

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente



TRABAJO DE DIPLOMA

**CARACTERIZACION DE LAS AGUAS
RESIDUALES INDUSTRIALES, TEXTILERAS DEL
COMPLEJO INDUSTRIAL DE ZONA FRANCA LAS
MERCEDES (MANAGUA)**

AUTOR: Br. PÁVEL ILLICH GARCÍA PÉREZ

ASESOR: Ing. LUIS HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

Presentado a la consideración del Distinguido Tribunal Examinador como requisito final para optar al Título Ingeniero Agrónomo con Orientación en Suelo y Agua.

MANAGUA, NOVIEMBRE 2005

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
Índice de Cuadros	i
Índice de Fotos	ii
Índice de Anexos	iii
Índice de Figuras	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	3
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1. Planicie volcánica de Managua	5
3.2. Aprovechamiento del agua superficial	6
3.3. Aguas subterráneas	6
3.4. Principales características del Lago Xolotlán	7
3.4.1. Contaminación del Lago Xolotlán	7
3.5. Calidad del agua	10
3.6. Análisis de las aguas residuales	11
3.7. Características físicas	11
3.7.1. Sólidos totales	11
3.7.2. Sólidos suspendidos totales	11
3.7.3. Grasas y aceites	12
3.8. Características químicas	12
3.8.1. Potencial hidrógeno (pH)	12
3.8.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	12
3.8.3. Demanda química de oxígeno (DQO)	13
3.8.4. Cromo Total	13
3.8.5. Sulfuros	14

3.8.6. Zinc	14
3.9. Método para estimar el caudal de aguas residuales	14
3.10. Estimación de las cargas emitidas por la Zona Franca Las Mercedes	15
3.11. Calculo para estimar la descarga de contaminantes por día. (kg/día)	15
3.12. Proceso industrial de una empresa textil (CEPIS, 1995.)	16
3.12.1. Descripción de los procesos industriales	16
3.12.2. Preparación de la fibra hasta el hilado o tejido (procesos secos)	16
3.12.3. Cardado-peinado	16
3.12.4. Hilado	17
3.12.5. Teñido de hilado	17
3.12.6. Engomado o encolado	17
3.12.7. Tejido	18
3.12.8. Chamuscado o quemado	18
3.12.9. Desencolchado o desengomado	18
3.12.10. Mercerizado	19
3.12.11. Descrude	19
3.12.12. Blanqueo	20
3.12.13. Teñido	20
3.12.14. Con el material en movimiento	20
3.12.14.1. Con el material en reposo y el baño en movimiento	21
3.12.14.2. Con el material y el baño en movimiento	21
3.12.15. Tipos de colorantes utilizado en el teñido de la tela	22
3.12.15.1. Los colorantes directos sustantivos	22
3.12.15.2. La colorante tina	22
3.12.15.3. Los colorantes al sulfuro	22
3.12.15.4. Colorantes en base naftol: azoicos insolubles	23
3.12.15.5. Colorantes reactivos	23
3.12.16. Estampado	23
3.12.16.1. Estampado por rodillos (E. Rouleau según	

CEPIS 1995)	24
3.12.16.2. Estampado a la lionesa o en la malla	24
3.12.17. El impacto ambiental de los efluentes industriales	26
3.12.17.1. Efectos de los efluentes textiles en el alcantarillado	26
3.12.17.2. Efectos de los afluentes textiles en el tratamiento biológico	26
3.12.17.3. Efectos de la disposición de lodos	27
3.12.17.4. Efectos de los efluentes textiles en aguas superficiales	28
3.12.17.5. Efectos de los efluentes textiles para abastecimiento doméstico	29
3.12.17.6. Efectos sobre la calidad del aire	29
3.12.17.7. Efectos del ruido	31
3.13. Decreto 33-95	31
IV. MATERIALES Y METODOS	33
4.1. Ubicación del estudio	33
4.2. Materiales	33
4.3. Toma de muestras y sitios muestreados	34
4.3.1. Tipos de muestras	36
4.3.2. Muestra compuesta	36
4.4. Técnicas de muestreo	36
4.5. Análisis de aguas residuales	37
4.6. Análisis estadístico	37
4.7 Velocidad y caudal de aguas residuales	37
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1. Parámetros físicos	38
5.1.1. Sólidos totales en aguas residuales	38
5.1.2. Sólidos suspendidos totales en agua residual	40
5.1.3. Grasas y aceites en aguas residuales	42
5.2. Parámetros químicos	44
5.2.1. pH en aguas residuales	44
5.2.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) en el agua	

residual	46
5.2.3. Demanda química de oxígeno(DQO) en agua residual	47
5.2.4. Relación DQO/DBO ₅ en agua residual	48
5.2.5. Cromo total en aguas residuales industriales	49
5.2.6. Zinc en aguas residuales industriales	51
5.2.7. Sulfuro en aguas residuales industriales	52
5.3 Resultado del caudal	53
VI CONCLUSIONES	55
VII. RECOMENDACIONES	57
VIII. BIBLIOGRAFÍA	58
IX. ANEXOS	61

Índice de Cuadros

CUADROS

PÁGINA

1.	Normas del Decreto 33-95	32
2.	Frecuencia de muestreo (Según MARENA, decreto 33-95)	36
3.	Parámetros y métodos evaluados en aguas residuales	37
4.	Resumen de los parámetros medidos	54

Índice de Fotos

FOTOS

PÁGINA

1. Salida principal de las aguas residuales industriales proveniente de la CIZFLM. 68
2. Derrame de aguas residuales industriales CIZFLM en los manjoles. 68
3. Punto donde convergen los dos tipos de agua proveniente de la CIZFLM con dirección al Lago de Managua. 69
4. Caudal de las aguas residuales industriales y aguas residuales domesticas proveniente de la CIZFLM con dirección al Lago de Managua. 69
5. Pilas de tratamiento con aguas residuales estancadas 70
6. Río de agua residual que se dirige al Lago de Managua pasando por áreas donde se cultivan, hortalizas y plátanos. 70

Índice de Anexos

ANEXOS PÁGINA

1.	Proceso Industrial en el CIZFLM (Citado Dagerskog y Simonsson, 2001)	61
2.	Toma del volumen de salida de la descarga principal, de las industrias textiles, tomadas tres días consecutivos, ocho horas diarias.	61
3.	Índice de contaminación del CIZFLM.	62
4.	Empresas que integran la CIZFLM.	62
5.	Sólidos totales en agua residual en los tres días muestreados.	63
6.	Sólidos suspendidos totales en agua residual en los tres días muestreados.	63
7.	Concentración de grasas y aceites encontrados en los tres días muestreados.	63
8.	Comportamiento de pH en aguas residuales.	64
9.	Demanda bioquímica de oxígeno encontrado en los tres días muestreados.	64
10.	Demanda química de oxígeno encontrado en los tres días muestreados.	64
11.	Relación de la DQO/DBO ₅	65
12.	Emisiones de cromo total en aguas residuales	65
13.	Emisiones de zinc en las aguas residuales industriales.	65

14.	Emisión de sulfuro en las aguas residuales industriales.	65
15.	Empresas que vierten más contaminantes.	66
16.	Resultados de análisis de aguas residuales en Zona Franca Industria. “Las Mercedes”, Managua.	67

Índice de Figuras

FIGURAS

PÁGINA

1.	Proceso de la industria algodonera (CEPIS,1995)	25
2.	Fotografía aérea y ubicación de los sitios muestreados de la CIZFLM.(Fuente:SIGMA)	35
3.	Comportamiento de sólidos totales en los puntos muestreados	38
4.	Comportamiento de los sólidos suspendidos totales en los puntos muestreados	40
5.	Comportamiento de las grasas y aceites en los puntos muestreados	42
6.	Comportamiento del pH en los puntos muestreados	44
7.	Comportamiento del DBO ₅ en los puntos muestreados	46
8.	Comportamiento del DQO en los puntos muestreados	47
9.	Relación DQO/DBO ₅ en aguas residuales de la CIZFLM	48
10.	Comportamiento del cromo total en los puntos muestreados	49
11.	Comportamiento del zinc en los puntos muestreados	51
12.	Comportamiento del sulfuro en los puntos muestreados	52
13.	Comportamiento del caudal en los tres días muestreados	53

Dedicatoria

A Todos:

Los que no desisten jamás de luchar.

Los que creen en las capacidades humanas para crear, sembrar y cultivar valores e ideas por que apostan por la humanidad.

A los que comparten la hermosa convicción de la posibilidad de un mundo mejor.

A los que ofrendaron la vida creyendo erradicar las injusticias de la faz de la tierra.

Con amor y admiración por ser madre ejemplar a
Lic. MARTHA LORENA PEREZ ESTRADA.

A mi padre por su apoyo incondicional
Lic. JOSE ADAN GARCIA BLANDON.

A todos mis ti@s, prim@s y especialmente a mis hermanas y mis sobrinos.

A mi madrina, In Memoriam
BLANCA DERMA ESTRADA SANCHEZ

v

Agradecimiento

Les agradezco a aquellas personas que ayudaron en la preparación de esta investigación.

Agradezco a los proyectos **PACI** por apoyarme en la ejecución de la investigación, para poder realizar el trabajo de tesis los que hicieron posible que este ejemplar tengan ustedes en sus manos.

Agradezco a mi Asesor y Tutor **Ing. LUIS HERNÁNDEZ GONZALEZ** por haberme apoyado en la realización de este estudio.

Expreso mi gratitud y aprecio a los **Ingenieros ALVARO BENAVIDES** por haberme apoyado desinteresadamente en la parte estadística de esta Investigación.

Especialmente al **Lic. GUSTAVO VALVERDE** por sus aportes y sugerencias hechas para la presentación de la Investigación.

A mis maestros y amigos, por sus enseñanzas en mi formación académica.

Igualmente manifiesto mi más sincero agradecimiento al Pueblo de Nicaragua por el aporte que hace a la Educación Superior a través del pago de sus Impuestos.

Finalmente menciono al **Arq. CARLOS OWEN** Coordinador de Desarrollo de la Corporación de Zonas Francas (CZF), por brindarme su colaboración durante la etapa de campo de esta Investigación.

Resumen

Con el objetivo de conocer las concentraciones de compuestos orgánicos e inorgánicos emitidos por las Industrias Textileras de la Zona Franca “Las Mercedes” Managua, se realizó este estudio en el 2004, para la caracterización de los vertidos proveniente de ocho sitios, de las instalaciones y de la salida principal donde convergen descargas de las principales industrias que tiñen y elaboran prendas de vestir. El estudio se basó en las normas permisibles emitidas por MARENA en el decreto 33-95, donde se establecen disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias. Las concentraciones de cromo varían en los ocho sitios muestreados entre 0.002 mg/l como mínimo y 1.212 mg/l como máximo, donde el promedio es de 0.134 mg/l, valores que estadísticamente se encuentran por debajo del decreto 33-95, encontrando valores vertidos en un día que superan lo permisible por el decreto (caso del sitio seis). Los sólidos totales se encuentran en un rango de 1097 mg/l como mínimo y un valor máximo de 2697 mg/l, con un promedio de 1713.46 mg/l. Los sólidos suspendidos se encontraron con valores mínimos de 206 mg/l y máximos de 1621 mg/l, con un promedio de 733.38 mg/l. La DBO₅ y DQO superan lo establecido por el decreto (33-95) con 137.92, y 301.60 mg/l como promedio superando 100 y 250 mg/l, respectivamente, lo que requerirá más oxigenación de las aguas del Lago para poder estabilizar y oxidar la materia orgánica acumulada. En el caso del zinc, el resultado es 0.288 mg/l como promedio debajo de lo permisible que es 2 mg/l. En el caso del sulfuro este está por encima de lo establecido encontrando 1.54 mg/l, como promedio donde lo permitido es 0.2 mg/l. La grasas y el aceites, encontrado 12.32 mg/l y según decreto 33-95 es 20 mg/l. El único parámetro que se encontró dentro de lo establecido en los tres días y en los ocho sitios muestreados fue el pH donde lo encontrado es 7.34 unidades como promedio y según el decreto 33-95 oscila entre 6-9.

Palabras claves: Zona franca industrial las mercedes, Decreto 33-95.

Abstract

With the objective of knowing the concentrations of organic and inorganic compounds deposited by the Industrial Textiles of the Industrial park "The Mercedes" located in Managua, in the year 2004 this study was carried out to characterize the deposits coming from eight places, of these facilities and of the main discharges of these industrial textiles which tint and make garments of dressing. The study was based on the permissible norms by MARENA in the ordinance 33-95, where dispositions for the contamination control were established, contaminations coming from the discharges of domestic, industrial and agricultural waste waters. The sample concentrations of chromium vary in the eight places, being 0.002 mg/l the minimum and 1.212 mg/l the maximum, where the average is of 0.134 mg/l, numbers that statistically are below the ordinance 33-95, finding in one day numbers that surpass the permissible figure in the ordinance (case of the six places). The total solids are in a range of 1097 mg/l the minimum and 2697 mg/l the maximum, with an average of 1713.46 mg/l, surpassing that established by the ordinance. The suspended solids fall within 206 mg/l the minimum and 1621 mg/l the maximum, being the average of 733.38 mg/l. The DBO₅ and DQO surpassed the established by the ordinance being the average 137.92 and 301.60 mg/l, surpassing the 100 and 250 mg/l respectively, what will require more oxygenation of the waters of the Lake to be able to stabilize and to oxidize the accumulated organic matter. In the case of zinc, the result is 0.288 mg/l as average which means that it is below the permissible figure that it is 2 mg/l. In the case of sulfide this it is above the established figure, being the average 1.54 mg/l, where the allowed is 0.2 mg/l. The fats and the oils found were 12.32 mg/l and according to ordinance 33-95 should be 20 mg/l. The only parameter that was found inside the established in the three days and in the eight places under sampling was the pH, which was 7.34 units as an average and according to the ordinance 33-95, ranges between 6-9.

Key words: Industrial park "Las Mercedes, Ordinance 33-95.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación de los recursos hídricos en Nicaragua es un problema ascendente que a diario muestra más evidencia. Sin embargo, se tiene muy poca información del grado de contaminación de los acuíferos en el país, por esta razón es necesario prevenir su contaminación desarrollando instrumentos que permitan orientar esfuerzos y recursos en aquellos acuíferos que por sus características geológicas e hidrológicas son naturalmente sensibles a ser contaminados (MARENA-KTH, 2000).

La planta de procesamiento textil emplean una amplia variedad de tintes y otros compuestos químicos, incluidos los ácidos, bases, sales, agentes humedecedores, colorantes y otros acabados auxiliares. Muchos de estos no permanecen en el producto textil final sino que son desechados después de cumplir con un uso específico. Por tanto, los efluentes combinados de las plantas de textiles pueden contener todos o cualquiera de estos componentes. Dado que muchos procesos textiles se manejan en forma discontinua, las concentraciones de los materiales residuales pueden variar significativamente. Algunos procesos requieren de condiciones altamente ácidas mientras que las de otros son altamente alcalinas. En consecuencia, el pH del agua residual también puede variar bastante a lo largo de un periodo de tiempo (CEPIS, 1995).

Las aguas residuales industriales (ARI), son originadas por los diferentes procesos industriales. Sus características tanto en cantidad como en calidad varían de acuerdo con el proceso, inclusive entre procesos iguales se presentan variaciones significativas. Las ARI pueden contener sustancias tóxicas y compuestos que pueden afectar los sistemas de drenajes por las que circulan (<http://www.ellaboratorio.8k.com/ambdocs.htm#qmanizales>,2004).

La inadecuada disposición de los efluentes de estas industrias es uno de los mayores problemas que las autoridades estatales deben enfrentar, porque ocasionan efectos negativos para la salud, debido a los insumos utilizados en sus procesos. Por otro lado, la naturaleza de estos vertimientos, muy ricos en compuestos químicos, ha producido inquietud en la población afectada por los efluentes industriales (CEPIS, 1995).

Estudios realizados en 1991 demuestran que fueron lanzadas al lago aproximadamente 40 toneladas de mercurio por la compañía trasnacional productora de soda cáustica y cloro, Penwalt S.A. o ELPESA (Lacayo, 1991).

Los cuerpos de agua de ríos, lagos y estuarios son usados universalmente, para el transporte de disposición de residuos domésticos e industriales. Es preciso decir que la disponibilidad del recurso agua no puede abordarse únicamente en términos de su abundancia o escasez relativas, sino también de su calidad, la que puede constituirse en limitante para usos específicos.

Con el presente trabajo realizado se pretende estimar la contaminación proveniente de las aguas residuales industriales textiles que no son sometidas a ningún tratamiento antes de ser vertidas al lago de Managua (Xolotlán), sirviendo este como un aporte más a la ya deteriorada mala calidad, en donde juegan un papel fundamental de contaminación producida por los tintes contenidos en las telas que se utiliza como materia prima para la elaboración de prendas de vestir.

1.1 Antecedentes

A partir de los años 90 en Nicaragua comienza a surgir una nueva forma de generación de empleo, con la introducción de zonas francas en donde convergen diferentes tipos de empresas, predominando las empresas textiles ya que en ellas se elaboran prendas de vestir para su exportación (CNZF, 2000).

Los problemas de medio ambiente que enfrenta la industria textil son únicos y están enfocados en aquellas áreas de preparación, teñido, acabado y tejido, tanto en procesos de fibra sintética como natural, afectando la calidad del agua, del efluente de masa de agua superficial, afectándolo directamente en color, toxicidad y contenido de metales pesados (CEPIS, 1995).

El esfuerzo de este primer estudio enfocado a la contaminación producida por las industrias textiles es contribuir a minimizar el impacto ambiental que estos residuos generan y que se han convertido un problema agudo para los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas en nuestro país.

No existe en Nicaragua experiencia en este tipo de trabajo que reduzca las descargas de aguas contaminadas con metales, sales, desperdicios etc. En países desarrollados se emplea tecnología avanzada en tratamiento de aguas incluyendo ozonización, filtración por membrana, intercambio iónico, coagulación química, y destilación. Estos han sido evaluados a nivel de laboratorio, así como pruebas piloto, a escala se han realizado para determinar el posible reúso de agua, de baños de enjuague, en teñido, recuperación de soda cáustica.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar la carga de contaminantes de las aguas residuales que son vertidos por las diferentes empresas que componen el complejo Industrial de Zona Franca Industrial Las Mercedes.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas (sólidos totales, sólidos en suspensión, grasa y aceites) de las aguas residuales industriales de la zona franca Las Mercedes.
- Determinar las propiedades químicas (pH, demanda bioquímica de oxígeno, DBO₅, demanda química de oxígeno, DQO, cromo total, sulfuros, zinc) de las aguas residuales industriales de la Zona Franca Las Mercedes.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

En entrevista con el delegado ambiental del MARENA, para el municipio de Managua (Róger Pérez), en esta institución de carácter normadora no tienen registros que den a conocer los diferentes tipos de procesos industriales de las empresas textiles que componen el complejo industrial de Zona Franca las Mercedes, sin embargo Dagerskog y Simonsson (2001) describen los procesos que se realizan en el complejo industrial de Zona Franca las Mercedes (Ver Anexo 1)

3.1. Planicie volcánica de Managua

El Lago Xolotlán se encuentra ocupando una porción de la provincia geológica, conocida como el Graben Nicaragüense, que en general presenta características geomorfológicas del Cuaternario Volcánico. Esta planicie limita: al norte con la ciudad capital, al sur con el pie de monte, y el parte agua de la sub.-cuenca; al este con la planicie fluvio - lacustre y planicie aluvial de Sabana Grande (IRENA, 1983.).

Según sus diferentes elementos se distinguen las siguientes formas: ligeramente onduladas, ligeramente inclinada, moderadamente disectada y moderadamente ondulada. La Planicie Aluvial Uniforme de Sabana Grande se ubica al noreste de la planicie volcánica y por el sur limita con la planicie volcánica y por el norte con la planicie fluvio - lacustre en las cercanías del Aeropuerto Internacional A. C. Sandino, sus suelos son profundos y están siendo aprovechados por cultivos anuales.

La cuenca sur del Lago Xolotlán presenta un total de seis lagunas: Asososca, Xiloá, Apoyeque, Acahualinca, Tiscapa y Nejapa. Todas tienen intercomunicación ya que sus aguas subterráneas pertenecen al mismo acuífero.

3.2. Aprovechamiento del agua superficial

Son pocas las corrientes perennes que se ubican en la cuenca sur del Lago de Managua. Hay algunas que en mayor o menor grado son utilizadas con fines turísticos, como es el caso de los ríos El Rodeito, Santa Elena, El Borbollón, y El Escondido. De las seis lagunas que se encuentra en la Cuenca Sur, Asososca actualmente se está utilizando para abastecer parte de la demanda de agua municipal de la ciudad capital; Xiloá se aprovecha mediante el desarrollo turístico recreativo y la pesca artesanal y de competencia. Tiscapa se ha desarrollado un complejo turístico cultural y las lagunas de Apoyeque, Nejapa, Acahualinca no están siendo aprovechadas; la primera por falta de acceso a ella y las otras por la calidad físico química de sus aguas.

3.3. Aguas subterráneas

Desde el punto de vista hidrogeológico, el área se divide en dos, el agua subterránea (del Valle de los Brasiles, Chiltepe) y la de Managua. El acuífero en el subsuelo del sector de Managua se ubica al pie de la escarpa de la cordillera del Pacífico. Está formada por rocas del Grupo las Sierras (TQPS), compuesto por aglomerados de hasta 40 metros de espesor, algunos cuyos horizontes contienen fragmentos grandes de basalto y bombas. Hacia el techo del Grupo las Sierras es frecuente encontrar arenas volcánicas sueltas, de granos gruesos y finos, los cuales en algunas partes se presentan con algo de pómez, lapilli grueso, así como también es frecuente la presencia de cenizas eolítica gruesa de color marrón negrusco, en abundante lapilli.

3.4. Principales características del Lago Xolotlán

La cuenca del Lago Xolotlán se ha comportado endorreicamente, exceptuando cuando ha alcanzado un nivel de 39.00 m.s.n.m. que era el nivel de descarga en el Río Tipitapa, por el cual desagua hacia el Lago de Nicaragua. Desde que se tienen registros, el máximo nivel histórico es de 43.00 m.s.n.m.(10/1933) y el mínimo de 35.16 m.s.n.m. (05/1993), lo que resulta en una máxima oscilación de 8.28 m.s.n.m. en un lapso de 60 años. Posee fallas geológicas, en la dirección Suroeste-Noreste, transversal a la gran falla volcánica que atraviesa el lago por su eje mayor. Ciertas emanaciones sulfurosas se desprenden a lo largo de su ribera sur, desde el Aeropuerto Internacional de Managua hasta Tipitapa. Un intenso campo geotérmico es aprovechado en la rivera intermedia al volcán Momotombo. Tiene una elevación media de 37.84 m.s.n.m una superficie de 1016 km², un volumen total de $7.97 \cdot 10^6$ m³, una profundidad máxima de 26 m, temperatura media anual entre 27 y 30 °C, precipitación media anual de 1,140 mm y una evaporación media anual de 2395 mm (INETER, OIEA, 2001).

3.4.1. Contaminación del Lago Xolotlán

En el año 1927, se da inicio a la contaminación progresiva del lago con desechos provenientes de la descarga de aguas residuales domésticas de los pobladores capitalinos (que en 1982 eran 728,000 habitantes, y el 70 % estaba conectado al servicio de alcantarillado), es decir, que 70,000 libras de materia orgánica recibía el lago para esa fecha (IRENA, 1983).

A partir de los años 60 con el desarrollo del Mercado Común Centroamericano, se incrementó la contaminación del Lago de Managua al introducirse el desarrollo industrial en nuestro país (INEC, 1982.).

Que en Nicaragua existen 4553 industrias en todo el país, ubicada la mayoría en Managua y Masaya con un total de 1875 y 615, respectivamente, que en la ciudad de Managua 37 son las más importantes desde el punto de vista ambiental. Al utilizar estas como cuerpo receptor al Lago de Managua, se hace especial mención a algunas industrias más importantes que están aumentando la contaminación del Lago (Complejo ELPESA-HERCASA y Refinería de Petróleo, ESSO Standard Oil, S.A).

La ciudad de Managua y los pueblos vecinos de la subcuenca oriental, cuentan en la actualidad con una población de más de un millón de habitantes, lo que representa la cuarta parte de la población nacional, con una tasa de crecimiento del 2.9% anual. Este acelerado crecimiento ha dado por origen a un significativo déficit de agua potable para satisfacer la demanda de la ciudad capital (SUWaR-ENACAL, 2000).

Los resultados de los estudios realizados para determinar la carga de contaminantes identifican una gran variedad de actividades antropogénicas, como fuentes potenciales de contaminación, para las aguas subterráneas. La actividad agrícola desarrollada en décadas pasadas al este de la cuenca, especialmente la algodonera, al igual que algunas actividades actuales del mismo género es la de mayor influencia, que representa el 47 % del total, las actividades industriales en segundo plano con el 26 %, las municipales el 19 % y otras con el 8 %. Todos estos porcentajes son parte de un total de 220 fuentes identificadas en la primera fase del estudio. El mismo estudio arroja la información de la calidad del agua en el área de Valle de Gothel, Cofradía y Veracruz, donde existe un sistema de fracturación producto del vulcanismo del Volcán Masaya, predominan la aguas del tipo bicarbonato-magnesio-sodio y bicarbonato sodio magnesio, esta caracterización hidroquímica es propia de aguas antiguas y termales que ascienden a través de las fallas. Finalmente en la zona cerca al Lago Xolotlán, predominan las aguas bicarbonatadas-sódicas (SUWaR-ENACAL, 2000).

Conforme al balance hídrico del embalse calculado para un período de 40 años se estima que el lago recibe como aportes: precipitaciones de 980 mm más escurrimiento superficial de 934 mm, equivalente a 30.42 m³/s. Estos aportes complementados con el agua subterránea sobrepasan en 6 % la lámina de 2.0 mm de evaporación de superficie libre que se produce en el lago. Este balance evidencia que los excedentes de agua son muy pequeños para ser aprovechables (Marín, 1992).

Según estudios efectuados por el CIRA (citado por Marín, 1992) el lago se encuentra en franco proceso de salinización y eutrofización debido a su condición de cuenca cerrada, además de los desechos industriales, fertilizantes, pesticidas, etc. que provienen principalmente de la cuenca sur.

Otros problemas de salud que son causados por el cromo hexavalente, son erupciones cutáneas, malestar del estómago, úlcera, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daños en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer del pulmón, muerte. El período de latencia correspondiente oscila entre 10 y 27 años. En las plantas se conocen entre otras lesiones en el sistema radicular, las raíces no desarrollan bien y las hojas se mantienen angostas, tomando un color pardo rojizo con aparición de pequeña manchas necróticas. En los sistemas acuáticos la toxicidad de los compuestos solubles del cromo varía según la temperatura, pH, y dureza del agua y según las especies de organismos que los pueblan (<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Cr.htm>, 2005).

La acumulación del zinc puede incluso producir defectos de nacimiento, demasiada cantidad de zinc puede también causar problemas de salud eminentes, como, es úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia. Niveles alto de zinc pueden dañar el páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arterioesclerosis (<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Zn.htm>, 2005).

Dentro de la Subcuenca Oriental se encuentra el complejo industrial más grande y concentrado el cual es conocido como Zona Franca Industrial las Mercedes compuesto por 25 industrias y con perspectivas de crecimiento, siendo el mayor número de industrias textiles, que representa el 13.2 % del total de 581 industrias localizadas en la capital (MARENA-KTH, 2000).

Existen otras sustancias de mayor peligro como el cromo (Cr), que son vertidos por estas industrias, el cual es tóxico y estable por lo tanto difícil de degradar constituyendo un serio peligro para el acuífero (MARENA-KTH, 2000).

3.5. Calidad del agua (Citado por Marengo y Sevilla, 1994.).

La calidad del agua está fundamentalmente determinada por el uso que se le dé a la misma, ya que para satisfacer diferentes necesidades, las características permisibles o deseables varían sustancialmente.

3.6. Análisis de las aguas residuales

Los elementos o sustancias que pueden contaminar las aguas pueden ser de naturaleza física, química y biológica, pero en general no se consideran todos los elementos, sino algunos de los más significativos que definen mejor el grado de contaminación de las aguas.

3.7. Características físicas (Citado por Marengo y Sevilla, 1994.).

3.7.1. Sólidos totales

El contenido de sólidos totales se define como toda la materia que queda como residuo de la evaporación a 103 y 105 °C.

Los sólidos totales del agua residual proceden del uso de químicos utilizados en el proceso de teñido de la tela y también de la pelusa de la tela.

El valor de los sólidos totales incluye el material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos (Romero, 1999).

3.7.2. Sólidos suspendidos totales

Son los sólidos que quedan retenidos en el filtro. Estos se clasifican en sólidos sedimentales y sólidos no sedimentales. Constituyen aproximadamente el 30 % de los sólidos totales.

A su vez, los sólidos disueltos y suspensos pueden clasificarse en base a su contenido orgánico e inorgánico.

3.7.3. Grasas y aceites

Se entiende por grasa y aceites, el conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, y películas. Su procedencia se debe a posibles contenidos de estos dos agentes contaminantes que provienen de mantenimiento de la maquinaria que se utiliza en el proceso de fabricación de vestuarios (Romero, 1999).

3.8. Características químicas (Citado por Marengo y Sevilla, 1994.).

3.8.1. Potencial hidrógeno (pH)

La concentración del ión hidrógeno es un importante parámetro de la calidad de las aguas residuales. Este influye en la sobrevivencia de los microorganismos, debido a que la mayoría de los microorganismos, y en particular las bacterias, se desarrollan sin problemas en aguas con pH entre 6.5 y 8.5; a pH de 9.5 e inferiores a 4.0, las bacterias no pueden sobrevivir.

3.8.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ es uno de los análisis más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales. Se mide generalmente después de cinco días, este corresponde a la asimilación y síntesis, que incluye la fase de oxidación de bacterias.

Este parámetro determina la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

La DBO_5 representa una medida de la concentración de la materia orgánica biodegradable. Juega un papel importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad del agua, porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para estabilizar la materia orgánica presente (Romero, 1999).

3.8.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Generalmente, los valores de la DQO son mayores que los de DBO_5 porque es mayor el número de compuestos orgánicos que puedan ser oxidados químicamente, que los que puedan ser oxidados biológicamente.

El establecimiento de la relación DQO / DBO_5 para un agua residual en particular, es importante por cuanto posibilita conocer la DBO_5 , indirectamente por la medida de la DQO (Romero, 1999).

3.8.4. Cromo total

En los sistemas acuáticos, la toxicidad de los compuestos solubles del cromo varía según la temperatura, pH y dureza del agua y según las especies que la pueblan. El cromo total es la suma del cromo trivalente y cromo hexavalente contenido en un agua residual. En altas concentraciones es tóxico para la salud el hombre.

3.8.5. Sulfuros

Se entiende por sulfito los compuestos de azufre con un número de oxidación +4. El sulfito puede estar presente en las aguas residuales en los procesos de descomposición de la materia orgánica, la reducción del sulfito presente origina un mal olor (Romero, 1999).

Presenta riesgo de formación de gas sulfhídrico, el que en baja concentración genera olor desagradable y en alta concentración puede ser muy tóxico.

3.8.6. Zinc

La mayoría de zinc es adicionado durante actividades industriales, principalmente en las aguas. El zinc puede también incrementar la acidez de las aguas y también puede causar problemas de salud eminentes, como es úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia. Niveles altos de zinc puede dañar el páncreas y perturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arteriosclerosis.

3.9. Método para estimar el caudal de aguas residuales

El método utilizado, para medir el caudal en el canal fue con un flotador, para medir la velocidad, es decir tomar el tiempo, con un cronometro, que tomo el flotador para recorrer una distancia predeterminada.

Calculo para estimar el caudal de la salida principal:

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde: V = Velocidad.

D = Espacio Recorrido.

T = Tiempo.

Ecuación continuidad.

$$Q = V \times A =$$

Donde: V = Velocidad.

A = Área

(Ver Anexo 2)

3.10. Estimación de las cargas emitidas por la Zona Franca Las Mercedes

Los valores del flujo y la concentración usados para el cálculo eran los valores promedios sobre el período de muestreo entero y el tiempo era el número de horas que duro el muestreo (ocho horas laborales). El total de cargas emitidas es calculado por la siguiente ecuación (Ericsson and Rutberg, 1996).

Carga = Flujo \times Concentración \times Tiempo. Citado por Dagerskog y Simonsson (2001)

3.11. Calculo para estimar las cargas de los parámetros medidos por día. (kg/día).

Contaminante = 330 l/s ? 733.38 mg/l ? 8 h/día ? 1 día/24 h ? 86400 s/ 1 día

Contaminante = *6, 970, 043,520 mg/día

Nota* Los mg/día se convirtieron a kg/l. (Ver resultados Anexo 3)

Nota: El flujo se convirtió de m³/s a l/s.

1m³ _____ 1,000 l

0.330m³ → ?

? = 330 l/s

3.12. Proceso industrial de una empresa textil (CEPIS, 1995.)

En este trabajo se presenta según el (CEPIS, 1995), todo el proceso industrial de una empresa textil, los tipos de contaminantes que vierte en sus procesos, los tipos de tintas probables que se utilizan y el impacto que estos efluentes tienen al medio ambiente.

3.12.1. Descripción de los procesos industriales

Algodón y su mezcla.

La fabricación de la tela u operación de tejido consta, según (Rondinel, 1990) de las siguientes etapas:

Almacenamiento de la materia prima. Las fibras llegan acondicionadas en fardos.

3.12.2. Preparación de la fibra hasta el hilado o tejido (procesos secos)

La fibra se procesa en las etapas de cardado-peinado, hilandería y ovillado.

3.12.3. Cardado-peinado

Las balas se abren, se toman fibras en forma aleatoria de los distintos fardos, mezclándolas.

Se transportan neumáticamente a las cardas donde se paralelizan produciéndose las fibras, produciéndose su limpieza y mezcla. El velo así obtenido en algunos casos es peinado sucesivas veces, según la calidad que se desee obtener. En estas operaciones secas se eliminan cascarillas, fibras cortas y demás impurezas. De las operaciones de cardo o peinado se obtiene una mecha de fibra que es enrollada.

3.12.4. Hilado

Reduce la mecha (cardada o peinada) al grado de finura conveniente, dándole la tensión y la torsión necesarias para una resistencia y finura específicas. El hilo se enrolla bajo diferentes formas, carretes o bobinas cilíndricos o cónicos que pueden ser teñidos o bien enviados al sector de tejeduría.

3.12.5. Teñido de hilado

Los carretes o bobinas de hilado se someten a un tratamiento con soluciones de soda cáustica y detergentes (descruce) en máquinas a presión que eliminan completamente de las impurezas naturales del algodón (ceras, pectinas, etc.). Tras el enjuague en la misma máquina las bobinas se tiñen, utilizando diferentes colorantes y auxiliares en función del color y la fibra a procesar. El hilado así teñido, va directamente al proceso de tejido.

3.12.6. Engomado o encolado

Los hilos crudos teñidos empleados como urdimbre llegan a las unidades de engomados en rollos, pasan por una solución de goma de fécula hervida (almidón) u otros agentes encolantes [carboximetilcelulosa (CMC), alcohol polivinílico (PVA) y acrilatos] para darles la resistencia necesaria para el tejido subsecuente. Los desechos están constituidos por las aguas de los recipientes donde se preparan las soluciones de almidón u otros agentes de engomado y por las descargas de las engomadoras. Estos desagües, en general de bajo volumen, se caracterizan por tener una elevada carga orgánica y sólidos en suspensión.

3.12.7. Tejido

Los hilos pueden tejerse en telares a lanzadera (tejido plano/trama-urdimbre) o en máquinas circulares (tejido de punto). En ambos casos no se producen descargas líquidas ya que se trata de procesos secos.

3.12.8. Chamuscado o quemado

El tejido plano se somete a un proceso de flameado por medio del cual se completa la eliminación de cascarilla y pelusa, resultando un tejido de espesor uniforme.

Este proceso implica un lavado final de la tela con agua fría, la que puede descargarse directamente a la red debido a su bajo nivel de contaminación.

3.12.9. Desencolchado o desengomado

En esta operación, previa al teñido, se remueve el agente encolante empleado para los tejidos planos. El desengomado puede ser ácido o enzimático. Para ello puede utilizarse enzimas ácidas, detergentes alcalinos y jabones disueltos en agua, para posteriormente enjuagar la tela.

En el desengomado ácido se utiliza ácido diluido para hidrolizar la fécula y solubilizarla.

En el desengomado enzimático se utiliza enzimas vegetales o animales para descomponer la goma de una forma soluble en agua. Los agentes del desengomado enzimático se aplican directamente sobre la tela. En caso de desengomado ácido, las telas se remojan de 4 a 12 horas a la temperatura del ambiente. En el enzimático, de 4 a 8 horas de 55° a 82°C. Después de solubilizar la goma, la tela se enjuaga con agua.

En el caso de los agentes encolantes tales como el PVA y la CMC, al ser solubles en agua, solo se requiere un enjuague para removerlos. Si bien el volumen de estas descargas resulta en promedio solo el 15 % del total, su aporte contaminante representa aproximadamente 50 % de la carga total, expresada como DBO₅.

3.12.10. Mercerizado

Este proceso permite incrementar la resistencia tensil, lustre y la afinidad de los colorantes sobre la fibra de algodón y fibras sintéticas celulósicas. Consiste en impregnar la tela o el hilado con una solución fría de hidróxido de sodio (15 a 30 % en volumen). Este procedimiento se realiza manteniendo estirado el hilado tejido bajo tensión.

En algunos casos se elimina posteriormente el álcali con ayuda de algún ácido débil y se enjuaga con agua o vapor, provocándose la consecuente descarga. En otros, el exceso de soda en la tela o el hilado es aprovechado para el siguiente paso de descruce. Por otra parte, el primer enjuague de este proceso no acidulado puede concentrarse y recuperarse para su reuso en el mercerizado.

3.12.11. Descruce

Remueve impurezas naturales adheridas a las fibras y a las telas para acondicionarlas para las posteriores etapas de blanqueo o tintura. Como ya se mencionó en el teñido directo de hilado, en este proceso se emplean soluciones alcalinas y detergentes en caliente, obteniéndose descargas semejantes a las antes descritas. En muchos casos, puede practicarse el descruce y blanqueo en forma conjunta.

3.12.12. Blanqueo

Remueve la materia coloreada. Se utiliza sobre algodón y algunas fibras sintéticas después o en forma simultánea con el descruce y antes del teñido o estampado. El material textil se trata con una solución diluida de los agentes blanqueadores (agua oxigenada o hipoclorito de sodio) y tensoactivos. Después del blanqueo, la tela se enjuaga con agua y luego se trata con sustancias reductoras que eliminan el exceso del agente oxidante.

3.12.13. Teñido

Es la etapa más compleja dentro de las operaciones de procesamiento húmedo, involucra una gran variedad de colorantes, agentes auxiliares de teñido.

La calidad de la tintura depende del equipamiento empleado, la fórmula específica, los tintes y auxiliares de tintes que proveen el medio químico para su difusión y fijación sobre la fibra. La tintura puede realizarse en procesos discontinuos o de agotamiento y en procesos continuos o de impregnación.

Los procesos discontinuos de agotamiento se caracterizan porque el material textil está un tiempo más o menos largo en contacto con el baño de teñido, dando tiempo a que el colorante se fije en la fibra. El proceso se realiza de diferentes maneras.

3.12.14. Con el material en movimiento

El baño en reposo, para lo cual las máquinas más comunes son: La barca de torniquete: se usa básicamente para el teñido de tejidos de punto o jersey, felpas, alfombras y tejidos planos. La relación de baño, volumen de baño por kilo de material que se procesa, varía entre 1.30 a 1.15.

Las relaciones de baño altas elevan el costo del teñido ya que para obtener la misma calidad de productos se requiere un mayor consumo de energía, colorante y productos auxiliares.

3.12.14.1. Con el material en reposo y el baño en movimiento

Este proceso se utiliza para el teñido de hilados, ya sea en forma de madeja, conos, bobinas, tejidos de punto sintéticos y tejido plano. Se utilizan autoclaves verticales u horizontales.

3.12.14.2. Con el material y el baño en movimiento

Con este método se ha conseguido el aumento de la producción de teñido, mejorando notablemente la uniformidad y el aspecto final de las telas.

Las máquinas jet y overflow trabajan a altas temperaturas donde el movimiento del material no depende de un torniquete, sino de la inyección del baño por medio de una bomba que lo toma de la parte inferior de la máquina, para hacerlo pasar por una tobera Ventura, lo que permite teñir a velocidades de circulación muy elevadas. La relación del baño promedio es de 1:10 y se emplea tanto para tejidos planos como de punto.

Los procesos continuos o de impregnación se usan principalmente para la tintura de tejido planos, aunque, para determinados colores, también se aplican a tejidos tubulares (de punto). La tela pasa en forma continua por unfoulard que contiene una solución concentrada de colorantes y auxiliares. Luego se exprime y se fija el colorante ya sea por reposo en una cámara, o por medio de vapor en una vaporizadora o por calor seco a altas temperatura en una instalación thermosol. Los tipos de fijación varían de acuerdo al colorante utilizado.

3.12.15. Tipos de colorantes utilizado en el teñido de la tela

El tipo de colorante empleado en la tintura determina los auxiliares utilizados: sales de sodio, cloruros, sulfatos y carbonatos como agentes sinergistas. Si bien en la actualidad se tiene la tendencia de suprimirlos, en tratamientos posteriores se emplean sales de cobre y cromo para la fijación de algunos colorantes, lo que mejora la solidez.

3.12.15.1. Los colorantes directos sustantivos

Son sustancias neutras que tienen gran afinidad con el algodón y la celulosa en general. Debido a su alta solubilidad es necesario utilizar sales (cloruros o sulfatos) para obtener un agotamiento óptimo. El efluente procedente de estas tinturas no es muy contaminante, pero presenta un alto grado de coloración.

3.12.15.2. La colorante tina

Son insolubles en agua, por ellos se utilizan agentes reductores fuertes, tales como el hidrosulfito en medio alcalinos que los transforman en la correspondiente forma leuco y en esa forma sube sobre la tela. Luego se efectúa la oxigenación sobre la tela, al aire con perboratos o con H_2O_2 . Posteriormente se debe eliminar el exceso de álcali con lavados en caliente. Cada uno de estos pasos está seguido de un enjuague en caliente. Generalmente estos colorantes provocan efluentes con altos valores de DQO.

3.12.15.3. Los colorantes al sulfuro

Como su nombre lo indica contienen compuestos sulfurados en su estructura y se aplican en la fibra en estado reducido disueltos en sulfuro de sodio para luego oxidarse produciendo la coloración esperada.

Las aguas de desecho contienen el baño de tintura y los enjuagues son alcalinos, altamente colorados y tóxicos y constituyen uno de los efluentes más contaminados. Ha surgido una línea de colorantes llamados “sulfuros ecológicos” que utilizan otro tipo de reductores y requieren una menor cantidad de sulfuro de sodio para su disolución. Existe una tendencia mundial a no usar los colorantes al sulfuro.

3.12.15.4. Colorantes en base naftol: azoicos insolubles

El tejido se impregna primeramente con un agente de desarrollo como el naftol; se exprime y eventualmente se seca en forma suave y luego se trata con una base diazotada o su correspondiente sal soluble para que se produzca el desarrollo (o copulación) del color, generándose en la fibra. Luego de la copulación se enjuaga jabonando energéticamente y a ebullición. Los contaminantes principales se originan en las tinturas diazotadas, el beta-naftol y los enjuagues.

3.12.15.5. Colorantes reactivos

Son los únicos colorantes que se unen a la fibra químicamente. Para ello inicialmente se disuelve el colorante y luego se agota con grandes cantidades de sal para lograr el desplazamiento del colorante hacia la fibra en el menor tiempo posible, evitando la hidrólisis del mismo en el agua que compite con la subida del colorante a la fibra. Inmediatamente se fija en medio alcalino (carbonato, hidróxido o silicato de sodio) entre 50 y 80 °C. Los enjuagues comprenden lavados jabonosos a ebullición y un acalorado final con agua.

3.12.16. Estampado

En contraposición al teñido, en el estampado se usan soluciones o dispersiones espesadas, de esta manera se evita que la partícula de colorante migre, reteniéndose el color en la superficie del estampado.

De acuerdo con el diseño se usan pastas de almidón, dextrina o goma. Se realiza principalmente por dos procedimientos:

3.12.16.1. Estampado por rodillos (E. Rouleau según CEPIS 1995.).

Método de trabajo continuo que mediante rodillos gravados en huecos transmite por contacto la pasta de estampado al tejido de acuerdo al diseño.

3.12.16.2. Estampado a la lionesa o en la malla

Difiere del método por rodillos en que la pasta de impresión se transfiere al textil a través de las aberturas en mallas especialmente diseñadas. El proceso puede ser manual, semiautomático o completamente automático. El estampado puede ser en cuadros planos o rotativos, mientras que el manual y el semiautomático se procesan en cuadros planos únicamente.

Después de estampar y secar, el género debe someterse a un proceso de fijación de colorante. El método clásico de fijación es el vaporizado y su duración depende de la clase de colorante y del tipo de fibra.

En el estampado se producen contaminantes concentrados de importancia, originados en las máquinas de estampados y en las descargas propias de la preparación de pastas (cocina de colores).

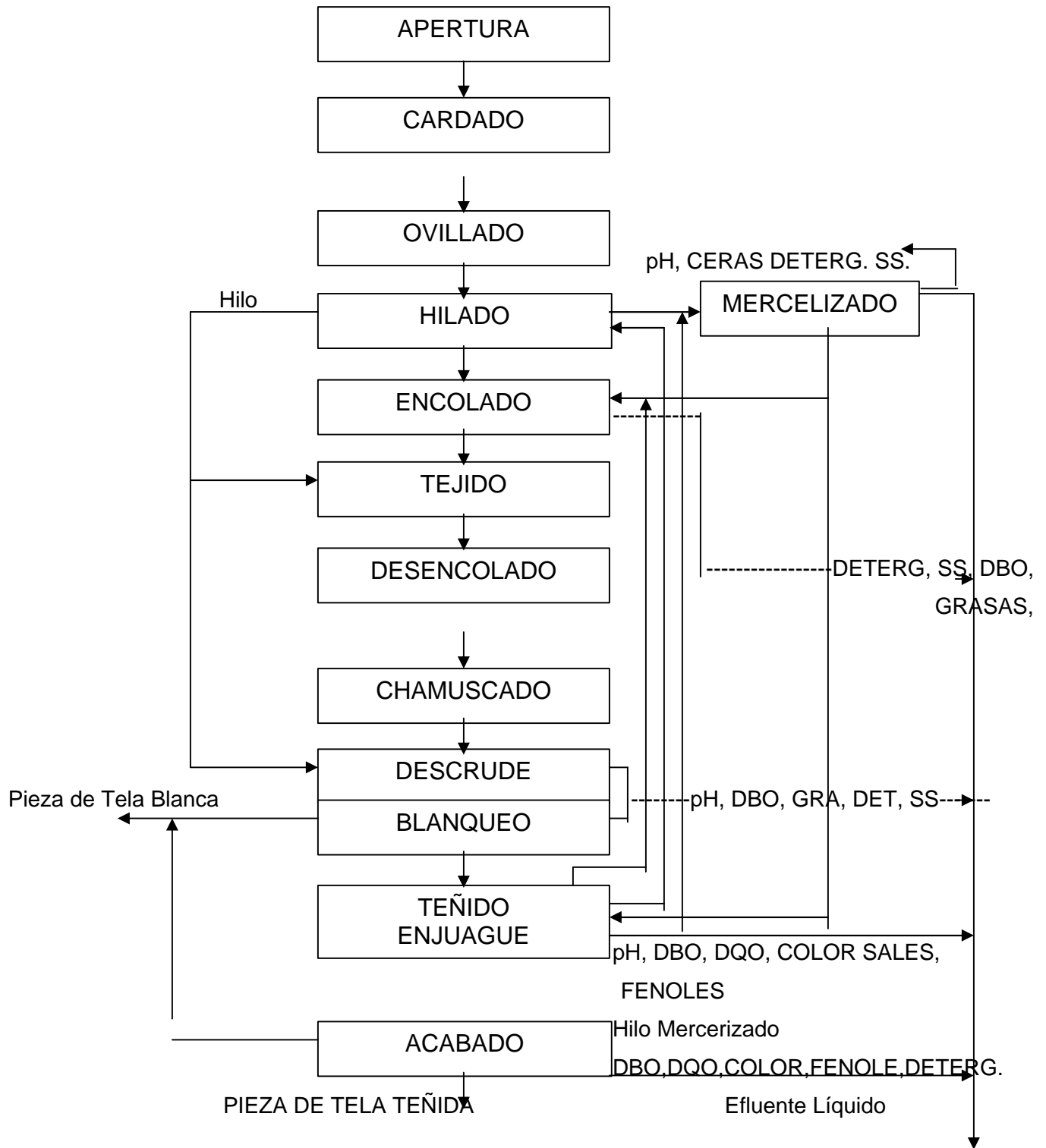


Figura 1. Proceso de la industria algodonera (CEPIS ,1995)

3.12.17. El impacto ambiental de los efluentes industriales (CEPIS ,1995.).

3.12.17.1. Efectos de los efluentes textiles en el alcantarillado

La descarga de efluentes textiles puede crear problemas al sistema de recolección. Los efluentes con alto contenido de sulfuro o sulfatos pueden causar grietas o roturas en el concreto de las estructuras cuando las concentraciones son mayores de 300 mg/l para el cemento concreto Portland. El gas sulfhídrico generado en la tubería, a concentraciones mayores o iguales a 1 mg/l, puede ser oxidado a ácido sulfúrico sobre las paredes, atacar el concreto y corroer las partes metálicas (Gardiner y Borne, 1978).

Los trabajadores del sistema de alcantarillados pueden intoxicarse gravemente e incluso morir por la generación de gas sulfhídrico en concentraciones mayores de 10 mg/l, aunque resulta poco probable que una descarga originada en la industria textil alcance niveles de generación de gas tan elevados.

Finalmente las grasas y sólidos provenientes del lavado de lana sin tratamiento alguno pueden acumularse sobre las paredes restringiendo el flujo. Por otra parte en algunos casos los efluentes se descargan con altas temperaturas. Estos parámetros deberán ser controlados por las autoridades pertinentes.

3.12.17.2. Efectos de los efluentes textiles en el tratamiento biológico

Las descargas textiles deben examinarse cuidadosamente, ya que existe una amplia gama de elementos químicos que pueden afectar la eficiencia de operación de las plantas de tratamiento biológico, inclusive si están presentes en bajas concentraciones (presencia de fenoles, determinados colorantes, metales pesados y detergentes).

Las plantas de tratamiento biológicas requieren flujos homogéneos, tanto en volumen como en composición, debiéndose prever el uso de tanques de igualación.

Algunos compuestos químicos son tolerados por las bacterias encargadas de realizar el proceso aerobio, en cambio las encargadas de oxidar el amoníaco a nitritos y nitratos se inhiben, y otras pueden reducir su eficiencia.

Los compuestos tensoactivos generalmente ocasionan fallas en los digestores, modifican la absorción del oxígeno del aire y afectan económicamente al tratamiento. En sistemas de aireación por difusión, esto presenta una reducción de 20 % en la deficiencia de transferencia de oxígeno. Otro problema evidente es la formación de espumas en la planta, lo que puede hacer flotar el barro biológico y ocasionar pérdida del mismo, desbalanceando la relación alimento / microorganismos.

Es recomendable efectuar un tratamiento físico-químico previo al sistema biológico para reducir la carga orgánica no biodegradable, grasas y color. Con este pretratamiento el efluente textil se adecúa satisfactoriamente al tratamiento biológico.

3.12.17.3. Efectos de la disposición de lodos

Los lodos provenientes de procesos textiles, al igual que los originados por otras industrias, generan altos costos de tratamiento, transporte y disposición. El incremento de los costos de disposición y el alto precio de los fertilizantes, han motivado su uso en la agricultura. Esta alternativa resulta técnica y económicamente recomendable, ya que los lodos contienen compuestos orgánicos biodegradable que pueden aportar nutrientes a las plantas, siempre y cuando cumplan con las normativas internacionales, en los límites de los materiales de lixiviados.

El efecto más peligroso de la utilización de lodos en la agricultura son los metales que se acumulan en los suelos y vegetales; estos últimos pueden alcanzar niveles tóxicos que afectan la salud si se utilizan en la alimentación de animales y seres humanos.

3.12.17.4. Efectos de los efluentes textiles en aguas superficiales

Generalmente, los efluentes textiles correctamente tratados pueden descargarse sin inconvenientes a ríos y otras fuentes de agua superficiales.

Cuando los efluentes se descargan sin el debido tratamiento, se pueden observar diferencia en la coloración original de los cuerpos de agua y la formación de espumas en su superficie; esto se origina por los tintes y tensoactivos, respectivamente. La espuma reduce la proporción de oxígeno transmitido a través de la superficie del río y limita la capacidad de autodepuración de la corriente, tal es el caso de la espuma estable que se forma al juntarse tensoactivos no iónicos con aniónicos en una relación de 1 a 0.4 mg/l (Gardner y Borne, 1978).

Algunos compuestos afectan indirectamente a los peces y en mayor grado a los invertebrados acuáticos que componen su cadena alimenticia. Los tóxicos y metales pesados en pequeñas concentraciones pueden acumularse en los tejidos de estos animales o incrementar el nivel tóxico del agua en los ríos. Sus efectos se muestran a largo plazo, pero son igualmente peligrosos y en la mayoría de los casos, son más difíciles y costosos de tratar.

Finalmente, los colorantes comerciales básicos, como el trifenilmetano, fenacina y tiamina causan menor deterioro ambiental por su mayor fotodegradación o pérdida del color en solución que los tintes básicos modernos o “modificado” como el azo, antraquinonoides y otros, que contrariamente pierden más fácilmente el color sobre la fibra que en solución.

La fotodegradación óptima de tintes comerciales calculada por Porter (1973) fue de 40 % frente a la luz artificial por aproximadamente 200 horas.

Otro efecto a considerar es la pérdida de espacios recreativos, debido a la contaminación del agua superficial con el consiguiente perjuicio económico, en particular en zonas turísticas.

3.12.17.5. Efectos de los efluentes textiles para abastecimiento doméstico

Los efluentes textiles contienen componentes orgánicos provenientes de la fibra o de los aditivos químicos, los que llegarán a los cuerpos de agua si no se practican un tratamiento adecuado.

La Organización Mundial de la Salud establece parámetros que determinan la calidad del agua usada para abastecimiento público.

Cuanto más contaminada se halle la fuente de captación, más dificultosos y costosos resultarán los mecanismos que permitan su potabilización.

3.12.17.6. Efectos sobre la calidad del aire

La contaminación atmosférica generada por la industria textil se considera moderada e inofensiva en comparación con otras industrias. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el impacto ambiental conjunto generado por diversas fuentes industriales y las condiciones meteorológicas pueden desencadenar efectos sinérgicos significativos.

La industria textil presenta diferentes fuentes de contaminantes: el vapor del agua caliente producida por sus calderas e intercambiadores de calor, las emisiones provenientes de los hidrocarburos solventes utilizados en los procesos de acabado.

Los componentes orgánicos volátiles (COV) se originan principalmente en el secado por reacciones químicas debido al aumento de la temperatura. Las resinas y compuestos que cubren la fibra reaccionan entre sí y emiten gases de difícil identificación o cuantificación.

Muchas de estas emisiones generadas por hidrocarburos solventes, no son percibidas por el olfato ni ocasionan consecuencias directas sobre la salud, pero deben ser reguladas porque ocasionan los mismos problemas que los oxidantes fotoquímicos. Los oxidantes fotoquímicos provocan la disminución de las características químicas de diverso materiales. El ácido clorhídrico generado por la incineración de residuos sólidos textiles origina corrosión (Suess, et al. ,1985).

Ellos reportan que después de las operaciones de secado, las grasas añadidas a las fibras durante los procesos de preparado para las operaciones mecánica generan humos densos que se diseminan por kilómetros y pueden destruir los techos-tejas plásticas de casas aledañas luego de 20 años, o deterioran la pintura de acabado de autos estacionados en los alrededores en solo tres años. Por lo general, los hidrocarburos solventes utilizados antes del acabado se consideran no contaminantes debido a su baja reactividad fotoquímica, con excepción del tricloroetileno que sí está regulado.

Las partículas de naturaleza orgánica y con impurezas generadas durante los procesos de apertura de las balas de algodón y cardado de las fibras, originan nubes de polvo que se propagan fácilmente y congestionan el área de trabajo. Estas partículas pueden obstruir las vías respiratorias de los empleados y tienen carácter acumulativo. La OMS (1982) estima 14 kg de particuladas por tonelada de algodón producido. La reducción del impacto producido por estas partículas se logra mediante la instalación de filtros y extractores para la recirculación del aire. En general, el material particulado proveniente de la industria textil así como de otras fuentes debe ser controlado estrictamente, ya que actúa sinérgicamente con otros agentes de contaminación ambiental.

Estas partículas pueden actuar como medio de transporte del óxido nítrico (NO_2) al organismo, ingresado a mayor profundidad a medida que su tamaño disminuye o puede reaccionar químicamente con el anhídrido sulfuroso (SO_2) formando aerosoles tóxicos. Por otro lado, las resinas orgánicas y solventes pueden despedir olores desagradables.

3.12.17.7. Efectos del ruido

En la industria textil, la contaminación por ruido se concentra principalmente en el sector de tejeduría, en particular cuando el cuarto de telares data de más de 15 años. El ruido es considerado un sonido no deseado y puede causar efectos psicológicos y sociológicos en el operario. Para la mayoría de los efectos originados por la existencia de ruidos no existe cura. Es por ello que la prevención resulta ser el único camino. El deterioro de la audición puede ser temporal al principio, pero luego de una exposición repetida la pérdida se hace permanente. En este caso se hace necesario el control de ingeniería, la provisión de equipo de protección personal y controles periódicos.

3.13. Decreto 33-95

En Nicaragua el decreto 33-95 con carácter de ley aprobado por la Asamblea Nacional en 1995, donde se obliga a todas las empresas industriales: de jabones y detergentes, textil, cervecerías, bebidas gaseosas, tenerías, y que estas vierten sus efluentes sin ningún tratamiento al Lago de Managua (Xolotlán), que a partir del presente decreto todas las empresas mencionadas tienen que darle un tratamiento a sus aguas antes de ser vertidas al lago.

Este decreto obliga a las empresas industriales textil de la Zona Franca, que a partir del año 2000 toda las empresas que tiran sus vertidos al Lago de Managua deben tener su pilas de tratamiento con el objetivo de darle un tratamiento antes a sus aguas.

Nuestro interés en el estudio de este tipo de efluentes es por las diferentes quejas que la comunidad de Los Chagüites ha hecho a los diferentes medios de comunicación sobre el mal olor, animales bovinos muertos cuando toman agua del arroyo, que las vacas mal paren y que de sus cultivos no se obtienen ahora buenas producción, en aquellos que se encuentran en la margen del canal de descarga. Esta comunidad está ubicada a lo largo del margen del canal de descarga del efluente que va al lago y que esta a un kilómetro de las instalaciones del complejo industrial, y a dos kilómetros de las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria.

Cuadro 1. Normas del Decreto 33-95.

Parámetros	Rangos y límites máximos permisibles promedio diario
pH	6-9
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	100
*Sólidos Sedimentales (ml/l)	1.0
DBO (mg/l)	100
DQO (mg/l)	250
Cromo Total (mg/l)	1.0
*Cromo Hexavalente (mg/l)	0.1
Sulfuros (mg/l)	0.2
Grasas y Aceites	20
*Sulfito (SO ₃) (mg/l)	3
Zinc (mg/l)	2

Nota* Estos parámetros no fueron analizados.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Ubicación del estudio

La Zona Franca Industrial “Las Mercedes” esta ubicado en el km. 13 carretera Norte, Managua, contiguo a los predios de la Universidad Nacional Agraria.

Localizadas dentro de la Subcuenca Oriental del acuífero de Managua, parte sur del Lago de Managua, donde está localizado el complejo industrial más grande con diecisiete empresas (Ver Anexo 4) y laboran 25,000 personas.

La mayoría de los suelos de la Cuenca tienen el sello de la influencia volcánica, tanto en el relieve alto accidentado, como en el relieve de planicie, se encuentra dominado por suelos del orden Andisol y Molisol, las texturas diferentes de los suelos van desde arenoso franco de los piroclastos mas recientes a arcillosos derivados del lodo volcánico (IRENA, 1982).

El clima es tropical de Sabana, según Koppen (citado Norbert, 1989), con precipitaciones de 1500 mm/año, evaporación 1800 mm/año, temperatura 27°C. Promedio de Humedad relativa 80%.

4.2. Materiales

Frascos plásticos de un litro.

pH metro

Papel filtro Wathman No 1

Termómetro

Guantes

4.3. Toma de muestra y sitios muestreados

El muestreo se realizó basado en las Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias (Decreto No 33-95, emitido por el Gobierno de la República de Nicaragua en el Diario la Gaceta del 26/06/95 No.118).

Este trabajo se llevó a cabo con la colaboración de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), para tomar las muestras de los 3 días en los ocho sitios, apoyando para este efecto con estudiantes de V año de ingeniería Civil.

Las muestras tomadas en los siete sitios dentro del complejo industrial zona franca Las Mercedes (Ver figura 2) corresponden a las salidas de las descarga de efluentes tomado en los manjoles de cada empresa que se encuentra antes de conectarse a la red de descarga, los sitios muestreados pertenecen a las empresas que a continuación se describen:

- Sitio 1: *Entrada a la Laguna.
- Sitio 2: Salida General.
- Sitio 3: Chih Sing y Fortex.
- Sitio 4: Frente a Rocedes y Chentex.
- Sitio 5: Chih Hinsing.
- Sitio 6: Mil Colores.
- Sitio 7: Nien Hsing.
- Sitio 8: Frente a Administración.

Nota* El sitio 1 fue muestreado fuera del complejo industrial zona franca Las Mercedes (Ver foto 1).

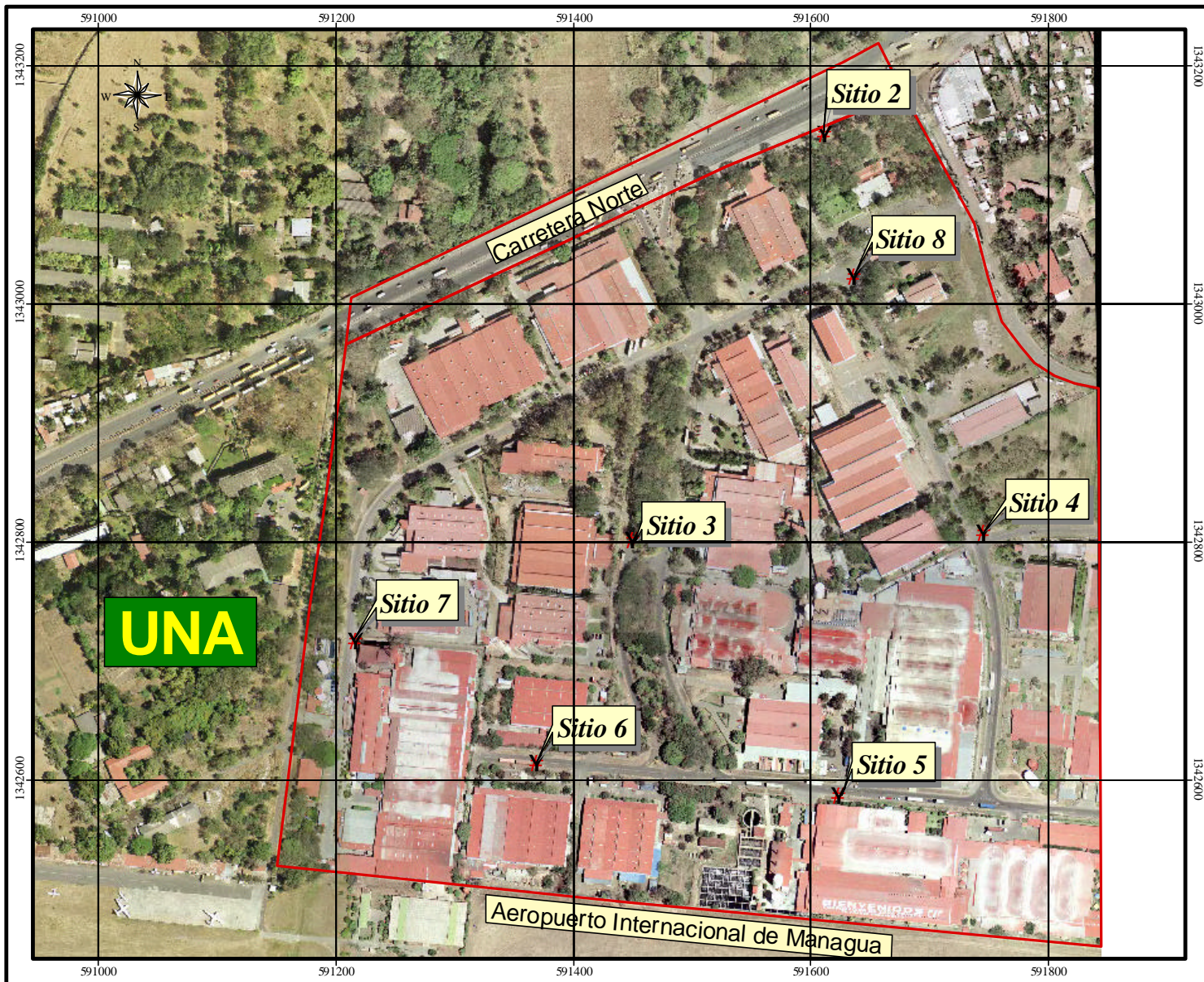


Figura 2. Fotografía aérea y ubicación de los sitios muestreados en la CIZFLM. (Fuente: SIGMA)

4.3.1 Tipos de muestras

Existen dos tipos de muestras que deben colectarse dependiendo del tiempo disponible de los análisis, que deben de verificarse y del propósito de los mismos.

4.3.2. Muestra compuesta

Se tomó una muestra compuesta que consta de ocho submuestras, cada una de 500 ml hasta completar cuatro litros, por día, por tres días, proporcional al tiempo de laborar de las empresas (8:05 a.m., hasta las 3:05 p.m.), y al flujo. Se mezclaron y se refrigeraron para el traslado al laboratorio. En total se tomaron 24 submuestras, para un total 12 litros.

Cuadro 2. Frecuencia de muestreo (Según MARENA, decreto 33-95)

HORAS POR DIAS QUE OPERAN EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NUMERO DE MUESTRAS	INTERVALO ENTRE TOMAS DE MUESTRAS SIMPLES HORAS	
		MINIMO	MAXIMO
Hasta 8 horas	8	0.5	1

4.4. Técnicas de muestreo

- Se seleccionaron los sitios, con un mapa de drenaje de las empresas, tomando en cuenta lo siguiente:
- Las empresas que trabajan más con químicos en sus procesos (Cr y Zn).

4.5. Análisis de aguas residuales

Los parámetros medidos en esta investigación, se muestran en el siguiente cuadro, tomadas del Stándar Methods for Examination of Water and Wastewater edición XVIII.

Cuadro 3. Parámetros y métodos evaluados en aguas residuales

PARAMETROS	UNIDAD	METODO
pH		Potenciometrico
Sólidos Suspendidos Totales.	mg/l	M.N. 2540-D
Sólidos Totales	mg/l	
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ .	mg/l	DIN 38 409H 51
Demanda Química de Oxígeno DQO.	mg/l	M.N. 5220-C
Cromo Total.	µg/l	Horno de grafito.
Sulfuros	mg/l	M.N. 4500 S ²⁻ E
Grasas y aceite	mg/l	M.N. 5520 B
Zinc	µg/l	Horno de grafito.

4.6. Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico SPSS, ya que este programa se ajusta más al tipo de información obtenida, para realizar un ANOVA, a una probabilidad de confianza del 95%, contraste entre los sitios para conocer la dependencia de información de un sitio con respecto a otro, se realizó un análisis de homogeneidad, para conocer la dispersión de los datos con respecto a los sitios. Además un análisis de tendencia central por la dispersión entre los datos recabados.

4.7. Velocidad y caudal de aguas residuales

La velocidad fue medida con un flotador (naranja) por cada toma de submuestra de agua el valor presentado es el promedio de 10 repeticiones. La profundidad del canal fue medida y el caudal fue calculado con las medidas de la sección transversal. El canal es de concreto con una sección transversal cerca del rectangular.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Parámetros físicos

5.1.1. Sólidos totales en aguas residuales

El análisis estadístico realizado a todos los sitios, presentan un promedio 1713.46 mg/l, una mediana de 1549 mg/l, también se encontró valores de rangos mínimos de 1097 y máximos de 2697 mg/l, respectivamente, la desviación estándar de 247.91 (Ver Anexo 5).

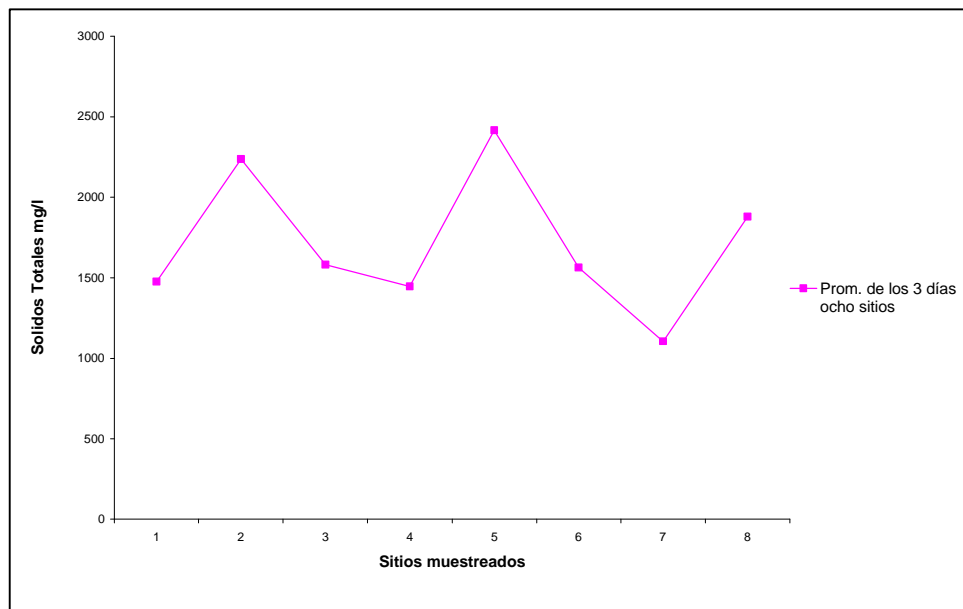


Figura 3. Comportamiento de sólidos totales en los puntos muestreados

En la figura anterior se puede observar el comportamiento del promedio de los ocho sitios muestreados, siendo el sitio 5 el que más vierte, la disminución que presenta del sitio 2 al 1 es debido a que durante la trayectoria este parámetro comienza a precipitarse o adherirse en las paredes de la tubería del sistema de drenaje.

Se puede establecer que el continuo suministro de sólidos totales continúa en crecimiento. La reducción y transferencia de oxígeno a las aguas naturales causará severos daños a la fauna lacustre del lago Xolotlán y al mismo tiempo se está reduciendo la transferencia de oxígeno del agua a las células de los microorganismos e interfiere con el tratamiento biológico aeróbico que se le pueda dar al lago de Managua.

El efecto que causa principalmente este parámetro, es que se adhiere a las paredes de las tuberías de drenaje ocasionando desbordamiento en los manjoles y afloramiento de las aguas residuales industriales, quedan expuesta directamente al contacto de los pobladores de la comunidad El Chagüite y sus alrededores, provocando que los cultivos se secan y el ganado se muera según (Humboldt, 2005).

5.1.2. Sólidos suspendidos totales en agua residual

Se obtuvieron resultados de 733.38 mg/l como promedio, mediana de 602 mg/l, valores mínimo de 206 y máximos de 1621 mg/l, respectivamente, la desviación estándar de 215.65 superando lo establecido por MARENA en el decreto 33-95 de 100 mg/l (Ver Anexo 6).

Este valor medio, supera al encontrado por Dagerskog y Simonsson (2001) 370 mg/l como promedio encontrado en la salida principal (sitio 1) del efluente.

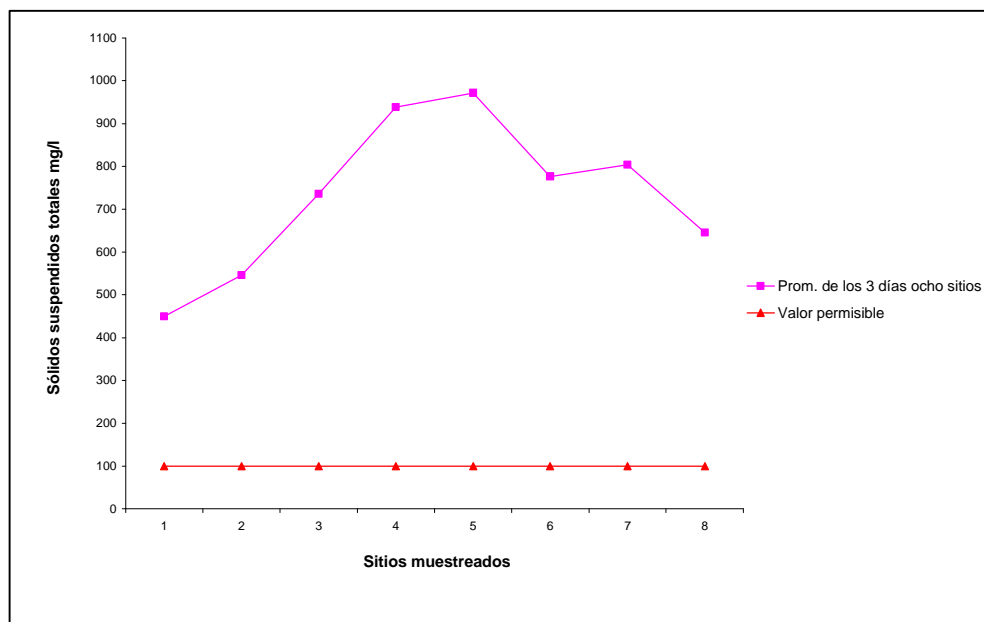


Figura 4. Comportamiento de los sólidos suspendidos totales en los puntos muestreados

En la figura anterior se puede observar, que todos los sitios se encuentran por encima de lo permisible, pero los sitios 4 y 5 son los que vierten más de este contaminante, la disminución de este parámetro en el sitio 2 y 1 es debido a la precipitación y adherencia de las hilazas a las paredes de las tuberías de desagüe provenientes de los procesos de lavado.

Los sólidos suspendidos en aguas residuales están estrictamente referidos a la materia orgánica en suspensión, es decir la presencia de hilaza producida en los procesos de lavado la tela.

Este factor indica el total de partículas orgánicas e inorgánicas, que en altos niveles contribuyen a la sedimentación del Lago de Managua.

5.1.3 Grasas y aceites en aguas residuales

Se obtuvieron los siguientes resultados, promedio de 12.32 mg/l, la mediana de 11 mg/l, encontrándose valores mínimos de 4.1 mg/l y máximos de 29.9 mg/l, con una desviación estándar de 3.65. Las grasas y aceites, más los sólidos provenientes de los diferentes procesos, pueden acumularse sobre las paredes lo que dificulta el flujo de los efluentes. Las altas concentraciones dificulta el proceso de biodegradación, elevando los costos en caso de tratamiento de esta agua.

Este parámetro no fue analizado en el estudio que realizaron Dagerskog y Simonsson (2001).

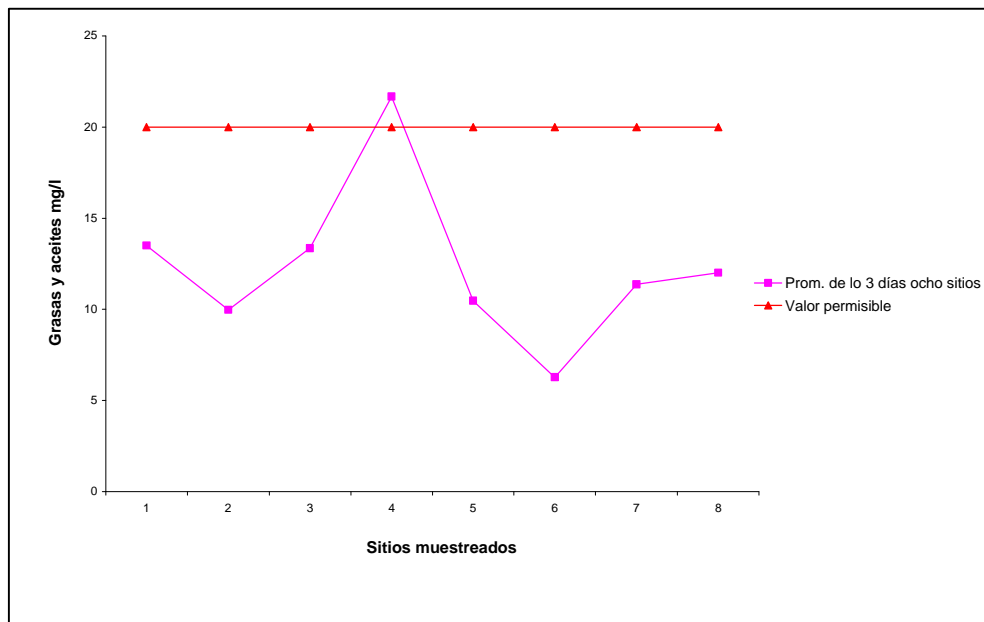


Figura 5. Comportamiento de las grasas y aceites en los puntos muestreados.

Los valores encontrados están por debajo de lo establecido por el decreto 33-95 de MARENA, de 20 mg/l, (Ver Anexo 7) A nivel de los sitios en estudio, el sitio 4, presenta valores de descarga de este parámetro mayores, que lo establecido por decreto (33-95).

En la figura anterior se puede observar que el comportamiento de las grasas y aceites en los sitios muestreados está por debajo de lo permisible excepto el sitio 4 que se encuentra por encima de lo establecido por el decreto 33-95, el sitio 1 presenta un comportamiento mayor que el sitio 2 debido a que la muestra de agua fue tomada superficialmente, ya que se considera que se deposita mayor concentración de grasas y aceites de esa forma.

La acumulación de grasas, que flotan y se reúnen en la parte superior del conducto y a las que se adhieren nuevos sólidos, que en definitiva disminuye la capacidad de transporte del conducto (<http://www.ingenieroambiental.com/>).

Las grasas y los aceites son muy difíciles de transportar en las tuberías de alcantarillado, reducen la capacidad de flujo de los conductos, son difíciles de atacar biológicamente y generalmente, se requiere su remoción en plantas de pretratamiento, además afectan adversamente la transferencia de oxígeno del agua a las células (Romero, 1999).

5.2 Parámetros químicos

5.2.1 pH en aguas residuales

En relación al pH los datos muestran un promedio de 7.34 unidades, la mediana de 7.27 unidades, valores mínimos de 6.91 y máximos de 8.79 unidades respectivamente, con una desviación estándar de 0.28, indicando lo agrupado de los datos, lo que significa que en todos los sitios estudiados los valores no son dispersos. Los resultados se encuentran dentro del rango permisible por el MARENA de 6 a 9 unidades de pH (Ver Anexo 8).

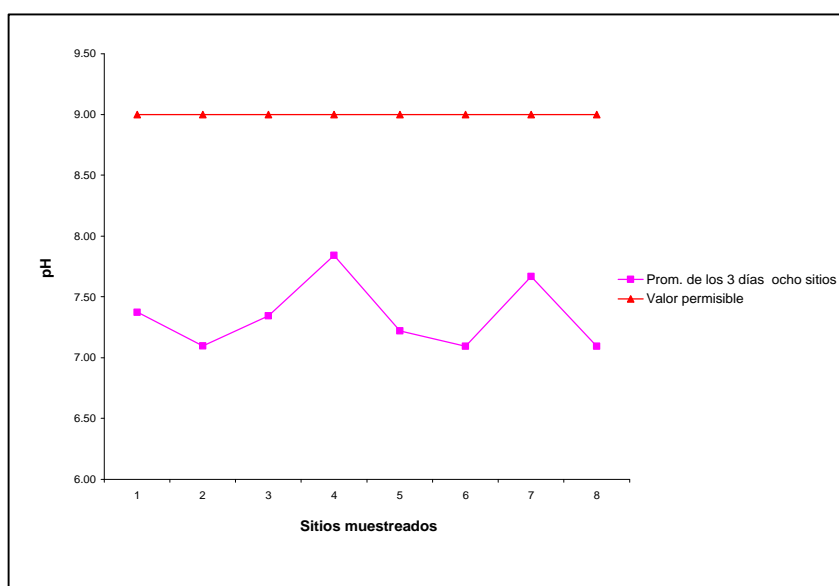


Figura 6. Comportamiento del pH en los puntos muestreados.

En la figura anterior se puede observar que el comportamiento del pH en los sitios muestreados está por debajo de lo permisible por el decreto 33-95, pero se da un leve aumento en los sitios 4 y 7, esta variación de pH es debido a los procesos internos de cada industria tales como (corte y confección, lavado) y el comportamiento que se presenta del sitio 2 al 1 no es significativo.

Dagerskog y Simonsson (2001), encontraron pH en el sitio de la salida principal (sitio 1) de 8.0 como promedio.

En el informe técnico sobre minimización de residuos en la industria textil, las características del efluente de teñido algodonero el pH oscila entre 6.9 y 10 unidades (CEPIS, 1995).

Según Webb y Fernández (1992), citados por (CEPIS, 1995) Índice de contaminantes para la industria algodonera, el pH oscila entre 8 a 11 unidades. El pH no tiene una relación directa con la presencia del zinc y cromo en las concentraciones encontradas en esta investigación.

5.2.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en el agua residual

Se encontraron valores de DBO₅ de 137.92 mg/l como promedio, la mediana de 137.5 mg/l, valores mínimos de 30 mg/l y máximos de 250 mg/l la desviación estándar de 16.86 mg/l, los sitios seis y siete superan por día lo que vierte la salida general (sitio dos), indicando que por las diferentes tipos de actividades que realizan las empresas se vierte menos de este parámetro, (Ver Anexo 9) superando los datos establecido por el decreto 33-95 de MARENA, de 100 mg/l, donde habrá mayor demanda de oxígeno para oxidar la materia orgánica vertida.

Según Dagerskog y Simonsson (2001), encontraron valores promedio de 250 mg/l en el sitio de la descarga principal, (sitio 1) valores que se asemejan a los encontrados en este estudio.

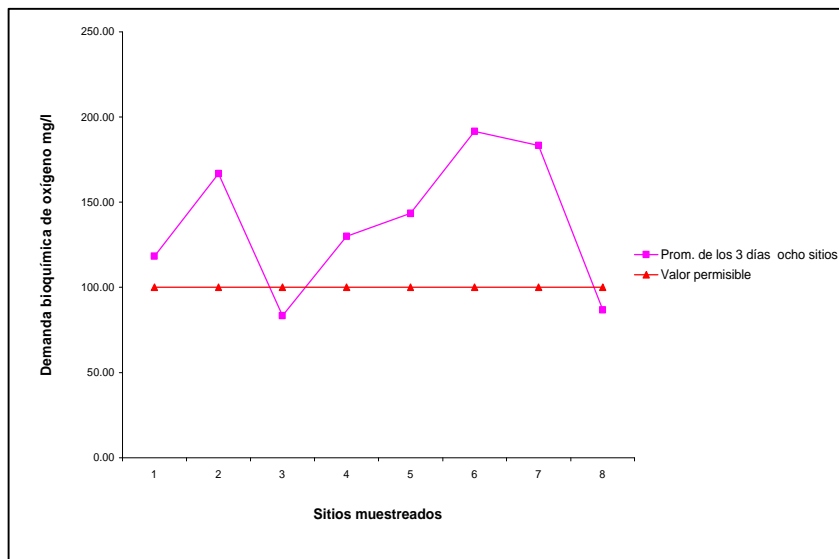


Figura 7. Comportamiento del DBO₅ en los puntos muestreados.

En la figura anterior se puede observar, que todos los sitios se encuentran por encima de lo permisible, excepto los sitios 3 y 8, los sitios 6 y 7 son los que vierten más materia orgánica, la disminución de este parámetro del sitio 2 al 1 es debido a la precipitación de los sólidos totales y sólidos suspendidos y adherencia a las paredes de las tuberías de desagüe.

5.2.3. Demanda química de oxígeno (DQO) en agua residual

Se obtuvo la siguiente información de este parámetro, promedio 301.60 mg/l y mediana de 344.45 mg/l, valores mínimos de 60 mg/l y máximos 449.28 mg/l respectivamente, una desviación estándar de 30.22 mg/l, valores que por sitio y por día superan lo establecido por el decreto 33-95 250 mg/l (Ver Anexo 10).

Según Dagerskog y Simonsson (2001), encontraron como promedio, en la salida principal (sitio 1) 430 mg/l.

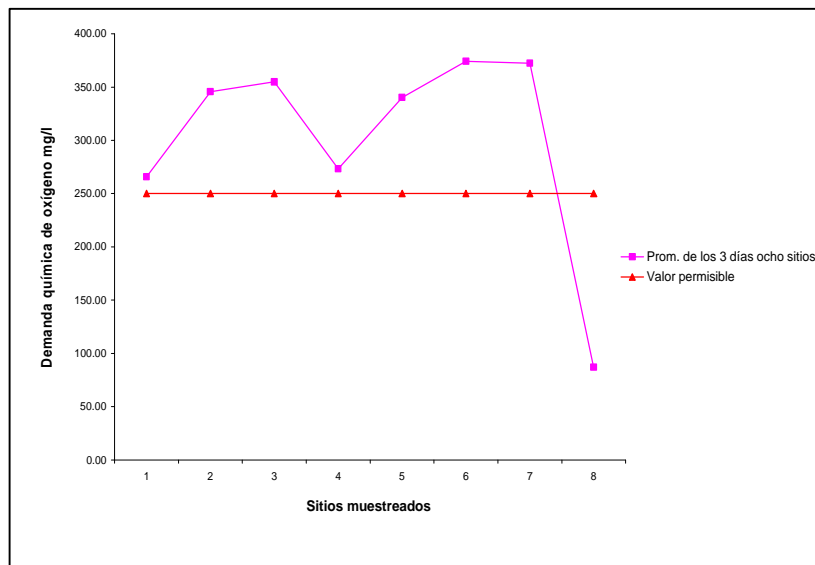


Figura 8. Comportamiento del DQO en los puntos muestreados.

En la figura anterior se puede observar, que todos los sitios se encuentran por encima de lo permisible, excepto el sitio 8, los sitios 6 y 7 son los que vierten más materia orgánica, la disminución de este parámetro del sitio 2 al 1 es debido a la precipitación de los sólidos totales y sólidos suspendidos y adherencia de las hilazas a las paredes de las tuberías del sistema de drenaje.

5.2.4. Relación DQO/DBO₅ en agua residual

En cuanto a la DQO/DBO₅. Cuando la DBO₅ tiene un valor cercano al de la DQO, los procesos biológicos son eficientes en la degradación de la materia orgánica. En caso contrario, si la DQO es mucho mayor que la DBO₅, la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica no es eficiente y el agua residual no sería degradable por medios biológicos (<http://www.ideam.gov.co/>, 2002).

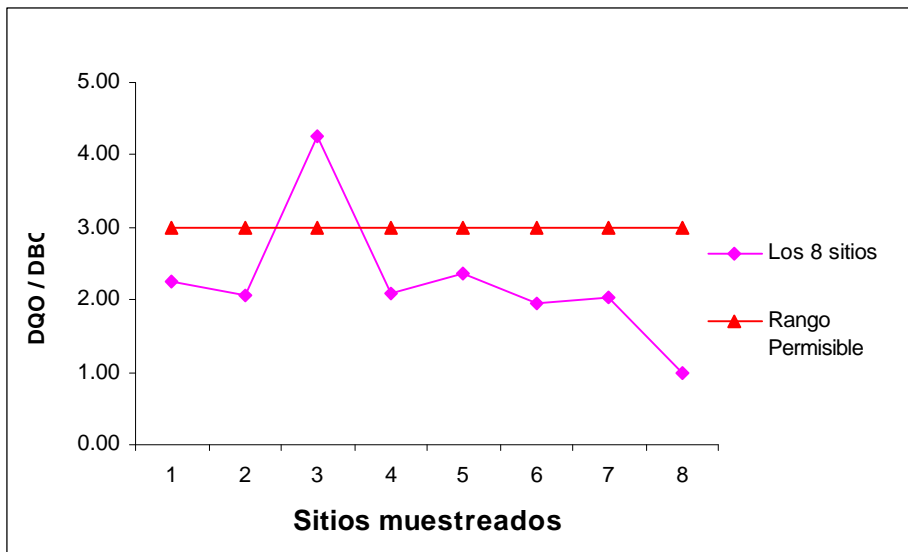


Figura 9. Relación DQO/DBO₅ en aguas residuales de la CIZFLM

En la figura anterior se puede observar que el resultado de la DQO/DBO₅, en el sitio tres (Ver Anexo 11) es el único que se encuentra por encima de lo establecido por la bibliografía consultada (<http://www.ideam.gov.co/>, 2002).

Cuando la relación DQO/DBO₅ de las aguas residuales industriales es mayor que 5,0 son difícilmente tratables por medios biológicos y se consideran no degradables. Para valores entre 3,0 y 5,0 es necesario realizar estudios adicionales para establecer su degradabilidad, mientras que cuando esta relación es inferior a 3,0 las aguas son tratables por medios biológicos y se consideran degradables (<http://www.ideam.gov.co/>).

5.2.5. Cromo total en aguas residuales industriales

Los resultados obtenidos en los ocho sitios muestran valores de tendencia central correspondiente a un promedio de 0.134 mg/l, mediana 0.026 mg/l y valores mínimos y máximos de 0.002 mg/l, y 1.212 mg/l, respectivamente, y una desviación estándar de 0.171, (Ver Anexo 12). Según lo establecido por Decreto 33-95 lo permitido es 1mg/l.

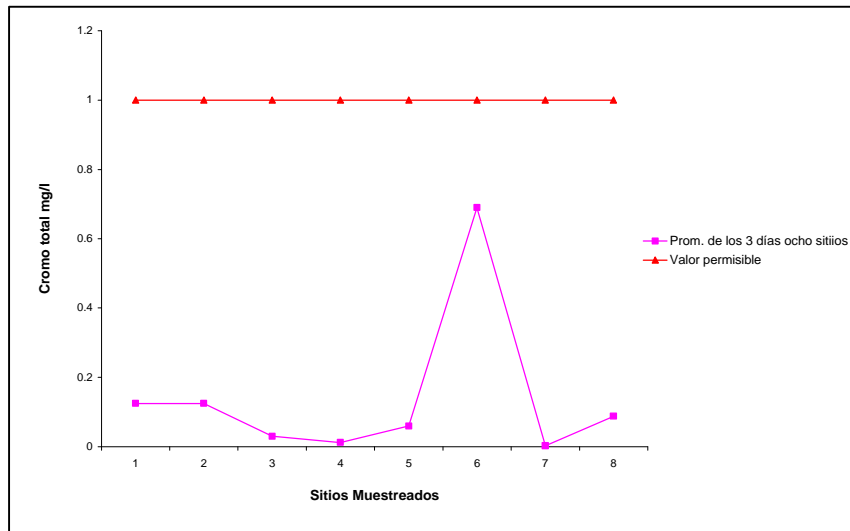


Figura 10. Comportamiento del cromo total en los puntos muestreados.

En la figura anterior se puede observar que el comportamiento del cromo en los sitios muestreados está por debajo de lo permisible por el decreto 33-95, siendo el sitio 6 el que vierte más de este parámetro, luego el comportamiento que se muestra del sitio 2 al 1 es semejante.

Sin embargo, estos resultados demuestran un creciente aumento en la concentración de este parámetro ya que Dagerskog y Simomsson (2001) encontraron concentraciones de 0.013 mg/l en la salida principal.

A pesar de ello y de los resultados de estas investigaciones, las empresas de la zona Franca se encuentran suministrando mayor concentración de cromo en comparación a la maquiladoras o industrias textiles en los Estado Unidos de Norte América y Europa, donde tienen como normas establecidas permisibles menor que 100 ppm y menor que 0.02 ppm respectivamente contenidos en tintas utilizadas en las industrias (Ren, 2000).

Smith (1986), establece que los tipos de tintas tienen características ácidas y básicas y el promedio de contenido de metal selecto (cromo) en el proceso de lavado son los siguientes: Medio ácido, 9 ppm y alcalino, 2.5 ppm. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran valores muy por encima de lo antes mencionado.

5.2.6. Zinc en aguas residuales industriales

De los ocho sitios en estudio, se obtuvieron resultados estadísticos de tendencia central de 0.288 mg/l como promedio, una mediana de 0.167 mg/l, mínimos de 0.118 y máximos de 1.2 mg/l, con una desviación estándar de 0.016, encontrándose todos los valores por debajo de lo permitido por el decreto 33-95. (Ver Anexo 13) superando estos resultado, a lo encontrado en el estudio realizado por Dagerskog y Simonsson (2001) que fue de 0.027 mg/l, demostrando que las empresa de la Zona Franca están vertiendo más concentraciones de este contaminante en su efluente.

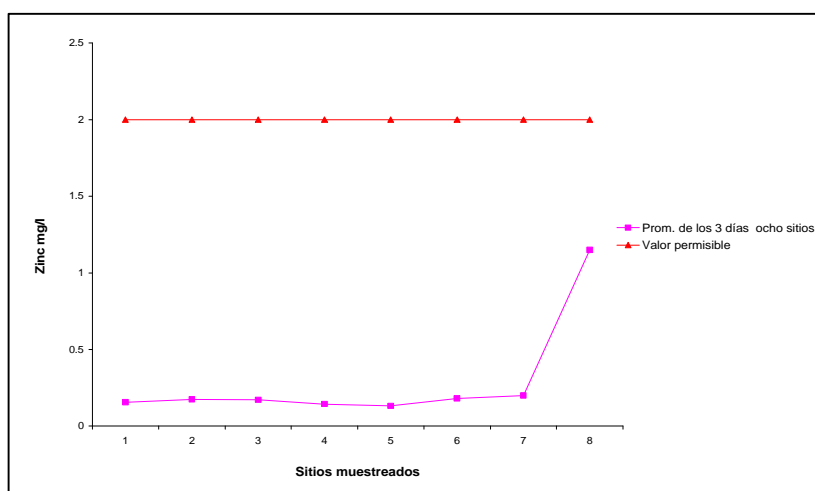


Figura 11. Comportamiento del zinc en los puntos muestreados.

En la figura anterior se puede observar que el comportamiento del zinc en los sitios muestreados esta por debajo de lo permisible por el decreto 33-95, siendo el sitio 8 el que vierte más de este parámetro, luego el comportamiento es semejante en el resto de sitios.

Cuando los tipos de tintas tienen características ácidas o básicas, el promedio de contenido de metal selecto para el proceso de lavado en el caso del zinc los valores son los siguientes: en medio ácido menor que 13 ppm y alcalino 32 ppm Smith (1986).

5.2.7. Sulfuro en aguas residuales industriales

Se encontraron resultados de 1.54 mg/l como promedio, 1.55 mg/l mediana, mínimos de 0.06 mg/l y máximos de 2.88 mg/l, una desviación estándar de 0.33 mg/l, superando en todos los sitios lo establecido por el MARENA en su decreto 33-95 (Ver Anexo 14).

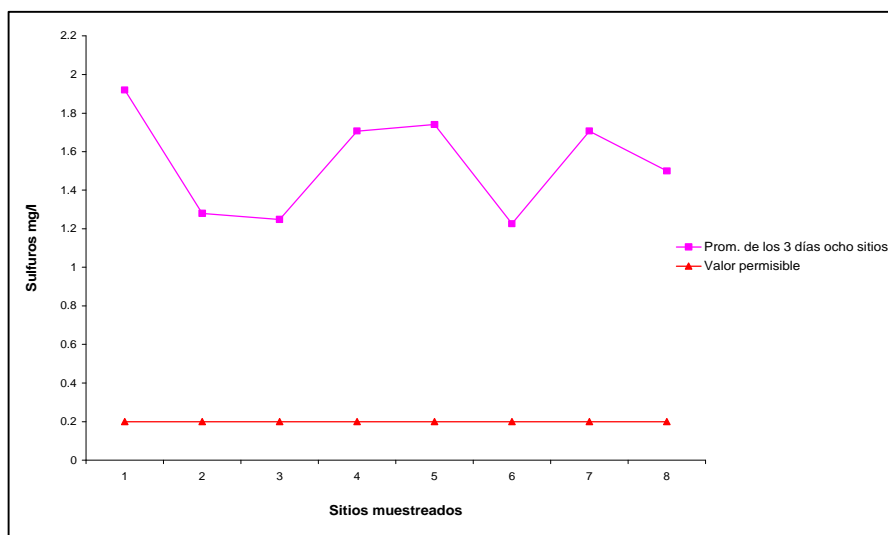


Figura 12. Comportamiento del sulfuro en los puntos muestreados.

En la figura anterior se puede observar que el comportamiento del sulfuro en los sitios muestreados está por encima de lo permisible por el decreto 33-95, pero son los sitios 1, 4 y 5 los que presentan una mayor descarga de este parámetro a los efluentes, El incremento que se presenta del sitio 2 al 1 es debido a la descomposición de los sedimentos depositados en la parte baja del canal.

Los altos contenidos de sulfuro o sulfato pueden causar grietas o roturas en el concreto de la estructura si las concentraciones son mayores de 300 mg /l para el cemento concreto Pórtland según CEPIS (1995). También el gas sulfhídrico generado en la tubería, a concentraciones mayores o iguales a 1 mg /l, puede ser oxidado a ácido sulfúrico sobre la paredes, atacar el concreto y corroer las partes metálicas según Gardiner y Borne (1978).

Además, es posible encontrar concentraciones altas de sulfuros en aguas residuales, lo cual incrementa su demanda de cloro, hace más difícil su tratamiento aerobio, causa malos olores, oscurece las pinturas con base de plomo (Romero, 1999).

5.3 Resultado del caudal

El promedio de las medidas del caudal de todas las submuestra en los tres días fue de $0.330 \text{ m}^3/\text{s}$, con una desviación estándar de $0.01\text{m}^3 /\text{s}$. Los promedios diarios de los días muestreados se encuentran entre un mínimo de $0.26 \text{ m}^3 /\text{s}$ y un máximo de $0.37 \text{ m}^3 /\text{s}$.

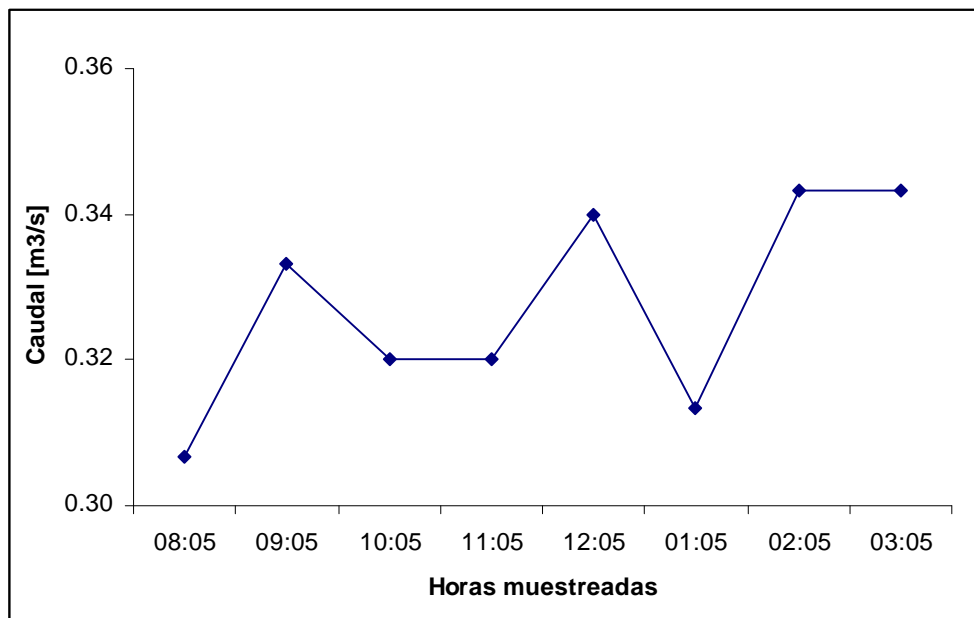


Figura 13. Comportamiento del caudal en los tres días muestreados.

En la figura anterior se puede observar las variaciones del caudal en el Complejo Industrial de Zona Franca las Mercedes (CIZFLM) se produce según las actividades diarias y producción que se realicen, el comportamiento del caudal mínimo tiene lugar durante el inicio de las labores industriales, cuando el consumo de agua es menor. El primer incremento del caudal se presenta a mediados de la mañana (9:05 A.M.) como resultado del proceso industrial (lavado) Mayor demanda de agua, el segundo incremento del caudal se presenta a final de la mañana (12:05 P.M.), luego se presenta una disminución del caudal, debido a la hora de almuerzo, el tercer incremento del caudal, ocurre al inicio de la tarde, como resultado del proceso industrial.

Cuadro 4. Resumen de los parámetros medidos

Parámetros	Valor es mínimo	Valores máximo	promedio	Decreto 33-95
*Sólidos totales	1097 mg/l	2697 mg/l	1713.46 mg/l	
Sólidos suspendidos totales	206 mg/l	1621 mg/l	733.38 mg/l	100 mg/l
Grasas y Aceites	4.1 mg/l	29.9 mg/l	12.33 mg/l	20 mg /l
pH	6.91	8.79	7.34	6-9
Demanda bioquímica de oxígeno	30 mg/l	250 mg/l	137.92 mg/l	100 mg/l
Demanda química de oxígeno	60 mg/l	449.28	301.59 mg/l	250 mg/l
Cromo total	0.002 mg/l	1.212 mg/l	0.134 mg/l	1 mg/l
Zinc	0.118 mg/l	1.2 mg/l	0.289 mg/l	2 mg/l
sulfuro	0.06 mg/l	2.88 mg/l	1.54 mg/l	0.2 mg/l

*Nota: Los Sólidos totales no son parte del decreto 33-95.

VI. CONCLUSIONES

1. Los sólidos totales y sólidos suspendidos vertidos por las industria de Zona Franca indica el alto índice de degradación de la calidad de agua que es vertida del Lago de Managua, siendo este un aporte más a la ya deteriorada calidad, concentrándose altos contenidos de materia orgánica disuelta y en suspensión.
2. La DBO₅ y la DQO superan lo permisible que dicta el Decreto 33-95 donde se requerirá más oxigenación de las aguas para poder estabilizar y oxidar la materia orgánica acumulada.
3. El pH es uno de los parámetros que se encuentra dentro del rango de lo permisible, sin embargo, existe mucha variación entre los sitios debido a los procesos internos mencionados anteriormente de cada industria.
4. Las concentraciones de sulfuro superan lo permisible por el decreto 33-95 siendo esto el principal problema en las tuberías, se puede apreciar en fotos ubicadas en los anexos donde las tapas de los manjoles son rebasadas por la presión en las tuberías.
5. Las concentraciones de zinc encontradas, en el estudio están por debajo, de lo establecido por el decreto 33-95.
6. Estadísticamente las concentraciones de cromo, grasas y aceites están por debajo de lo permisible por decreto 33-95, pero en el muestreo de los tres días, a nivel de sitio por día supera a lo establecido por decreto, siendo este ultimo parámetro difícil de trasportar en las tuberías.

7. Las variaciones del caudal encontradas ocurren debido a las diferentes actividades diarias y producción que realizan las empresas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Establecer mecanismo de control a lo interno de las empresas sobre los insumos químicos utilizados en los procesos industriales y que el MARENA tenga conocimiento de estos mecanismos.
2. Que exista más beligerancia por parte del MARENA en la aplicación del decreto 33-95 que establece la realización de monitoreos trimestralmente para conocer la calidad de las aguas vertidas de las industrias textiles.
3. Utilización de filtros naturales que retengan los metales pesados y contribuyan a mejorar la calidad de las aguas residuales.
4. Construcción de pilas de tratamiento de aguas residuales con su respetivo estudio de impacto ambiental.
5. Que las autoridades MARENA-CIZFLM promuevan la adopción de nuevas tecnologías, en los procesos como la utilización de compuestos biodegradables para minimizar los residuos en los procesos y disminuir la carga de contaminantes y al mismo tiempo optimizar los procesos productivos.
6. Revisar por parte del MARENA el decreto 33-95 donde regulan los vertidos de aguas residuales industriales textileras, donde especifican solo dos tipos de contaminantes como metales pesados (cromo y zinc), existiendo en las tintas utilizadas otros tipos de metales pesados como plomo, cadmio arsénico, mercurio, cobalto , cobre esto según CEPIS (1995).

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- CEPIS.** 1995. Informe técnico sobre minimización de residuos en la industria textil. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, CEPIS.
- CNZF.** 2000. Estadística e información con respecto a las zonas francas de Nicaragua recibidas por M. Abella en el Corporación de Zonas Francas.
- DAGERSKOG, L. and SIMONSSON D.** 2001. Investigation of the wastewater situation at Nicaragua's largest free zone for industries – Zona Franca Industrial Las Mercedes, Swedish university of Agricultural Sciences.
- DECRETO No. 33-95.** 1995. Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas residuales Domésticas, Industriales, y Agropecuarias, La Gaceta Diario Oficial, No.118 26-6-95. Managua, Nicaragua. Pag 37-38.
- Eriksson O. and Ruthberg B.,** 1996. Introduction till avloppstekniken. Svenska kommunförbundet och VAV. ISBN: 91-7099-542-7.
- Gaceta-Diario oficial.** 26-6-95 No.118 Arto.40-41. Referente al control de calidad del agua potable (ENACAL).
- GARDINER, K. D. y BORNE, B. J.,** 1978. Textile waste waters; treatment and environmental effects. Stevenage, Water Research Centre.
- INEC.** 1982. Directorio Industrial, Managua. Instituto Nacional de Estadística y Censos
- INETER.** 2001. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA (Balance Isotópico e Hidrológico del Lago Xolotlán) Dirección General de Recursos Hídricos).Informe Final, pag 12.
- IRENA.** 1982. Taller Internacional de Salvamento y Aprovechamiento Integral del Lago de Managua. Vol. II. Instituto de Recurso Naturales y del Ambiente pags 91-95.
- IRENA.** 1983. Planificación de Cuencas Hidrográficas (Plan de Ordenamiento y Manejo). Vol III sub. –Cuenca Prioritaria. Análisis y Propuesta de Uso Forestal Managua. Instituto de Recurso Naturales y del Ambiente pags 75-79-82-83-167-168.

- Lacayo, M.** 1991. Physical and Chemical features of Lake Xolotlán, (Managua). Hydrobiological Bulletin, Journal of the Netherlands. Hydrobiological Society. Vol 25 (2); 101-180.
- Marengo, Y. S. y Sevilla, J. M.,** 1994. Caracterización y propuesta preliminar de tratamiento a las aguas residuales de la colector G y caracterización preliminar de siete colectoras de la Ciudad de Managua. Tesis de Diploma.
- MARENA.-KTH,** 2000. Estrategia de Protección para el Acuífero de Managua, Estimación del Peligro Potencial de Contaminación en el Acuífero de Managua. Proyecto Uso Sostenible de los Recursos Hídricos. Real Universidad Politécnica de Estocolmo, KTH. Informe Final. Pag 1- 6-53-70.
- Marín E. C.** 1992. Estudio Agroecológico de la Región III y su Aplicación al Desarrollo Agropecuario. Agencia Finlandesa Para el Desarrollo Internacional, FINNIDA. Primera Edición, pag-32.
- Norbert, F.** 1989. Nicaragua: Geografía, Clima, Geología, Hidrología. Primera Edición, Belem, UFPA/INETER/INAN. 62 p.
- OMS.** 1982. Rapid assessment of sources of air, water and land pollution. Organización Mundial de la Salud Geneva, WHO. 113p.
- PORTER.** 1973. Environmental Protection Technolog Service. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY R2-73-058.
- Ren, X.** 2000. Development of environmental performance indicators for textile process and product, journal of Cleaner Production 473-481 pags, <http://www.cleanerproduction.net>
- RODINEL, P. E.** 1990. Minimización de residuos peligrosos generados en la industria textil de algodón y fibras artificiales. Lima, Universidad Nacional de Ingeniería. 80 p.
- Romero, J.** 1999. Calidad del Agua, Segunda edición. Editorial Alfaomega Grupo Editor S:A, Pitágoras 1139, Col. Del Valle 03100, México D:F. Pags.103, 107,124 134.
- SMITH, B.** 1986. Programa de Prevención de la Contaminación Departamento de Química Textil, Universidad Estatal de Carolina del Norte.
- STANDARD METHODS For** the Examination of Water and Wastewater, FIFTEENTH EDITION.

SUESS, M., GREFEN, K., and REINISH, W. D., 1985. Ambient air pollutants from industrial sources; a reference handbook. Amsterdam, Elsevier. 855 p.

SUWaR. 2000. Aplicación del Modelo Matemático en la Subcuenca Oriental y Regulaciones de las Actividades Económicas para la Protección de sus Campos de Pozos. Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado. Informe. pag 8-20.

Paginas Web consultadas:

Ellaboratorio, 2004. Aguas Residuales Industriales: Quebrada Manizales
<http://www.ellaboratorio.8k.com/ambdocs.htm#gmanizales>, 13-02-2005

Lenntech ,2005. Efectos del cromo sobre la salud.
<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Cr.htm>, 12-03-2005

Lenntech, 2005. Efectos del zinc sobre la salud.
<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Zn.htm>, 12-03-2005

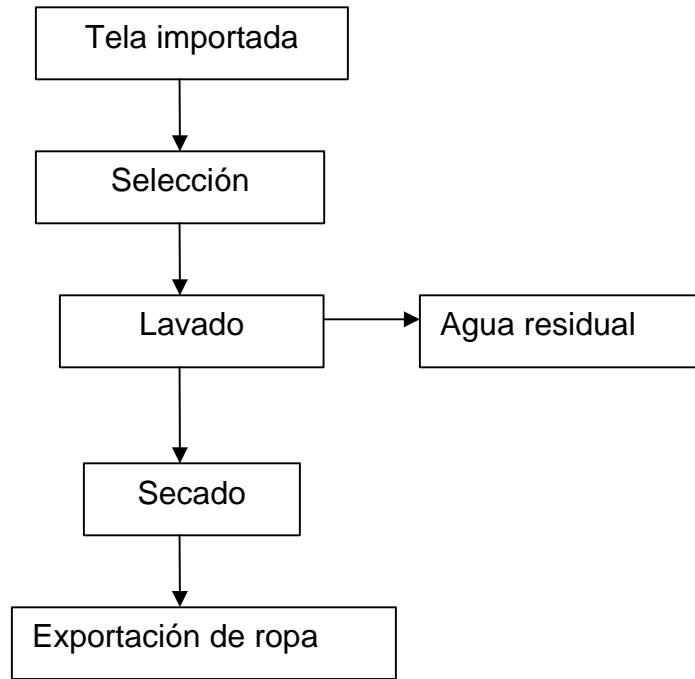
Ideam, 2002. Guía ambiental para la formulación de planes de pretratamiento de efluentes industriales; Ministerio del Medio Ambiente
<http://www.ideam.gov.co>, 15-08-2005

Humboldt, 2005. Centro Humboldt.
<http://www.humboldt.org.ni/incidencia/maquilas.htm>, 10-03-2005

Ingeniero Ambiental Biorremediación de Efluentes Industriales Altamente Contaminados
<http://www.ingenieroambiental.com/>, 15-08-2005

IX. ANEXOS

Anexo 1. Proceso Industrial en el CIZFLM (Citado Dagerskog y Simonsson, 2001)



Anexo 2. Toma del volumen de salida de la descarga principal, de las industrias textiles, tomadas tres días consecutivos, ocho horas diarias.

Día 1				Día 2		Día 3	
Hora	Distancia	Tiempo	caudal m ³ /s.	Tiempo	caudal m ³ /s.	Tiempo	caudal m ³ /s.
08:05	2.36	4.53	0.26	3.47	0.34	3.63	0.33
09:05	2.36	4.05	0.29	3.16	0.37	3.47	0.34
10:05	2.36	3.99	0.30	3.36	0.35	3.73	0.32
11:05	2.36	3.78	0.31	3.77	0.31	3.48	0.34
12:05	2.36	3.45	0.34	3.52	0.34	3.38	0.35
01:05	2.36	3.73	0.32	3.85	0.31	3.59	0.33
02:05	2.36	3.19	0.37	3.5	0.34	3.6	0.33
03:05	2.36	3.03	0.39	3.63	0.33	3.62	0.33

Nota: La distancia y la hora es la misma los tres días.

Anexo 3. Índice de contaminación del CIZFLM

Tipo de Contaminantes	Índice tres días	Unidades	Flujo salida principal l/s	Descarga kg/día
ST	1713.46	mg/l	330	16,284.72
SST	733.38	mg/l	330	6,970.03
Aceite/Grasa	12.32	mg/l	330	117.08
DBO ₅	137.92	mg/l	330	1,310.79
DQO	301.60	mg/l	330	2,866.40
Cromo Total	0.134	mg/l	330	1.27
Zinc	0.288	mg/l	330	2.73
Sulfuros	1.54	mg/l	330	14.63

Anexo 4. Empresas que integran la CIZFLM (Fuente: Zona Franca las Mercedes, 2004).

Empresa	Actividad	Origen
Chentex	Pantalones	Taiwán
Chih Hsing	Pantalones	Taiwán
China Unique	Prendas de Vestir	Taiwán
China United	Camisas de Tejido Plano	Taiwán
Ecco de Nicaragua	Calzado de Cuero	Italia
Formosa Textil	Ropa deportiva e invernol	Taiwán
Frotes Industrial Nicaragua	Camisas de Tejido Plano	Taiwán
Hansae Nicaragua	Ropa de Punto	Corea del Sur
HLL Chiang	Pijamas y camisas de franela	Taiwán
Istmo Textil	Camisas de punto	Corea del Sur
Maquiladora D&M	Ropa de Tejido Plano	USA
Metro Garments	Camisas de Punto	Hong Kong
Mil Colores	Pantalones	USA
Nien Hsing	Pantalones	Taiwán
Rocedes	Pantalones	USA
Uno Garments	Prendas de Vestir	Corea del Sur

Anexo 5. Sólidos totales en agua residuales encontrada en los tres días muestreados.

Lugar	Día 1 mg/l	Día 2 mg/l	Día 3 mg/l	Promedio	Std Deviation	Mediana	Mínimo	Máximo
Sitio 1	1348	1494	1586	1476	120.02	1494	1348	1586
Sitio 2	2237	2114	2364	2238.33	125.01	2237	2114	2364
Sitio 3	1571	1528	1645	1581.33	59.18	1571	1528	1645
Sitio 4	1431	1410	1500	1447	47.09	1431	1410	1500
Sitio 5	2328	2431	2488	2416	81.09	2431	2328	2488
Sitio 6	1511	1527	1654	1564	78.35	1527	1511	1654
Sitio 7	1118	1097	1100	1105	11.36	1100	1097	1118
Sitio 8	1771	1173	2697	1880.33	767.86	1771	1171	2697

Anexo 6. Sólidos suspendidos totales en agua residual en los tres días muestreados.

Lugar	Día 1 mg/l	Día 2 mg/l	Día 3 mg/l	Promedio	Std Deviation	Mediana	Mínimo	Máximo
Sitio 1	666	453	231	450.00	217.52	453	231	666
Sitio 2	533	554	550	545.67	11.15	550	533	554
Sitio 3	1023	591	593	735.67	248.84	593	591	1023
Sitio 4	1273	340	1203	938.67	519.64	1203	340	1273
Sitio 5	1249	995	670	971.33	290.22	995	670	1249
Sitio 6	495	1082	752	776.33	294.26	752	495	1082
Sitio 7	206	1621	584	803.67	732.63	584	206	1621
Sitio 8	611	399	927	645.67	265.7	611	399	927

Anexo 7. Concentración de grasas y aceites encontrados en los tres días muestreados.

Lugar	Día 1 mg/l	Día 2 mg/l	Día 3 mg/l	Promedio	Std Deviation	Mediana	Mínimo	Máximo
Sitio 1	12.5	20	8	13.50	6.06	12.5	8	20
Sitio 2	11.7	10	8.23	9.98	1.74	10	8.23	11.7
Sitio 3	12.8	20	7.25	13.35	6.39	12.8	7.25	20
Sitio 4	15.1	29.9	20	21.67	7.54	20	15.1	29.9
Sitio 5	9.8	21.6	0	10.47	10.81	9.8	9.8	21.6
Sitio 6	6.7	7.1	5	6.27	1.12	6.7	5	7.1
Sitio 7	4.1	10	20	11.37	8.04	10	4.1	20
Sitio 8	11	13	12	12	1	12	11	13

Fuente LAB. PYMA UNI

Anexo 8. Comportamiento de pH en aguas residuales.

Lugar	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio	Std Deviation	Mediana	Mínimo	Máximo
Sitio 1	7.38	7.71	7.03	7.37	0.34	7.38	7.03	7.71
Sitio 2	6.97	7.18	7.14	7.10	0.11	7.14	6.97	7.18
Sitio 3	7.34	7.49	7.2	7.34	0.15	7.34	7.2	7.49
Sitio 4	8.79	7.47	7.26	7.84	0.83	7.47	7.26	8.79
Sitio 5	7.41	7.19	7.06	7.22	0.18	7.19	7.06	7.41
Sitio 6	6.92	7.45	6.91	7.09	0.31	6.92	6.91	7.45
Sitio 7	8.44	7.51	7.05	7.67	0.71	7.51	7.05	8.44
Sitio 8	7.18	7.13	6.97	7.09	0.11	7.13	6.97	7.18

Anexo 9. Demanda bioquímica de oxígeno encontrado en los tres días muestreados.

Lugar	Día 1 mg/l	Día 2 mg/l	Día 3 mg/l	Promedio	Std Deviation	Mediana	Mínimo	Máximo
Sitio 1	125	180	50	118.33	65.26	125	50	180
Sitio 2	215	165	120	166.67	47.52	165	120	215
Sitio 3	140	80	30	83.33	55.08	80	30	140
Sitio 4	105	175	110	130.00	39.05	110	105	175
Sitio 5	190	170	70	143.33	64.29	170	70	190
Sitio 6	235	240	100	191.67	79.43	235	100	240
Sitio 7	150	250	150	183.33	57.74	150	150	250
Sitio 8	90	110	60	86.67	25.17	90	60	110

Anexo 10. Demanda química de oxígeno encontrado en los tres días muestreados.

Lugar	Día 1 mg/l	Día 2 mg/l	Día 3 mg/l	Promedio	Std Deviation	Mediana	Mínimo	Máximo
Sitio 1	249.60	309.50	238.08	265.73	38.34	249.6	238.08	309.5
Sitio 2	349.44	359.42	327.68	345.51	16.23	349.44	327.68	359.42
Sitio 3	374.40	449.28	240.64	354.77	105.70	374.4	240.64	449.28
Sitio 4	209.66	324.48	285.72	273.29	58.41	285.72	209.66	324.48
Sitio 5	339.46	399.36	281.60	340.14	58.88	339.46	281.6	399.36
Sitio 6	439.29	398.86	284.16	374.10	80.47	398.86	284.16	439.29
Sitio 7	399.36	379.40	337.90	372.22	31.35	379.4	337.9	399.36
Sitio 8	91	110	60	87	25.24	91	60	110

Fuente LAB. PYMA UNI

Anexo 11. Relación de la DQO/DBO₅

Sitios	S - 1	S - 2	S - 3	S - 4	S - 5	S - 6	S - 7	S - 8
DQO	265.73	345.51	354.77	273.62	340.14	374.10	372.22	87
DBO ₅	118.33	166.67	83.33	130	143.33	191.67	183.33	86.66
DQO/DBO ₅	2.24	2.07	4.25	2.10	2.37	1.95	2.03	1

Anexo 12. Emisiones de cromo total en aguas residuales.

Lugar	Día 1 mg/l	Día 2 mg/l	Día 3 mg/l	Promedio	Std Deviation	Mediana	Mínimo	Máximo
Sitio 1	0.330	0.020	0.026	0.125	0.177	0.026	0.020	0.330
Sitio 2	0.230	0.122	0.024	0.125	0.103	0.122	0.024	0.230
Sitio 3	0.003	0.003	0.085	0.030	0.047	0.003	0.003	0.085
Sitio 4	0.004	0.028	0.006	0.013	0.013	0.006	0.004	0.028
Sitio 5	0.044	0.078	0.058	0.06	0.017	0.058	0.045	0.078
Sitio 6	1.212	0.206	0.662	0.693	0.504	0.662	0.206	1.212
Sitio 7	0.004	0.003	0.002	0.003	0.001	0.003	0.002	0.004
Sitio 8	0.026	0.021	0.030	0.026	0.005	0.026	0.021	0.030

Anexo 13. Emisiones de zinc en las aguas residuales industriales.

Lugar	Día 1 mg/l	Día 2 mg/l	Día 3 mg/l	Promedio	Std Deviation	Mediana	Mínimo	Máximo
Sitio 1	0.169	0.161	0.140	0.157	0.015	0.161	0.14	0.169
Sitio 2	0.152	0.156	0.216	0.175	0.036	0.156	0.152	0.216
Sitio 3	0.165	0.172	0.178	0.172	0.007	0.172	0.165	0.178
Sitio 4	0.143	0.127	0.164	0.145	0.019	0.143	0.127	0.164
Sitio 5	0.118	0.140	0.136	0.131	0.012	0.136	0.118	0.140
Sitio 6	0.173	0.166	0.205	0.181	0.021	0.173	0.116	0.205
Sitio 7	0.166	0.258	0.175	0.200	0.051	0.175	0.166	0.258
Sitio 8	1.2	1.118	1.122	1.147	0.046	1.122	1.118	1.2

Anexo 14. Emisión de sulfuro en las aguas residuales industriales.

Lugar	Día 1 mg/l	Día 2 mg/l	Día 3 mg/l	Promedio	Std Deviation	Median	Mínimo	Máximo
Sitio 1	1.44	2.88	1.44	1.92	0.83	1.44	1.44	2.88
Sitio 2	0.96	0.8	2.08	1.28	0.70	0.96	0.8	2.08
Sitio 3	2.4	0.06	1.28	1.25	1.17	1.28	0.06	2.4
Sitio 4	2.72	0.8	1.6	1.71	0.96	1.6	0.8	2.72
Sitio 5	0.8	2.72	1.7	1.74	0.96	1.7	0.8	2.72
Sitio 6	1.6	1.6	0.48	1.23	0.65	1.6	0.48	1.6
Sitio 7	2.72	1.6	0.8	1.71	0.96	1.6	0.8	2.72
Sitio 8	1.4	1.5	1.6	1.5	0.1	1.5	1.4	1.6

Fuente LAB. PYMA UNI

Anexo 15. Empresas que vierten más contaminantes

Empresa y sitios	SST	G.A	pH	DBO	DQO	Cr	Zn	SUL.
Chih Sing, y Fortex (sitio 3)	X	X*	X*	X*	X	X*	X*	X
Fte a Rovedes, Chentex (sitio 4).	X	X	X*	X	X	X*	X*	X
Chih Hising (sitio 5).	X	X*	X*	X	X	X*	X*	X
Mil colores (sitio 6).	X	X*	X*	X	X	X*	X*	X
Niem Hsing (sitio 7.)	X	X*	X*	X	X	X*	X*	X

Rojo: Alta X

Verde: Baja X*

Anexo 16. Resultados de análisis de aguas residuales en Zona Franca Industria. “Las Mercedes”, Managua.

Características	Unidad	Sitio No 1	Sitio No 2	Sitio No 3	Sitio No 4	Sitio No 5	Sitio No 6	Sitio No 7	Sitio No 8	Prom.	Descarga a cuerpos receptores DECRETO 33-95
pH		7.37	7.10	7.34	7.84	7.22	7.09	7.67	7.09	7.34	6-9
Aceites y grasas	mg/l	13.50	9.98	13.35	21.67	10.46	6.27	11.37	12.0	12.33	20 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/l	118.33	166.67	83.33	130	143.33	191.67	183.33	86.66	137.92	100 mg/l
Demanda Química de oxígeno	mg/l	265.73	345.51	354.77	273.28	340.14	374.10	372.22	87	301.59	250 mg/l
Sólidos totales	mg/l	1476	2238	1581	1447	2416	1564	1105	1880	1713.46	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	450.00	545.67	735.67	938.67	971.33	776.33	803.67	663.00	733.38	100 mg/l
Cromo total	mg/l	0.125	0.125	0.03	0.013	0.06	0.693	0.003	0.026	0.134	1 mg/l
Sulfuros	mg/l	1.92	1.28	1.24	1.71	1.74	1.23	1.71	1.5	1.54	0.2 mg/l
Zinc	mg/l	0.157	0.175	0.172	0.145	0.131	0.181	0.2	1.147	0.289	2 mg/l

Fuente LAB. PYMA UNI



Foto 1. Salida principal de las aguas residuales industriales proveniente de la CIZFLM.



Foto 2. Derrame de aguas residuales industriales CIZFLM en los manjoles.



Foto 3. Punto donde convergen los dos tipos de agua proveniente de la CIZFLM con dirección al Lago de Managua.



Foto 4. Caudal de las aguas residuales industriales y aguas domesticas proveniente de la CIZFLM con dirección al Lago de Managua.



Foto 5. Pilas de tratamiento con aguas residuales estancadas.



Foto 6. Río de agua residual que se dirige al Lago de Managua pasando por áreas donde se cultivan, hortalizas y plátanos.