

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



CUANTIFICACION Y EFECTOS DE LA PRODUCCION DE  
LIXIVIADOS EN EL RELLENO SANTARIO DE  
SALINAS VICTORIA, N. L.

Por

ELIAS VAZQUEZ GODINA

Como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en  
Ingeniería Ambiental

Octubre 2001

2001

TM  
TH6021  
.V3  
c.1

CUANTIFICACION Y EFECTOS DE LA PRODUCCION DE

LIXIVIADOS EN EL REFINERIO DE

SALINAS VICTORIA, N. L.

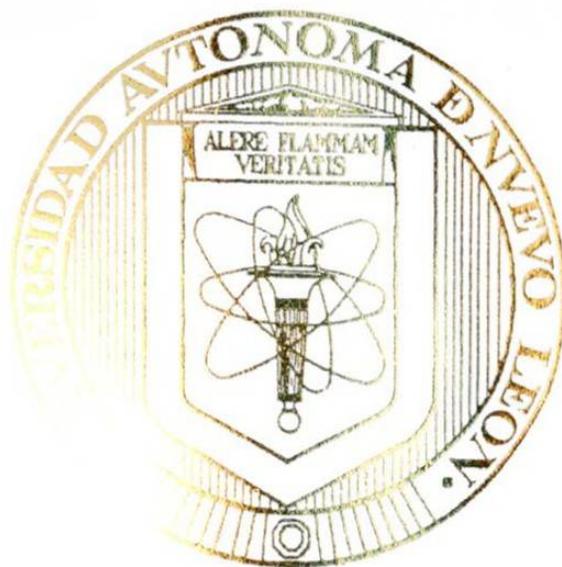
E. V. G.



1080095002



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**EFECTOS Y EFECTOS DE LA PRODUCCION DE LIXIVIADOS  
EN EL REFINO SANITARIO DE SALINAS VICTORIA, N.L.**

Por

**ROSALBA VAZQUEZ GODINA**

Como requisito parcial para obtener el Grado de  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS** con Especialidad en  
**Ingeniería Ambiental**

Octubre del 2001



TM  
THG021

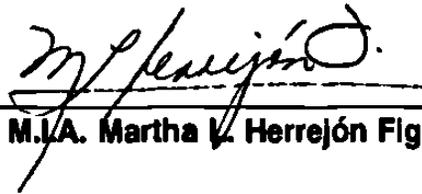
.V3

C.1



**CUANTIFICACION Y EFECTOS DE LA PRODUCCION DE LIXIVIADOS  
EN EL RELLENO SANITARIO DE SALINAS VICTORIA, N.L.**

Aprobación de Tesis:



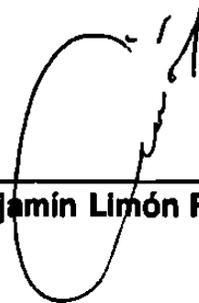
---

**Asesor: M.I.A. Martha V. Herrejón Figueroa**



---

**M.C. Vladimir Sánchez Hernández**



---

**M.C. Ing. Benjamin Limón Rodríguez**



**Ing. Elías Vázquez Godina**

PRESENTE

Por medio de la presente se le informa que el *Comité de Maestría* ha evaluado su tesis **"CUANTIFICACION Y EFECTOS DE LA PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE SALINAS VICTORIA, N.L."**, que presentó Usted como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental. El resultado definitivo de la evaluación de su tesis es de APROBADA. Todo lo anterior es atendiendo a los artículos 112 y 114 del Reglamento General de los Estudios de Posgrado de la UANL.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus ordenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

**A T E N T A M E N T E**

**"ALERE FLAMMAM VERITATIS"**

**Cd. Universitaria, a 22 de octubre del 2001**

**M. E. C. Francisco Gámez Treviño**

**Presidente del Comité de Maestría**



San Nicolás de los Garza, N.L., Octubre 11 del 2001

**DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA**  
Secretario del Comité de Maestría  
Presente.-

En atención al oficio, en el que se me informa que he sido designado como EVALUADOR de la tesis "**CUANTIFICACIÓN Y EFECTOS DE LA PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE SALINAS VICTORIA, N.L.**", que presenta el *Ing. Elías Vázquez Godina*, como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en *Ingeniería Ambiental*, comunico a usted que he revisado y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como APROBADA.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

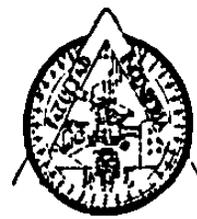
**ATENTAMENTE**



**M.C. VLADIMIR SÁNCHEZ HERNÁNDEZ**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Departamento de Ingeniería Ambiental**



**San Nicolás de los Garza, N.L. a 5 de septiembre de 2001**

**DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA**  
**Secretario de Postgrado de la Facultad**  
**de Ingeniería Civil de la U.A.N.L.**  
**P r e s e n t e.-**

Por este conducto me permito comunicar a usted, que después de haber revisado la evaluación de la tesis "CUANTIFICACION Y EFECTOS DE LA PRODUCCION DE LIXIVIADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE SALINAS VICTORIA, N.L.", que presenta el Ing. Elías Vázquez Godina como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental, me permito comunicarle que dicho documento cumple con los objetivos y la hipótesis planteada en el mismo, por lo que considero que el Ing. Vázquez Godina ha cumplido con este requisito, de acuerdo a la reglamentación en vigor.

Atentamente.-

  
**M.C. BENJAMIN LIMON RODRIGUEZ**  
**Jefe del Depto. de Ingeniería Ambiental**

C.c.p. Archivo  
orf°



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**COMPROBANTE DE CORRECCION**

**Tesista:** ELÍAS VAZQUEZ GODINA

**Tema de la tesis:** CUANTIFICACIÓN Y EFECTOS DE LA PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE SALINAS VICTORIA, N.L.

**Este documento certifica la corrección** DEFINITIVA **del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.**

**Recomendaciones adicionales:**

(NINGUNA)

**Nombre y firma de quien corrigió:**

Arq. Ramón Longoria Ramírez

**SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

Dr. Ricardo González Alcorta

**Ciudad Universitaria, a** 10 **de** JULIO **de** 2001

San Nicolás de los Garza, N.L., Octubre del 2001

**DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA**  
**Secretario de Estudios de Posgrado**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Universidad Autónoma de Nuevo León**

**P r e s e n t e.-**

Estimado Dr. González:

Por este conducto me permito comunicar a Usted que el Ing. Elías Vázquez Godina, pasante de la Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, ha concluido con su tesis titulada "Cuantificación y Efectos de la Producción de Lixiviados en el Relleno Sanitario de Salinas Victoria, N.L.", por lo que, de mi parte, no hay ningún inconveniente para atender a su solicitud de Examen de Grado, con los requisitos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales de nuestra institución. He de agradecerle se continúe con los trámites correspondientes para la programación del examen del Ing. Vázquez.

Sin más por el momento, y agradeciendo de antemano sus atenciones a la presente, quedo de Usted.

**Atentamente.-**  
**"Alere Flammam Veritatis"**  
**Ciudad Universitaria, junio del 2001**

  
\_\_\_\_\_  
**M.I.A. Martha L. Herrejón Figueroa**

San Nicolás de los Garza, N.L., Octubre del 2001

**DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA**  
**Secretario de Estudios de Posgrado**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Universidad Autónoma de Nuevo León**

**P r e s e n t e.-**

Estimado Dr. González:

Habiendo concluido mi trabajo de tesis titulado "**Cuantificación y Efectos de la Producción de Lixiviados en el Relleno Sanitario de Salinas Victoria, N.L.**", elaborado como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, y habiendo sido aprobado en el aspecto técnico por mi asesor, la M.I.A. Martha L. Herrejón Figueroa y, en los aspectos ortográfico, metodológico y estilístico por el Arq. Ramón Longoria Ramírez; por medio de la presente, solicito de la manera más atenta, se sirva efectuar los trámites correspondientes para sustentar mi examen de grado.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano sus atenciones a la presente, quedo de Usted.

**Atentamente.-**



**Ing. Elías Vázquez Godina**

## **DEDICATORIA**

*A Dios:*

*Por todo lo que me ha dado.*

*A Dariela Amaranta:*

*El amor de mi vida*

*A toda mi familia.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la M.I.A. Martha Leticia Herrejón Figueroa asesora de mi tesis. Al Arq. Ramón Longoria Ramírez, por sus acertadas opiniones. Al M.C. Ing. Benjamín Limón Rodríguez, por sus valiosas sugerencias e interés en la revisión del presente trabajo.

Al Departamento de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería Civil de la F.I.C. de la U.A.N.L., por las facilidades brindadas para el desarrollo de este estudio.

Al Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos (SIMEPRODESO) y al Departamento de Geotécnica del Instituto de Ingeniería Civil de la F.I.C. de la U.A.N.L., por el apoyo técnico para el desarrollo del presente trabajo.

A todo el personal del Departamento de Ingeniería Ambiental, por su apoyo incondicional.

A mis maestros, amigos y compañeros de generación.

A todos aquellos que contribuyeron de una forma u otra en la realización de este trabajo.

---

**RESUMEN**

Julio del 2001

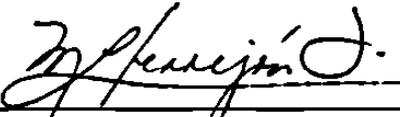
**Eliás Vázquez Godina**  
**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**Título:****CUANTIFICACION Y EFECTOS DE LA PRODUCCION DE LIXIVIADOS EN EL  
RELLENO SANITARIO DE SALINAS VICTORIA, NUEVO LEON.****No. de páginas: 219**

**Candidato al grado de  
Maestría en Ciencias con Especialidad  
en Ingeniería Ambiental**

**Resumen:** Se mencionan datos sobre la construcción y operación de los rellenos sanitarios, se comentan los diferentes métodos para el manejo de residuos sólidos; se describe también la generación y composición de los lixiviados. Se describen las características físicas del área de estudio, se describen las características del Relleno Sanitario de Salinas Victoria, N.L. Se realizan los cálculos para determinar la producción de lixiviados y el movimiento de los mismos en forma vertical. Se proponen alternativas de solución para el control y el manejo de los lixiviados en el Relleno Sanitario y las estrategias para neutralizar los impactos negativos debidos a la presencia de lixiviado.

**Contribuciones y Conclusiones:** En los cálculos para la producción de lixiviado se pudo apreciar que la generación de lixiviado se presenta en cualquier época del año incluyendo el verano cuando las temperaturas rebasan los 30°C; siendo indispensable tomar en cuenta las recomendaciones propuestas para evitar la contaminación del suelo y del agua subterránea y así, prevenir un problema de salud pública sobre todo en los asentamientos habitacionales alrededor del Relleno Sanitario.

  
\_\_\_\_\_  
**M.I.A. Martha L. Herrejón Figueroa**  
**ASESOR**

**CUANTIFICACION Y EFECTOS DE LA PRODUCCION DE LIXIVIADOS**

**EN EL RELLENO SANITARIO DE SALINAS VICTORIA, N.L.**

**TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>xli</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>TABLA DE SIGLAS Y NOMENCLATURA</b> .....	<b>xiv</b>
 <b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	
1.1 Introducción .....	2
1.2 Justificación .....	9
1.3 Hipótesis .....	11
1.4 Objetivo General .....	11
 <b>CAPITULO 2</b>	
<b>LOS RELLENOS SANITARIOS Y LA PRODUCCION DE LIXIVIADOS</b>	
2.1 Generalidades sobre rellenos sanitarios .....	14
2.2 Generación y composición de lixiviados .....	20
2.3 Balance de agua y generación de lixiviados en los rellenos sanitarios .....	30
2.4 Tasas de filtración de agua a través de las capas de cobertura intermedia y	

final en rellenos sanitarios ..... 37

### **CAPITULO 3**

#### **EL RELLENO SANITARIO DE SALINAS VICTORIA, NUEVO LEON**

3.1	Localización del sitio .....	48
3.2	El área de estudio .....	48
3.3	Características generales del Relleno Sanitario .....	52
3.4	Composición de los residuos sólidos que se reciben en el Relleno Sanitario .....	53
3.5	Rasgos físicos de la zona de estudio:	
3.5.1	Geología .....	55
3.5.2	Hidrología .....	59
3.5.3	Geohidrología .....	61
3.5.4	Climatología .....	65
3.6	Cálculo de los parámetros para determinar la producción de lixiviados:	
3.6.1	Cálculo de la escorrentía .....	70
3.6.2	Cálculo de la evapotranspiración potencial ajustada .....	75
3.6.3	Cálculo de la evapotranspiración real .....	81
3.6.4	Cálculo de las tasas de infiltración potencial de agua a través de la cubierta del relleno sanitario .....	92
3.6.5	Cálculo de la cantidad de agua que entra en el relleno sanitario .....	93
3.6.6	Cálculo de la relación residuo-suelo .....	104

**INDICE DE CONTENIDO**

---

<b>3.7</b>	<b>Cálculo de la producción de lixiviados en el relleno sanitario . . . . .</b>	<b>106</b>
<b>3.8</b>	<b>Producción total de lixiviados . . . . .</b>	<b>138</b>
<b>3.9</b>	<b>Movimiento del lixiviado . . . . .</b>	<b>142</b>

**CAPITULO 4**

**METODOS Y TECNICAS PARA EL CONTROL DE LIXIVIADOS**

<b>4.1</b>	<b>Control de lixiviados en un relleno sanitario . . . . .</b>	<b>149</b>
<b>4.2</b>	<b>Sistemas para el control de agua superficial en el relleno sanitario . . . . .</b>	<b>160</b>
<b>4.3</b>	<b>Consideraciones de diseño y selección de la cubierta final . . . . .</b>	<b>183</b>
<b>4.4</b>	<b>Supervisión de la calidad ambiental en el relleno sanitario . . . . .</b>	<b>188</b>
<b>4.5</b>	<b>Impactos negativos que pudieran presentar los lixiviados . . . . .</b>	<b>193</b>
<b>4.6</b>	<b>Estrategias para neutralizar los impactos negativos debido a la presencia de lixiviado . . . . .</b>	<b>197</b>

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .</b>	<b>202</b>
---	------------

<b>BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>211</b>
-------------------------------	------------

<b>GLOSARIO . . . . .</b>	<b>214</b>
---------------------------	------------

**LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página No.</b>
1.	Datos típicos de la composición de los lixiviados procedentes de rellenos sanitarios nuevos y antiguos . . . . .	26
2.	Parámetros de muestreo de lixiviados . . . . .	27
3.	Cálculo de la escurrentía . . . . .	70
4.	Cálculo de la evapotranspiración potencial ajustada . . . . .	76
5.	Cálculo de la evapotranspiración real, a partir de la evapotranspiración potencial ajustada . . . . .	83
6.	Cantidad de agua que entra en el relleno sanitario . . . . .	95
7.	Producción de lixiviado en cada nivel del relleno sanitario . . . . .	139
8.	Producción total de lixiviados en el fondo del relleno sanitario . . . . .	139
9.	Recomendaciones útiles para mejorar el control de lixiviados . . . . .	150
10.	Procesos y operaciones biológicos, químicos y físicos representativos utilizados para el tratamiento de lixiviados . . . . .	159
11.	Propiedades importantes de los suelos para la cobertura final de los residuos sólidos . . . . .	171
12.	Resistividades tipo . . . . .	196

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página No.</b>
1.	Esquema de un balance de agua utilizado para valorar la formación de lixiviados en un relleno sanitario . . . . .	31
2.	Localización del sitio . . . . .	49
3.	Croquis de localización del área de estudio . . . . .	50
4.	Representación esquemática de la construcción del relleno sanitario utilizando los métodos de Area y Trinchera . . . . .	51
5.	Trinchera tipo . . . . .	54
6.	Carta Geológica . . . . .	58
7.	Carta de Hidrología Superficial . . . . .	60
8.	Carta de Hidrología Subterránea . . . . .	62
9.	Croquis de ubicación de pozos y norias . . . . .	64
10.	Carta de Climas . . . . .	66
11.	Climograma . . . . .	67
12.	Representación de los niveles del relleno sanitario . . . . .	110
13.	Producción de Lixiviados . . . . .	141
14.	Localización de sondeos . . . . .	143
15.	Recorrido del lixiviado desde el fondo del relleno hasta el nivel freático . . . . .	147
16.	Curvas de compactación . . . . .	176
17.	Pozo típico para el monitoreo de agua subterránea . . . . .	192

**TABLA DE SIGLAS Y NOMENCLATURA**

Ag	Plata
As	Arsénico
Ba	Bario
CO <sub>2</sub>	Bióxido de carbono
COT	Carbono Orgánico Total
CH <sub>4</sub>	Metano
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ETP	Evapotranspiración Potencial Ajustada
ETR	Evapotranspiración Real
Fe	Hierro
Hg	Mercurio
Mn	Manganeso
Ni	Níquel
Pb	Plomo
RAU	Reserva de Agua Utilizable
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SDV	Sólidos Disueltos Volátiles
Se	Selenio

**INDICE DE CONTENIDO**

---

<b>SEDESOL</b>	<b>Secretaría de Desarrollo Social</b>
<b>SIMEPRODE</b>	<b>Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos</b>
<b>SIMEPRODESO</b>	<b>Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos</b>
<b>SS</b>	<b>Sólidos Suspendidos</b>
<b>SSV</b>	<b>Sólidos Suspendidos Volátiles</b>
<b>SUCS</b>	<b>Sistema Unificado de Clasificación de Suelos</b>
<b>Zn</b>	<b>Zinc</b>