

32. SOTO J., F. y D. ZAMUDIO A.: "Algunos foraminíferos planctónicos del Maestrichtiano-Daniano de la Sección Río Romay, Hidalgo, Amajac S. del estado de Veracruz". en *Revista Sociedad Mexicana de Paleontología*, Vol. 1, No. 1, p. 364, 1987.
33. VAN HINTE, J. E.: "A Cretaceous Time Scale", in *American Association of Petroleum Geology Bulletin*. Vol. 60, No. 4, p. 498, 1976.



**EMPRESA COMERCIAL
PARA LA INDUSTRIA
METALURGICA Y
METAL-MECANICA**

Dedicada a la atención de las ramas del desarrollo metal mecánico y geológico-minero ECIMETAL es una institución que brinda sus servicios en la realización de proyectos, estudios, suministros de equipos y materiales así como asistencia técnica para la instalación de plantas industriales, líneas tecnológicas, completamiento de plantas y entrenamiento de personal.

**COMMERCIAL
ENTERPRISE FOR
METAL-MECHANIC
AND METALLURGICAL
INDUSTRY**

Especially in the development of geological-mining and Metal-Mechanic branches, ECIMETAL is an institution offering its services in the preparation of projects and studies, as well as in the supply of equipment, materials and technical assistance for the installation of industrial plants, technological lines, completion of plants and training of personnel.

**ENTREPRISE
COMMERCIALE
POUR L'INDUSTRIE
METALURGIE
ET METAL-MECANIQUE**

ECIMETAL est une institution consacrée au développement métal-mécanique et géologique-minier qui offre ses services dans la réalisation de projets, d'études, de fourniture des matériels et matériaux. D'autre part, ECIMETAL offre de l'assistance technique dans le montage des installations industrielles, les procédés technologiques, les compléments d'usines et les stages pour le personnel.

**CARACTERIZACION
DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS
DE LA EMPRESA NIQUELIFERA
"CMDTE RENE RAMOS LATOUR"**

Lic. Josefina Astorga;
Ing. María A. Moner;
Lic. Modesto Acebal

Centro de Investigaciones y Proyectos para la Industria Minero Metalúrgica.

RESUMEN: En el presente trabajo se realiza un estudio de las características de los efluentes de la empresa "Cmdte René Ramos Latour" Nicaro, para determinar la carga contaminante que se aporta al ecosistema. Se seleccionaron once estaciones de muestreo, en las cuales fueron analizados los diferentes indicadores de la contaminación, así como el gasto en cada una de ellas.

ABSTRACT: By the present work a study of the characteristics of effluents from "Cmdte René Ramos Latour" enterprise is performed, to determine the polluting charge carried to the ecosystem. Eleven sampling stations were chosen where the different contamination indexes were examined, as well as the expenses with respect to each of them.

INTRODUCCION

La descarga de agua residuales a cuerpos receptores, puede causar la alteración físico-química y biológica de los mismos, produciendo en consecuencia, el deterioro de los recursos hídricos y la destrucción de la vida acuática.

La empresa niquelífera "Cmdte René Ramos Latour" de Nicaro aporta al ecosistema residuos líquidos, que de forma acumulativa dañan de manera considerable la ecología de los lugares adyacentes, fundamentalmente la Ensenada de Arroyo Blanco y la Bahía de Levisa.

Con el fin de preservar estos medios, se elaboró un plan que consta de dos etapas: la primera la conforma este trabajo y la segunda sería el diseño de un sistema de tratamiento con vistas a mejorar estas condiciones y establecer su conformidad con las legislaciones vigentes para estos casos.

La importancia de este trabajo, es que permite conocer la composición y caudal de los efluentes, así como

cuantificar las pérdidas indeterminadas de algunos elementos y compuestos para el balance metalúrgico de la empresa.

Se realizaron un total de 56 campañas de muestreo donde se analizaron los indicadores de la contaminación y se midieron los gastos. Para la selección de los puntos de muestreo se consideró, que los mismos fueran representativos de cada planta y que estuvieran ubicados en zonas apropiadas para la realización de los aforos y muestreos, según lo establecido al efecto.

La descripción de los puntos de muestreo es la siguiente:

Puntos de Muestreo	Descripción
1	Agua de limpieza de la zona 2 con planta mecánica, planta de oxígeno, compresores, planta de piezas

- de repuesto y derrame de los tanques de petróleo.
- 2 ----- Agua de limpieza de la cafetería, residuos del taller mecánico y automotor, carpintería, taller de equipos ligeros. Posibilidad de derrames amoniacales. Residuales con cal y alumbre de planta eléctrica, planta de tratamiento de residuales. Planta de fundición
- 3 ----- Residuales de la planta de recuperación de amoníaco. Reboso del tanque sedimentador de carbonato de níquel.
- 4 ----- Canal de planta eléctrica.
- 5 ----- Residuales de la planta de gas, de los hornos de reducción y drenaje de la planta de sínter.
- 6 ----- Residuales de la planta de lixiviación, de secaderos, zanja de hornos viejos y residuos del banco del licor producto
- 7 ----- Residuales de la planta de secadero
- 8 ----- Planta de lavado de carbón
- 9 ----- Residuales de la planta de lixiviación
- 10 ----- Canal de desagüe central
- 11 ----- Residuales de planta piloto
- Las muestras recolectadas fueron tomadas puntuales en muestreos semanales durante tres días consecutivos.
- El volumen fue suficiente de acuerdo con el método de análisis del parámetro a determinar [4, 5]. Además, fueron transportados y manipulados de manera tal que

las propiedades y constituyentes que poseían no sufrieran alteración y cambios antes de ser examinados [6].

El tiempo transcurrido entre la toma de muestra y el análisis, siempre fue el apropiado y las muestras fueron preservadas según establecen las normas [1, 4, 5].

En los trabajos de campo, se determinaron in situ los parámetros gasto líquido ($Q - m^3/h$), temperatura ($T - ^\circ C$) y oxígeno disuelto ($OD - mg/L$) [5, 6, 7].

En las tablas siguientes, se muestra el comportamiento de las cargas contaminantes en cada uno de los puntos de muestreo.

Cada tabla contiene los datos correspondientes al número de muestras; valores máximos, mínimos, promedio, desviación standard y coeficiente de variación, para cada uno de los parámetros analizados.

Como criterio de impacto ambiental se analizaron los valores del 50 % de la distribución de la frecuencia acumulativa para los principales contaminantes en los efluentes líquidos de esta empresa, en los puntos que vierten directamente a la Bahía de Levisa y a la Ensenada de Arroyo Blanco [7].

En la tabla 12 se resume el comportamiento del 50 % de la distribución de la frecuencia acumulativa, para los puntos 1, 2, 10 y 11 para los indicadores ST, SS, A y G, NH_3L , NH_3T , Ni y Fe obtenidos de los gráficos de distribución de la frecuencia acumulativa.

Los principales indicadores de la contaminación se presentan, en los cuatros puntos de vertimiento según la secuencia:

Para SS, NH_3L , Fe 10 > 1 > 11 > 2

DQO, ST 10 > 1 > 2 > 11

Ni, NH_3T 10 > 11 > 1 > 2

A y G 10 > 2 > 11 > 1

El comportamiento de la concentración, cargas de sólidos suspendidos, hierro y amoníaco libre es perfectamente lógico ya que la cola está formada principalmente por hierro y es quien arrastra las mayores cantidades de amoníaco libre. Debido a que el níquel forma complejos amoniacales, la presencia de altas concentraciones de uno implica altas concentraciones del otro.

CONCLUSIONES

Las diferentes plantas de la empresa "Cmde René Ramos Latour" vierten los efluentes líquidos por once puntos, de los cuales cuatro desembocan directamente a la Bahía de Levisa y a la Ensenada de Arroyo Blanco.

De los resultados obtenidos se puede concluir que los principales contaminantes vertidos en los efluentes son:

- Sólidos suspendidos
- Sólidos totales
- Aceites y grasas
- Demanda química de oxígeno
- Níquel
- Hierro
- Amoníaco libre
- Amoníaco total

Las mayores cargas de elementos contaminantes al medio son aportadas por el canal central de la fábrica

(punto 10), seguida por el punto 1, el punto 11 y el 12. Los valores obtenidos para el 50 % en la distribución de la frecuencia acumulativa de estas cargas (tabla 12) cuantifican las pérdidas

La variación permanente de las descargas de residuales líquidos, en los diferentes puntos de muestreo de la fábrica, causa elevados valores de los coeficientes de variación.

Las pérdidas de amoníaco y níquel que se aprecian dentro del presente trabajo, no sólo constituyen pérdidas, desde el punto de vista ecológico por el daño que causan sus vertimientos en el entorno, sino su propio valor, por lo que la empresa debe considerar la recuperación y tomar medidas organizativas que permitan evitar estas.

Las principales fuentes de contaminación están dadas por la planta de lixiviación, hornos de reducción y planta de recuperación de amoníaco.

Tabla 1 Punto 1 Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	44	30,2	4 406,4	1 454,7	1 237,6	85,1
AyG kg/d	34	48	7 221,2	7 817,6	17 750,2	139,8
S.T. kg/d	41	224,8	21 840	9 989,1	4 960,9	165,9
S.S. kg/d	41	1,59	2 376	191,9	422,8	161,1
Ni kg/d	44	0	740	27,7	110,9	131,4
Fe kg/d	44	31,6	15 360	911,4	2 577,1	78,9
Co kg/d	44	0	44	2,6	6,6	98,3
Mn kg/d	44	0	208	9	30,8	79,9
Cr kg/d	44	0	29,8	6,8	7,1	103,1
Cu kg/d	44	0	38,4	3,9	7,6	192,7
NH_3L kg/d	37	0	1 029,6	180,9	193,5	106,9
NH_3T kg/d	37	0	1 080	269,6	262	97,2

Tabla 2 Punto 2. Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	36	3,7	148,0	56,8	39,6	69,7
AyG kg/d	37	4,1	118	30	38	126,8
S.T. kg/d	16	7,6	2 668,5	356,6	567,7	159,2
S.S. kg/d	38	1,1	2 146,4	164,1	359,5	132,1
Ni kg/d	38	0,1	9,1	2,1	2,3	111,2
Fe kg/d	39	0,9	446,8	77	113,9	147,9
Co kg/d	38	0	0,9	0,2	0,2	121,4
Mn kg/d	39	0,01	3,7	0,8	0,9	120,2
Cr kg/d	38	0	6,7	1,3	1,7	135,5
Cu kg/d	38	0	0,5	0,1	0,1	64,5
NH_3L kg/d	32	0	38,8	7,5	7,9	106
NH_3T kg/d	33	0	52,4	10,3	10,8	104,4

Tabla 3 Punto 3. Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	38	233,6	7 661,2	2 065,1	1 517,1	73,4
AyG kg/d	0	0	0	0	0	0
S.T. kg/d	39	221,6	2 147,3	1 066,2	481,1	45,1
S.S. kg/d	38	0,22	22,3	6,24	5,8	94,4
Ni kg/d	39	37,7	397,9	226,9	108,5	47,8
Fe kg/d	39	0,96	73,8	18,7	16,9	90,1
Co kg/d	39	0	38,6	8,84	10,4	118,6
Mn kg/d	39	0	1,5	0,53	0,4	72,8
Cr kg/d	39	0	2,01	0,54	0,6	104,2
Cu kg/d	39	0	4,4	0,8	1,2	153,5
NH_3L kg/d	36	60,8	2 471,6	659,5	519,3	78,7
NH_3T kg/d	36	290,3	4 487,2	1 860,6	1 034,4	55,5

Tabla 4 Punto 4 Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	36	331,4	95 177,6	37 154,9	27 167,4	73,1
AyG kg/d	33	48,8	10 687,9	1 263,6	2 364,9	187,2
S.T. kg/d	39	4 504,2	200 681,8	96 995,4	32 736,2	33,7
S.S. kg/d	38	21,3	1 272,2	374,6	301,9	80,5
Ni kg/d	39	33,8	395,3	127,2	68,8	54,0
Fe kg/d	39	52,5	1 196,4	264,6	204,2	77,1
Co kg/d	39	0	36,6	18,1	8,9	49,5
Mn kg/d	39	0	24,8	8,1	5,46	67,3
Cr kg/d	39	0	21,7	6,7	7,12	106,5
Cu kg/d	39	0	25	5,6	6,81	120,6
NH ₃ L kg/d	31	355,4	2 308,9	1 411,4	552,7	39,1
NH ₃ t kg/ds	32	423,9	2 983,7	1 664,3	653,5	39,2

Tabla 5 Punto 5 Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	38	138,2	8 590,9	1 810,9	2 026,4	111,9
AyG kg/d	40	17,7	909,8	367,7	236,4	64,3
S.T. kg/d	39	210,2	10 971,8	2 893,6	2 479,6	85,7
S.S. kg/d	40	1636	8 974,8	2 403,3	2 289,6	95,3
Ni kg/d	39	18	2 471,1	435,5	510,5	117,2
Fe kg/d	38	839,8	56 340,4	11 374,4	11 040,2	97,1
Co kg/d	39	0,41	155,9	28,1	31,7	112,7
Mn kg/d	39	0,14	999,7	173,7	198,4	114,2
Cr kg/d	38	13,5	1 609,7	326,7	338,4	103,6
Cu kg/d	39	0,14	22	3,3	4,04	122,4
NH ₃ L kg/d	36	3,65	2 050,9	328,1	467,5	142,1
NH ₃ t kg/d	37	5,23	2 058,4	384,2	25,9	131,6

Tabla 6 Punto 6 Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	38	25,1	1 284,1	290,9	367,3	126,2
AyG kg/d	31	5,4	212,4	71,9	56,8	78,9
S.T. kg/d	40	1,33	3 837,7	379	672,9	177,54
S.S. kg/d	42	6,8	907,4	162,3	211,7	130,4
Ni kg/d	42	0,0	502,4	94,6	95,6	101,01
Fe kg/d	41	68,2	1 572,7	481,8	428,7	88,9
Co kg/d	41	0,0	40,1	4,87	8	164,30
Mn kg/d	41	0,98	62,6	7,3	10,8	148,1
Cr kg/d	41	0,2	21	6,2	4,7	75,9
Cu kg/d	41	0,0	3,7	0,9	0,8	96,3
NH ₃ L kg/d	37	0,17	3 150	729,3	622,8	85,39
NH ₃ t kg/d	38	0,18	3 275,4	769,8	672,8	87,39

Tabla 7 Punto 7 Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	36	9,51	869,8	144,4	166,4	115,2
AyG kg/d	20	2,94	107,6	42,1	34,9	83
S.T. kg/d	36	17,1	2 141,9	402,5	541,5	134,5
S.S. kg/d	38	0,55	1 450,8	264,9	384,2	144,9
Ni kg/d	39	0,44	251,3	28,5	46,1	161,4
Fe kg/d	38	28,9	4 112,6	875,6	1 117,1	127,6
Co kg/d	39	0	20,1	2,33	3,69	158,4
Mn kg/d	39	0,5102	113,7	11,7	20,8	175,6
Cr kg/d	39	0,26	143,9	16,03	27,69	172,7
Cu kg/d	38	0	3,13	0,54	0,68	126,3
NH ₃ L kg/d	27	0	75,3	25,9	19,7	76,3
NH ₃ t kg/d	29	0,25	113,1	33,1	26,6	80,5

Tabla 8 Punto 8 Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	19	11,01	8 554,7	1 957,2	2 601,7	132,9
AyG kg/d	10	0	0,0	0	0	0,0
S.T. kg/d	22	4,1	1 248	463,3	373,03	80,5
S.S. kg/d	23	3,34	1 160,3	456,3	359,3	78,7
Ni kg/d	21	0,12	9,8	2	2,33	116,5
Fe kg/d	21	6,33	267,7	74	71,04	96
Co kg/d	21	0,01	0,8	0,23	0,25	107,2
Mn kg/d	21	0,01	7,25	1,20	1,73	144
Cr kg/d	21	0,05	6,43	1,50	1,78	118,9
Cu kg/d	21	0,00	0,68	0,13	0,15	116,3
NH ₃ L kg/d	15	0,23	9,3	2,17	2,49	114,4
NH ₃ t kg/d	15	0,30	14,1	12,5	3,68	113,1

Tabla 9 Punto 9 Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	35	9,35	6 500,2	1 441,3	1 617,4	112,2
AyG kg/d	26	7,66	713,6	125,5	172,8	137,6
S.T. kg/d	37	4,20	22 962,1	2 858,4	4 960,6	173,5
S.S. kg/d	40	2,17	21 114,8	2 096,8	4 007,7	191,1
Ni kg/d	39	1,03	1 117,5	196,6	253,8	129,1
Fe kg/d	39	35,89	27 969,8	3 630,1	4 799,9	132,2
Co kg/d	39	0,09	422,7	34,4	77	108,0
Mn kg/d	39	0,37	979,6	81,7	167,5	143,5
Cr kg/d	39	0,93	822,4	120,01	181,2	151,02
Cu kg/d	39	0	19,8	4,56	5,38	118,1
NH ₃ L kg/d	40	4,46	50 599,9	4 128,6	8 301,2	186,8
NH ₃ t kg/d	41	4,46	51 108	4 560,1	8 462,7	185,6

Tabla 10 Punto 10 Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	40	5 504,4	110 430,1	36 020,1	27 877,9	77,4
AyG kg/d	42	2 497,3	18 759,5	6 742,1	4 216,9	62,5
S.T. kg/d	39	69 511,3	208 756,7	108 711,8	28 939,3	26,6
S.S. kg/d	43	2 684,0	83 609,0	23 062,3	19 336,2	83,84
Ni kg/d	44	311,2	1 812,3	438,038	317,4	37,87
Fe kg/d	43	5 578,9	63 786,9	19 746,4	11 825,2	59,8
Co kg/d	44	0,00	177,3	71,03	36,76	51,17
Mn kg/d	44	9,15	726,0	204,6	131,6	64,33
Cr kg/d	44	28,6	2 394,3	386,9	371,3	95,9
Cu kg/d	43	0,0	53,6	15,7	12,6	80,6
NH ₃ L kg/d	43	69,9	11 130,1	5 088,2	2 609,1	51,3
NH ₃ t kg/d	43	348,1	19 338,7	6 574,6	3 813,1	57,9

Tabla 11 Punto 11 Comportamiento de las cargas

	Cantidad de muestras	Carga mínima	Carga máxima	Carga promedio	Desv. estandar DS	Coef. de variación CV %
DQO kg/d	32	9,9	620	157,9	161,6	102,3
AyG kg/d	23	0,19	130,7	36,4	35,3	96,9
S.T. kg/d	35	14,6	1 479,8	287,5	420,0	146,1
S.S. kg/d	38	1,02	1 291,6	169,4	317,8	187,6
Ni kg/d	38	0,69	114,3	22,4	23,7	105,9
Fe kg/d	38	0,94	1 303	273,9	305,3	111,6
Co kg/d	38	0,0	4,5	0,92	1,05	114,5
Mn kg/d	39	0,11	17,5	3,19	3,95	124,0
Cr kg/d	39	0,0	19,6	4,87	5,59	114,6
Cu kg/d	38	0,0	3,6	0,35	0,57	161,0
NH ₃ L kg/d	38	4,17	341,2	70,8	88,5	124,9
NH ₃ t kg/d	39	8,63	342,5	81,9	99,1	120,9

Tabla 12 Comportamiento del 50 % de la frecuencia acumulativa de las magnitudes de las cargas (kg/d)

Ptos	DQO	AyG	ST	SS	NH ₃ L	NH ₃ T	Ni	Fe
1	930	17,5	1 125	60	150	225	6	210
2	60	27,0	200	50	7,5	15	1,5	30
10	25 904	5 540	160 000	18 600	5 000	6 150	760	17 000
11	40	22	120	60	37,5	475	15	180

RECOMENDACIONES

1. Adoptar medidas para evitar el derrame de petróleo, grasas y sólidos al canal mediante la colocación de trampas adecuadas.
2. Evitar el vertimiento del residuo fino del lavado de carbón.
3. Continuar los trabajos de tratamientos de estos efluentes.
4. Estudiar los sistemas que permitan la recuperación de las aguas residuales industriales.
5. Continuar realizando muestreos semanales con el equipamiento que quedó en la planta para tener conocimiento de la composición y del caudal de los efluentes de la empresa.

REFERENCIAS

1. ALPHA-AWWA-WPCF: *Standard methods for examination of water and wastewater*. New York, 15th Edición, 1980.
2. ANTEPROYECTO DE NORMA: "Disposición final de residuales líquidos. Requisitos". 1974.
3. DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA: *Manual de hidrometría*. Instituto de Hidroeconomía, 1978.
4. GARCIA, J. y H. TRAVIESO: "Evaluación de la carga contaminante afluente a la Bahía de La Habana aportada por los ríos Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo", 1980.
5. GORDON M., G. y I. PEISAJOV L.: *Captación de polvos y purificación de gases en la metalurgia de metales no ferrosos*. Moscú, Editorial Mir, 1981.
6. LUND HERBERT, F.: *Industrial Pollution Control Hand book*. New York, McGraw-Hill, 1971.

CUBANIQUEL
 Empresa Cubana Exportadora de Minerales
 y Metales

CUBANIQUEL
 Cuban Mineral and Metal
 Exporting Enterprise