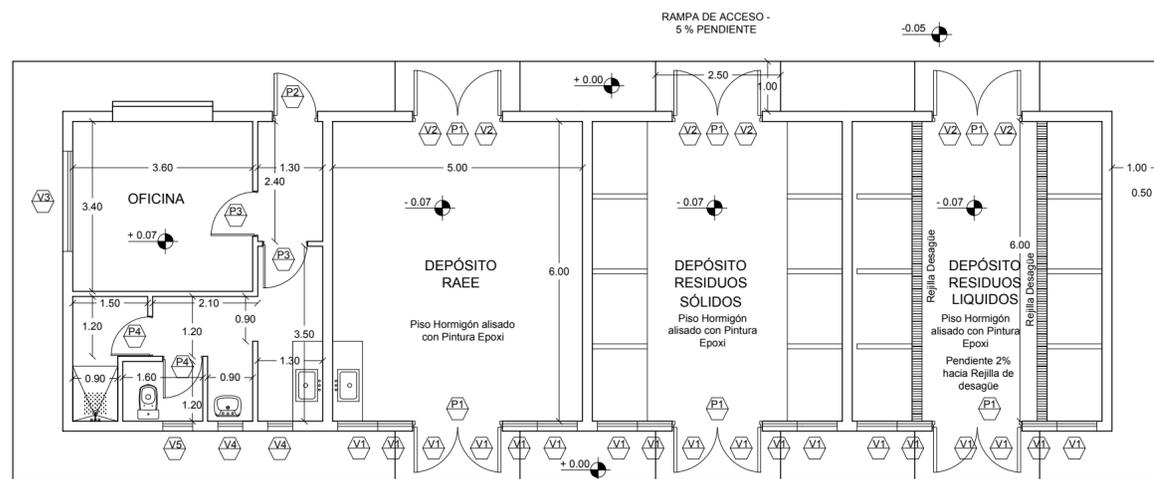
Plano:
01

Plano:

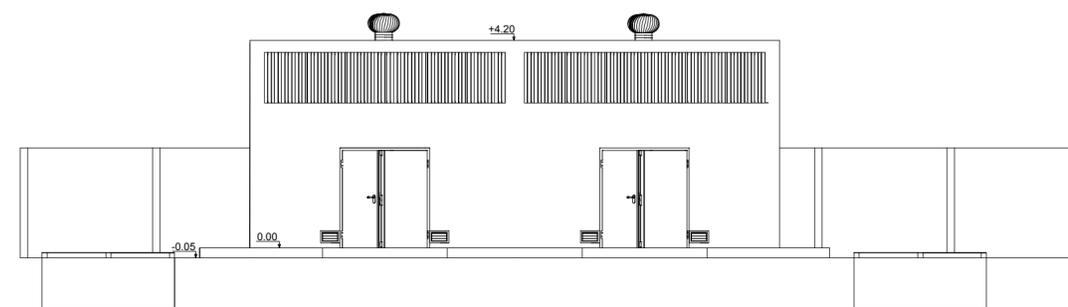
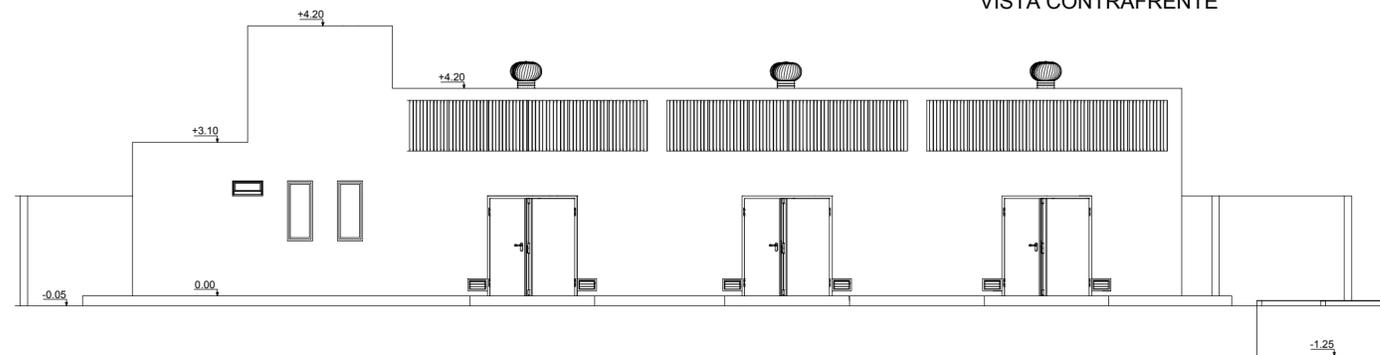
TERRENO

Escala:
1:5000

Fecha:
12/15

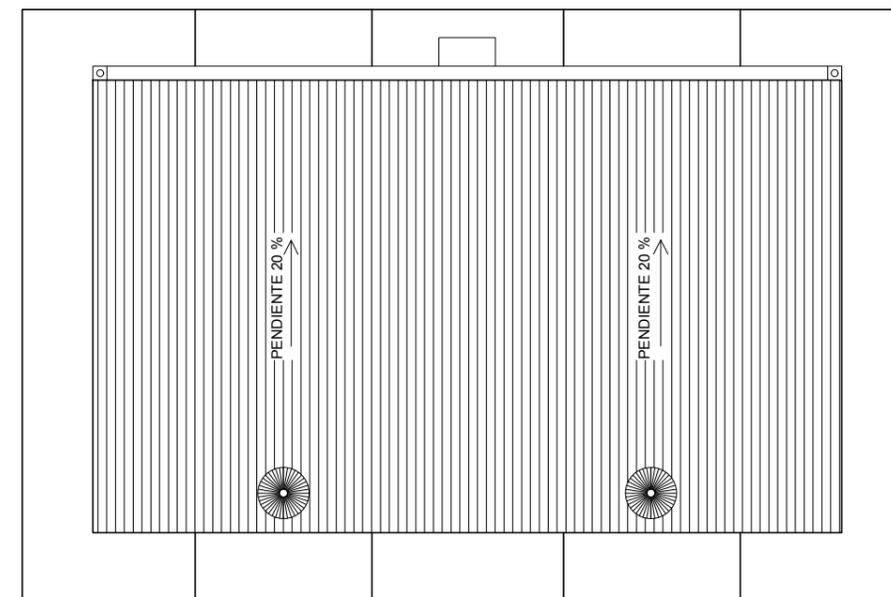
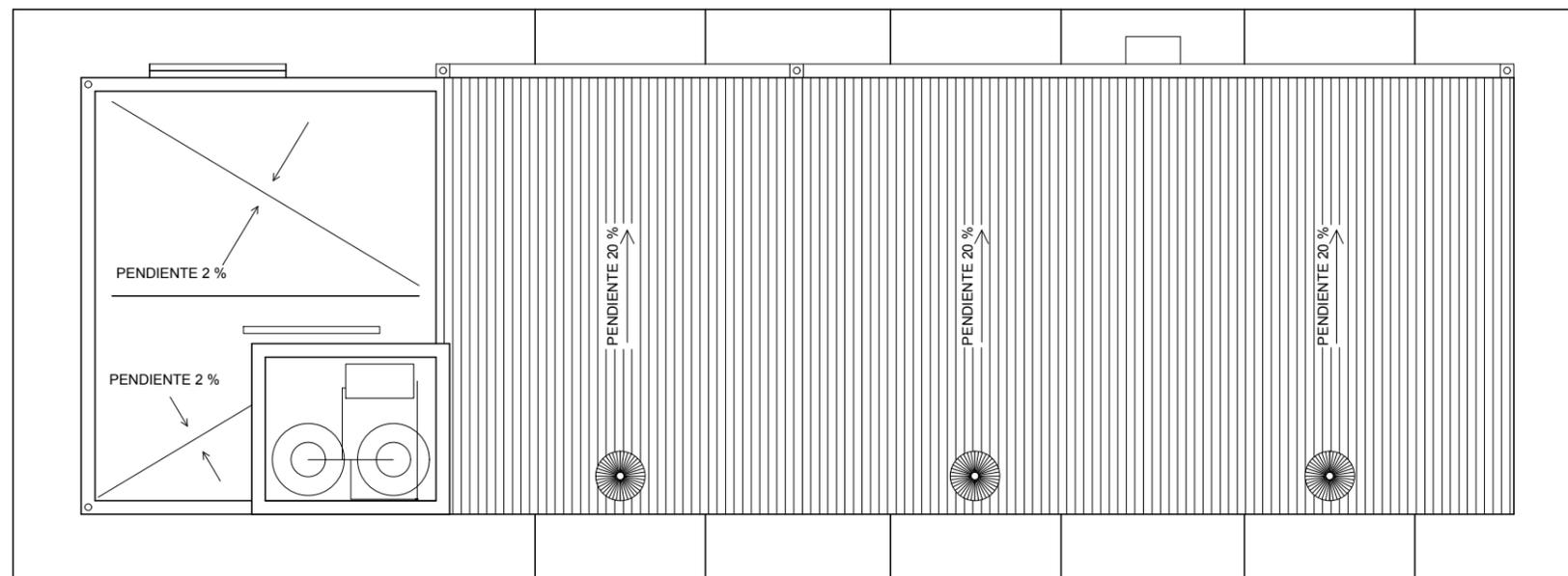


VISTA CONTRAFRENTE



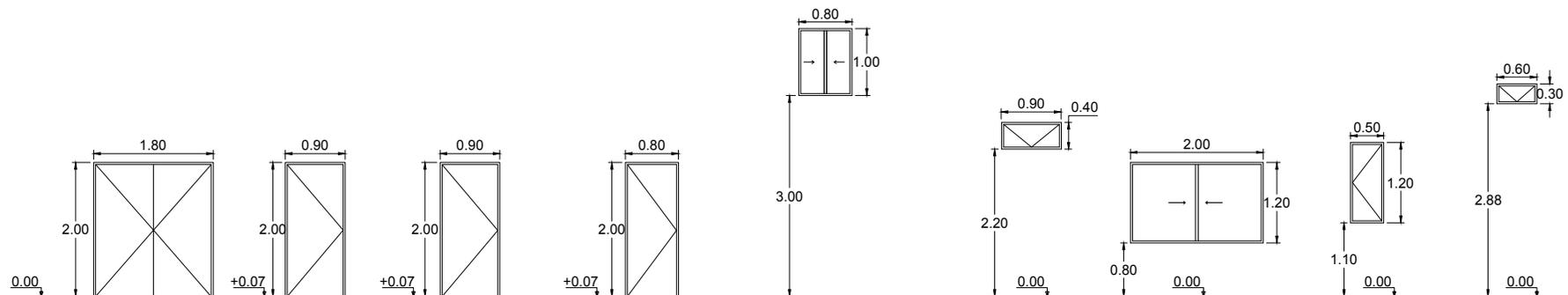
PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN	Plano: 02
Plano: PLANTA Y VISTAS	Escala: 1:100
	Fecha: 12/15



**PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO
TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS**

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN	Plano: 03
Plano: PLANTA DE TECHOS	Escala: 1:100
	Fecha: 12/15



PLANILLA ABERTURAS

		P1	P2	P3	P4	V1	V2	V3	V4	V5
CANTIDAD		10	1	2	2	30	6	1	2	1
DIMENSIONES		1.80 x 2.00	0.90 x 2.00	0.90 x 2.00	0.80 x 2.00	0.80 x 1.00	0.90 x 0.40	2.00 x 1.20	0.50 x 1.20	0.60 x 0.30
MATERIALES	HOJA	CHAPA DOBLADA BWG 16	ALUMINIO	TABLERO CEDRO	TABLERO CEDRO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO
	MARCO	CHAPA DOBLADA BWG 16	ALUMINIO	CHAPA DOBLADA	CHAPA DOBLADA	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO
FORMA ACCIONAMIENTO		DE ABRIR	DE ABRIR	DE ABRIR	DE ABRIR	CORREDIZA	DESPLAS	CORREDIZA	DE ABRIR	DESPLAS
MANO		-	I	11 y 1 D	11 y 1 D	-	-	-	-	-
HERRAJES		CERRADURA ANTIPÁNICO	CERRADURA COMÚN - PICAPORTE BRONCE	CERRADURA COMÚN - PICAPORTE BRONCE	CERRADURA COMÚN - PICAPORTE BRONCE	-	-	-	-	-
ACCESORIOS		-	-	-	-	PARASOL VERTICAL	-	-	-	-

**PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO
TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS**

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN

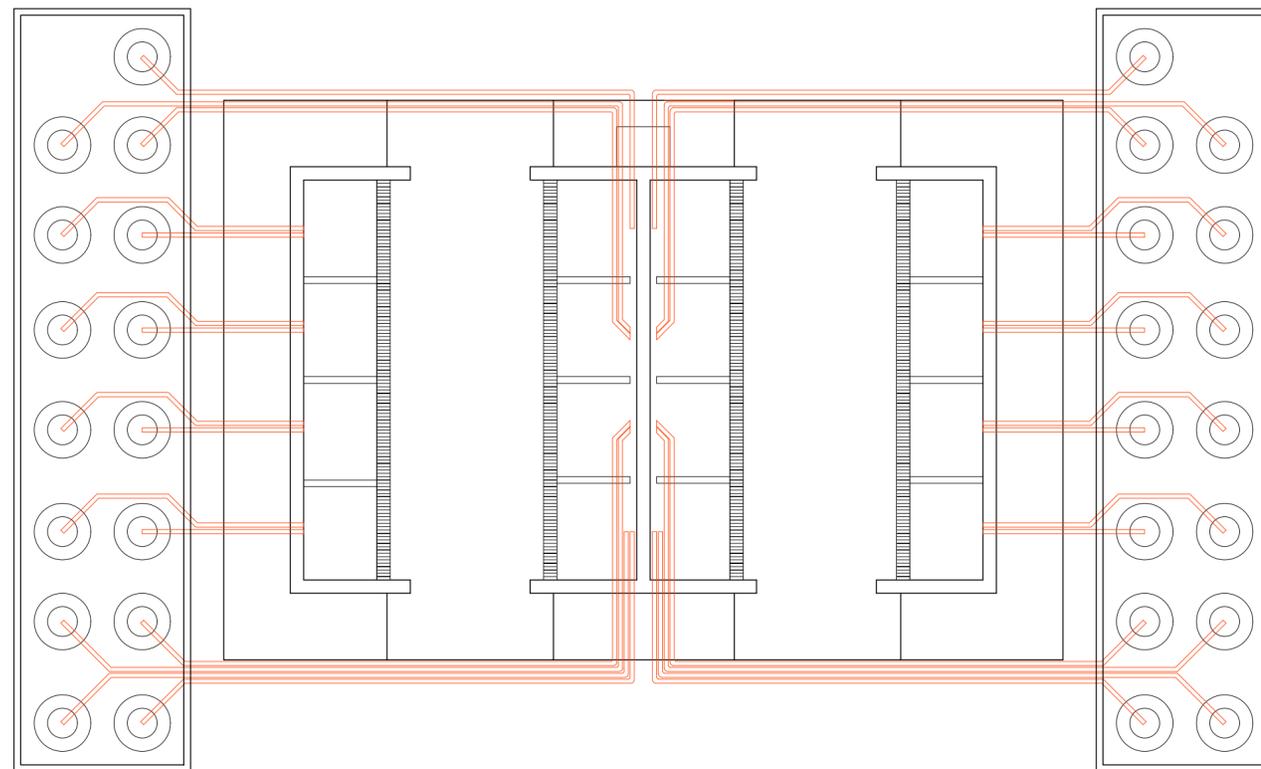
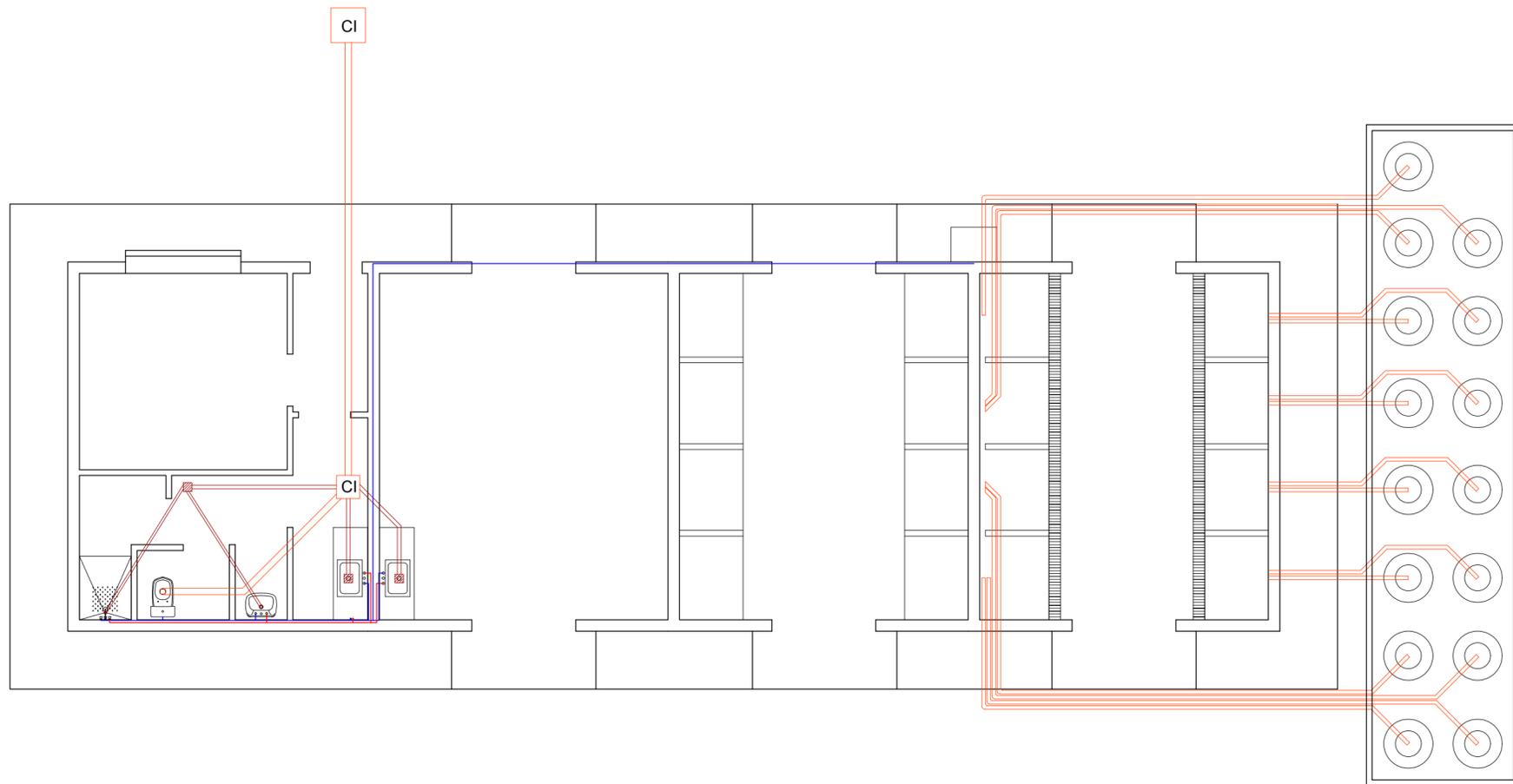
Plano:
04

Plano:

PLANILLA DE ABERTURAS

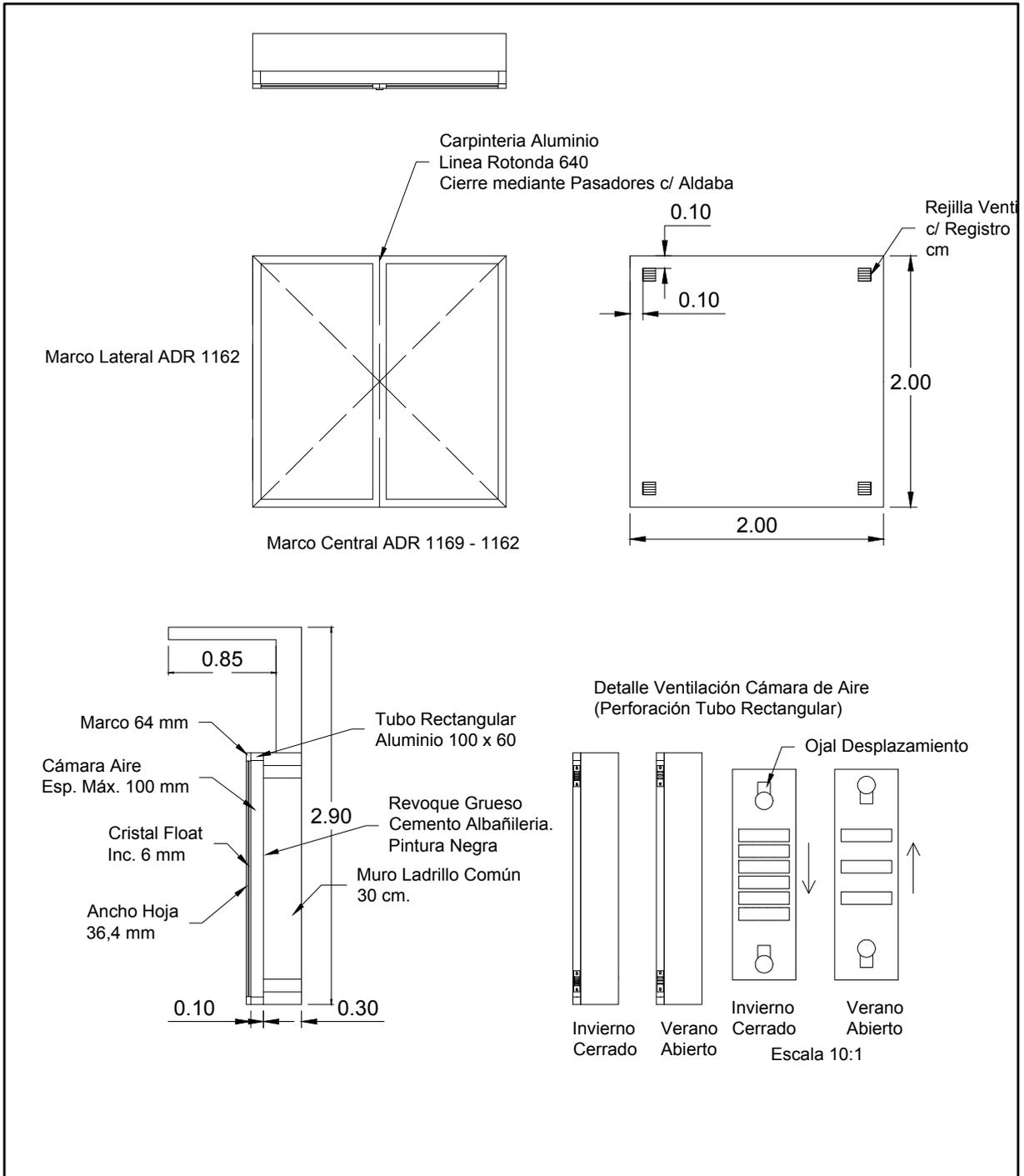
Escala:
1:100

Fecha:
12/15



- Referencias:
- Agua Fría
 - Agua Caliente
 - Cloaca Primaria
 - Cloaca Secundaria

PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS	
Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN	Plano: 05
Plano: INSTALACIONES SANITARIAS	Escala: 1:75
	Fecha: 12/15



PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN

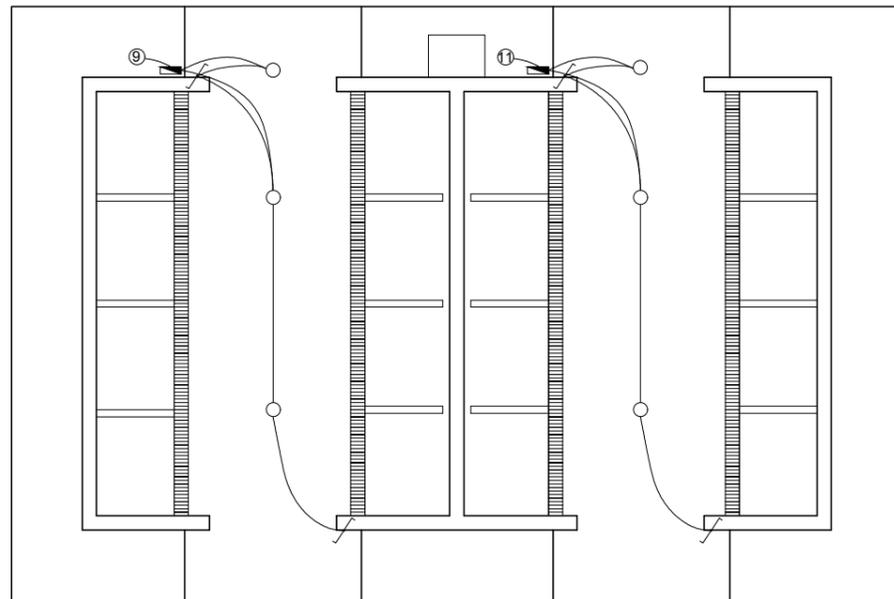
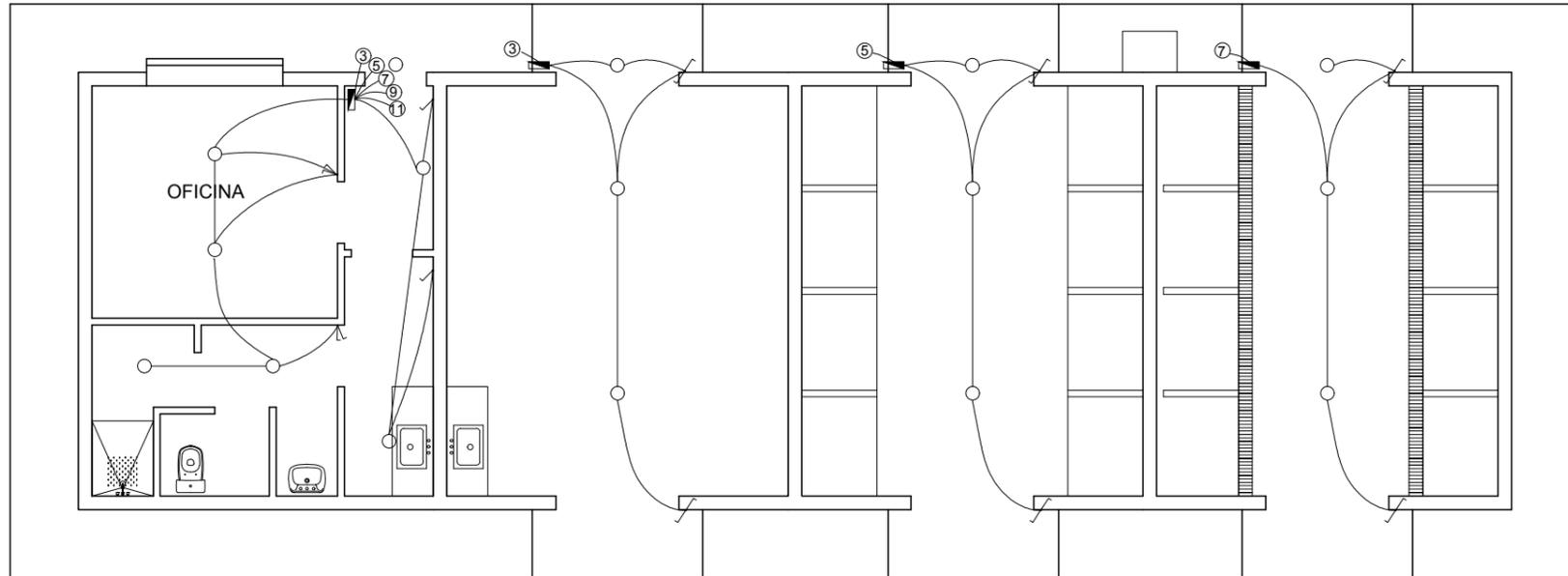
Plano:
06

Plano:

DETALLE MURO TROMBE-MICHEL

Escala:
1:50

Fecha:
12/15



- Referencias:
-  Tablero Seccional
 -  Boca Iluminación
 -  Interruptor Efecto

**PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO
TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS**

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN

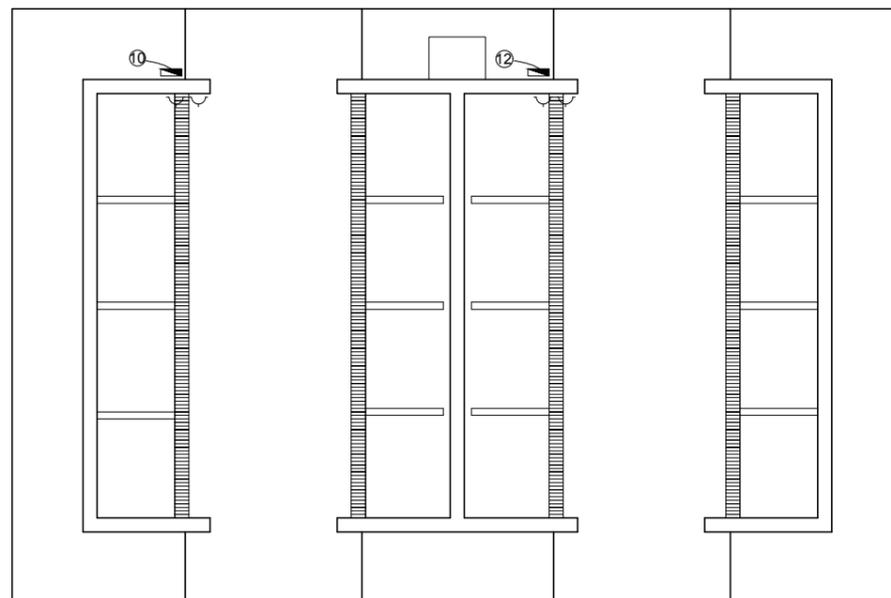
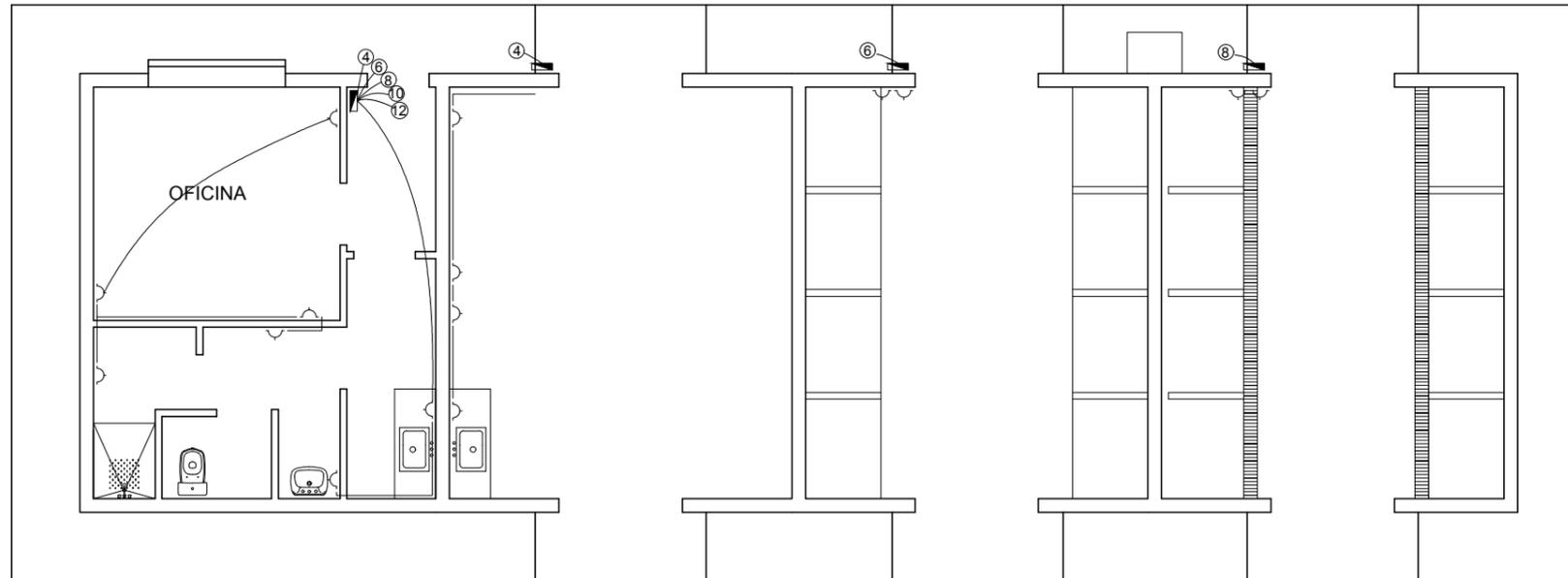
Plano:
07 - A

Plano:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Escala:
1:100

Fecha:
12/15



Referencias:
 Tablero Seccional
 Boca de Toma

**PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO
 TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS**

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN

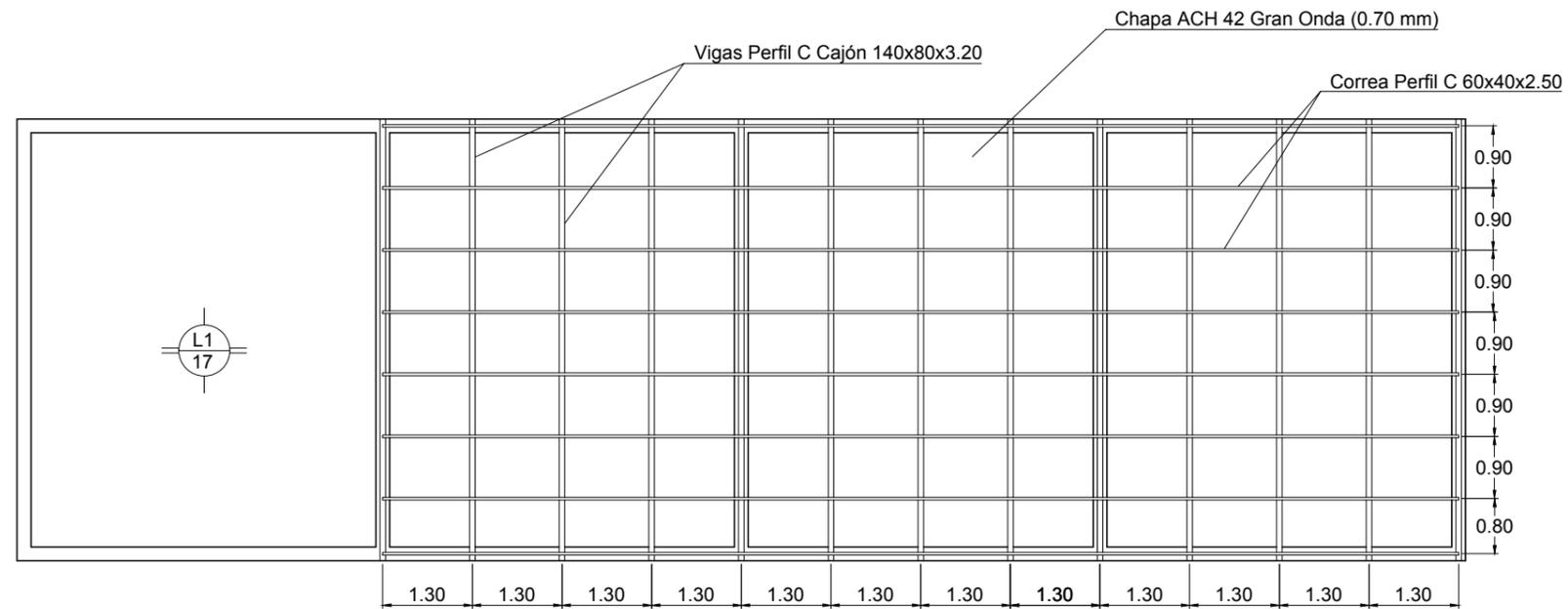
Plano:
07 - B

Plano:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

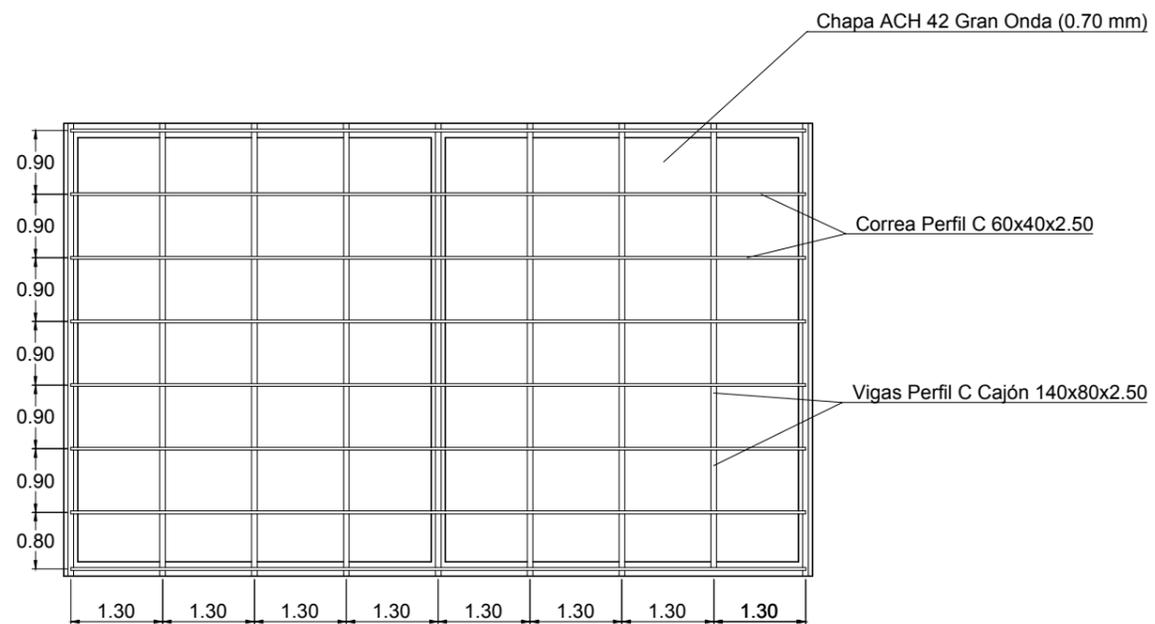
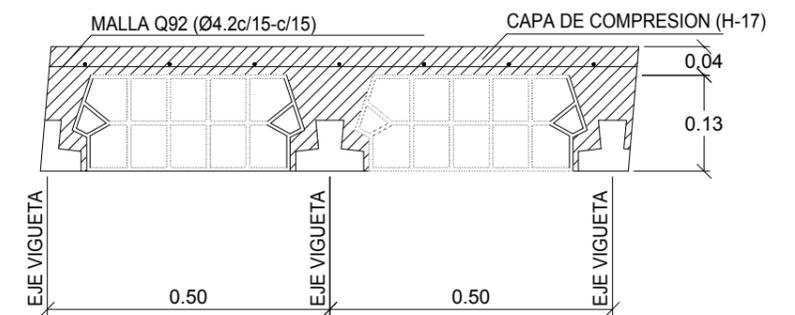
Escala:
1:100

Fecha:
12/15



CORTE TÍPICO LOSA L1

Escala 1:12.5



PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN

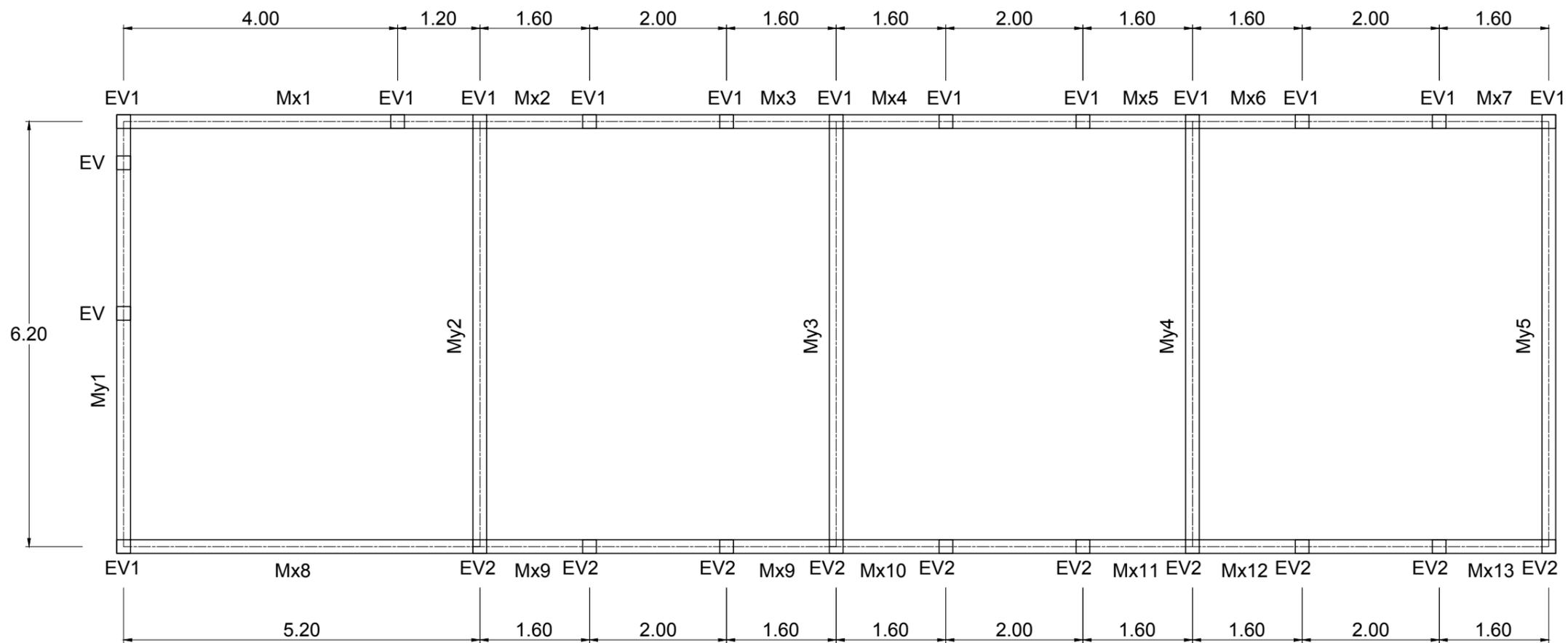
Plano:
08

Plano:

ESTRUCTURA CUBIERTA

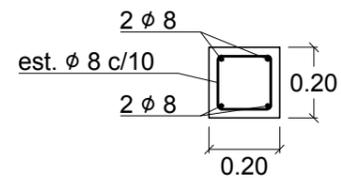
Escala:
1:100

Fecha:
12/15

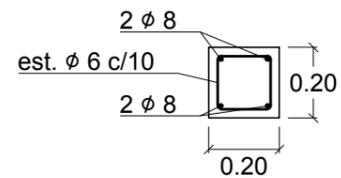


Escala: 1:100

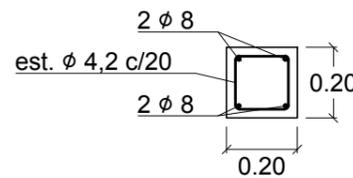
Columna Encadenados ZC
Escala 1:20



Viga Encadenados ZC
Escala 1:20



Encadenados ZN
Escala 1:20



PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN

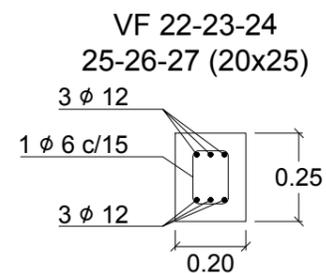
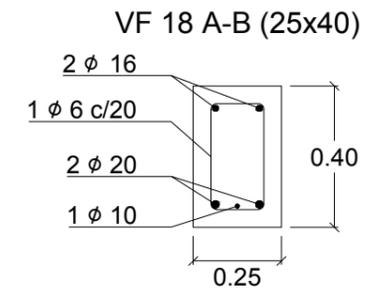
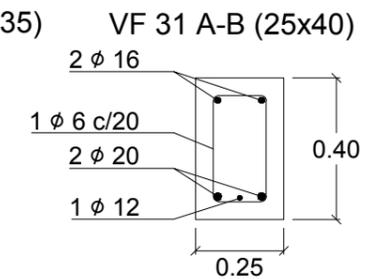
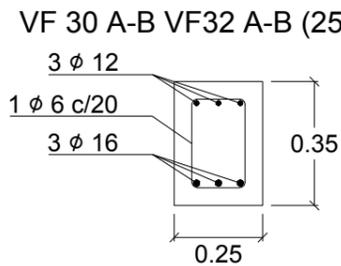
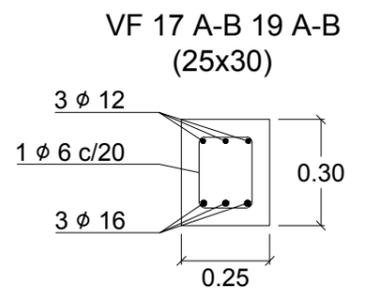
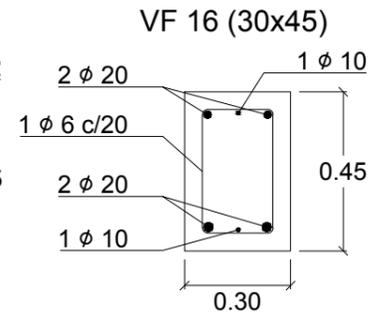
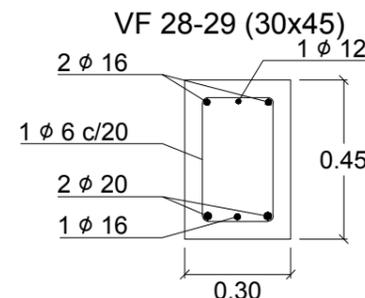
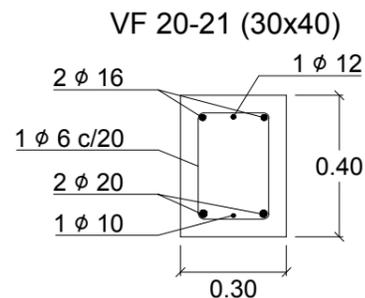
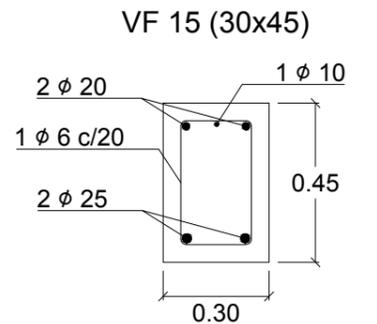
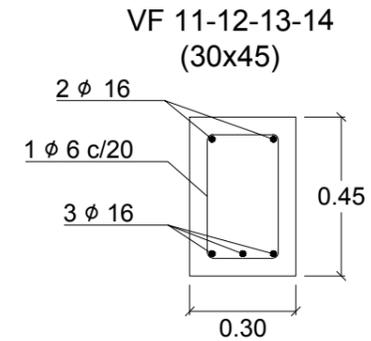
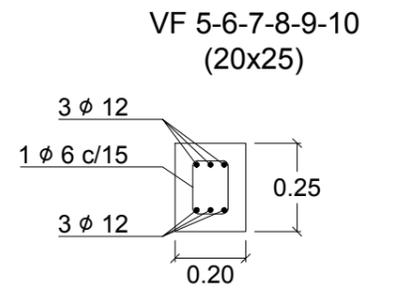
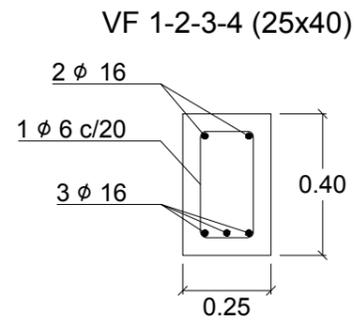
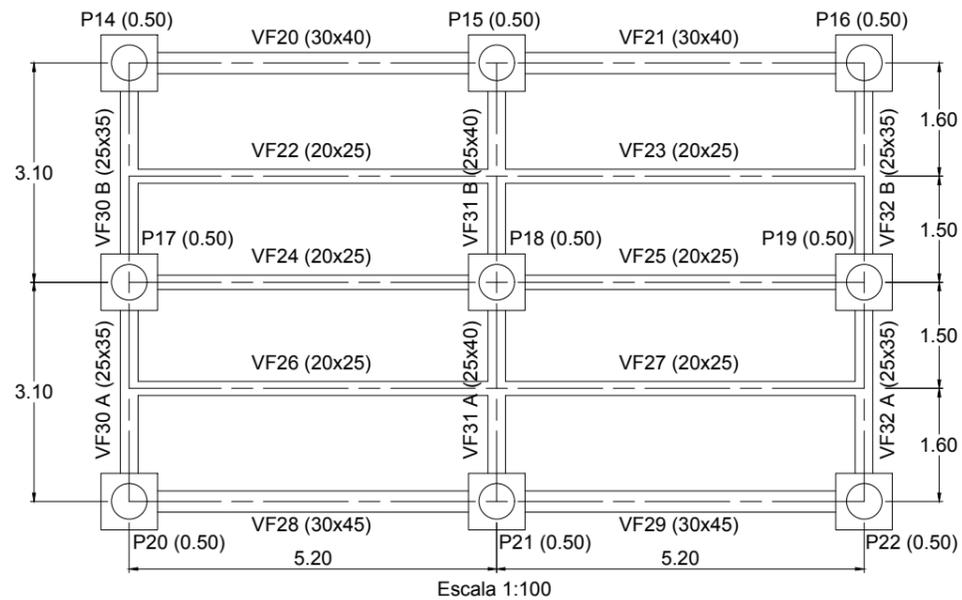
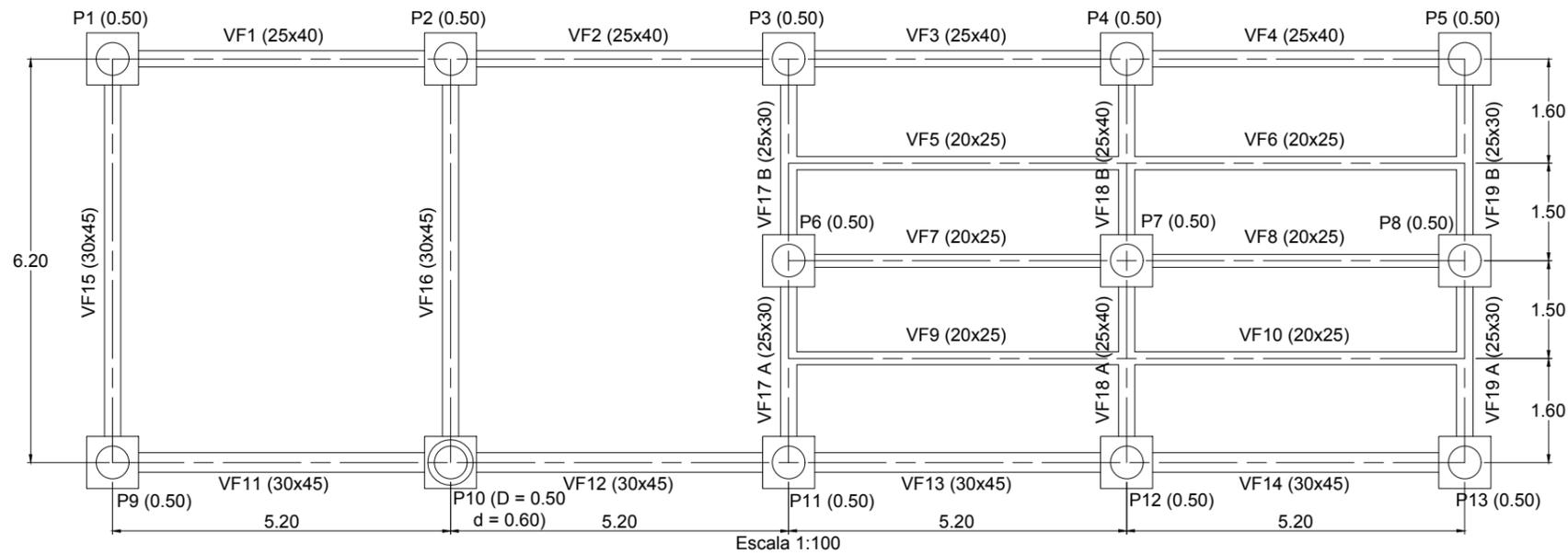
Plano:
09

Plano:

MAMPOSTERÍA

Escala:
Indicadas

Fecha:
12/15



Escala 1:20

Materiales:
Hormigón: H-21
Acero: ADN-420
Recubrimiento: 5 cm.

PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN

Plano:
10

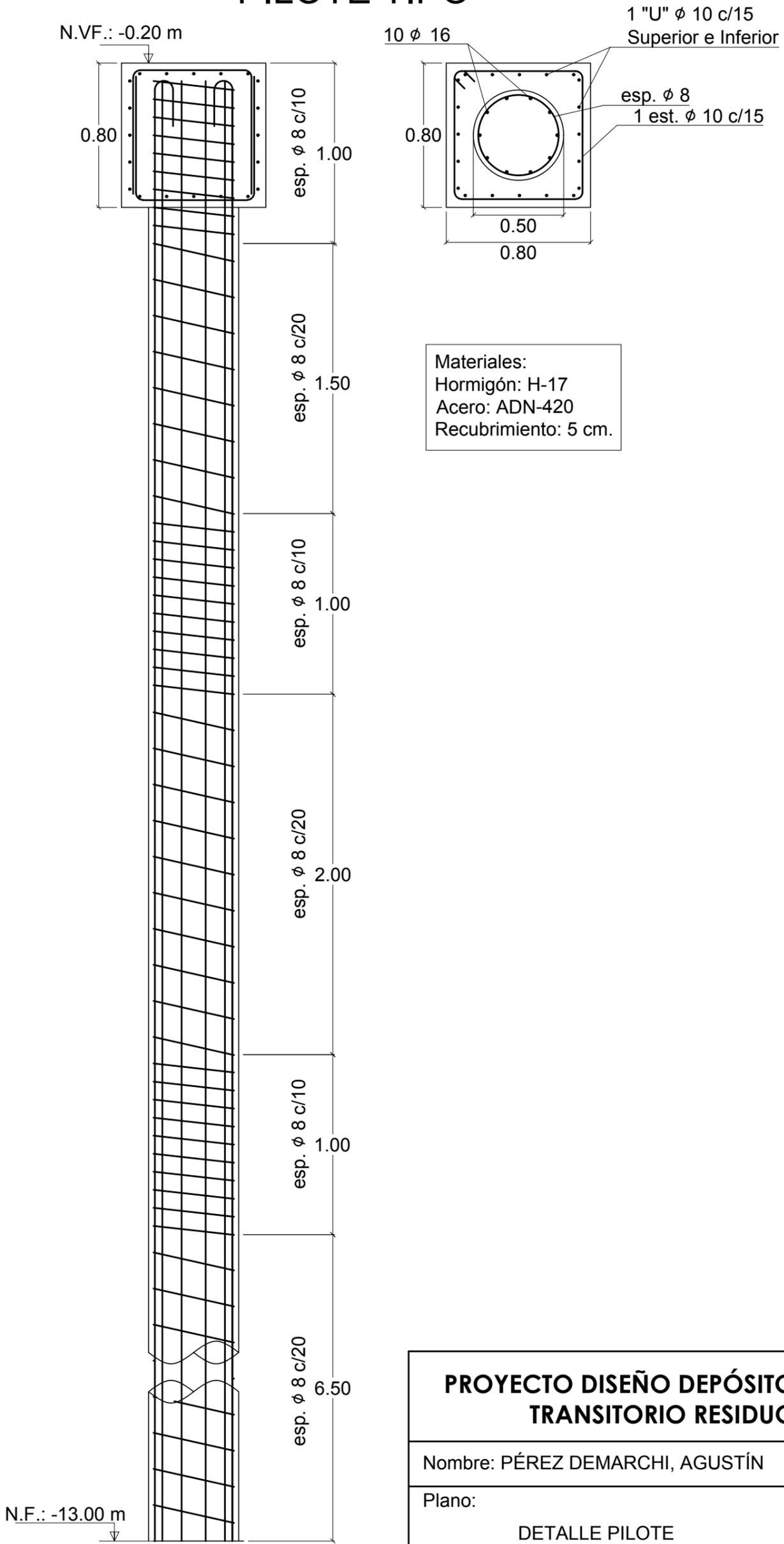
Plano:

PLANTA FUNDACIONES

Escala:
Indicadas

Fecha:
12/15

PILOTE TIPO



PROYECTO DISEÑO DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO TRANSITORIO RESIDUOS PELIGROSOS

Nombre: PÉREZ DEMARCHI, AGUSTÍN

Plano:
11

Plano:

DETALLE PILOTE

Escala:
1:25

Fecha:
12/15