

CAPÍTULO 5

MANEJO ACTUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

5.1 GENERALIDADES

Actualmente, un total de 20,400 m³/día de aguas residuales industriales han sido producidas en 184 industrias mayores ubicados en el Area del Estudio. Varias investigaciones de las aguas residuales industriales de la región hechas previamente, dictan claramente que la practica actual de descargar las aguas residuales a la vías públicas de agua es una contribución significativa a la contaminación del agua en el Área.

Bajo estas circunstancias, el Estudio sobre este sector ha sido enfocado con el propósito de formular un plan comprensivo para el tratamiento y el manejo como solución de la contaminación producida por las aguas residuales industriales.

5.2 UNA MIRADA A LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

5.2.1 LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL EN EL PAÍS

La producción industrial en la República Dominicana fue de US\$ 6,050 millones en 1999, representando el 34% del Producto Interno Bruto, como se muestra en la siguiente Tabla. Su tasa de crecimiento entre los años de 1994 y 1999 varió de un 9 a un 15% anual, mostrando una tasa crecimiento mayor y más estable, comparado con otros sectores.

Producto Interno Bruto en la República Dominicana							
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PIB (Millones US\$)							
1. Agricultura	1,278	1,308	1,501	1,706	1,842	1,893	2,000
2. Industria	3,034	3,411	3,888	4,314	4,971	5,535	6,050
3. Servicios	5,297	5,726	6,544	7,304	8,261	9,028	9,571
Total	9,610	10,445	11,933	13,324	15,074	16,457	17,621
Tasa de Crecimiento (Anual %)							
1. Agricultura		2.3	14.8	13.7	8.0	2.8	5.6
2. Industria		12.4	14.0	11.0	15.2	11.3	9.3
3. Servicios		8.1	14.3	11.6	13.1	9.3	6.0
Total		8.7	14.2	11.7	13.1	9.2	7.1

Fuente: " Desarrollo Humano de la República Dominicana, 2000" Publicado por el PNUD

Las industrias de la manufactura que descargan sus aguas residuales directamente de sus líneas de producción, son los sujetos principales de este estudio. Entre los sub-sectores industriales mostrados en la tabla más abajo, las industrias de la manufactura incluyendo las "Zonas Francas" ocupan el 50% del sector producción, indicando que es el pilar principal de la economía dominicana.

5.2.2 ESTRUCTURA DE LAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS DE LA REGIÓN

La industria de la manufactura contemplada en el Área de Estudio se dividen en dos tipos: La industria tradicional distribuidas en el Área de Estudio y las Zonas Francas concentradas en Parques Industriales, a las cuales se les llamará Zonas Francas. Estas industrias juegan un papel importante en la economía de la Ciudad de Santiago y sus zonas aledañas, siendo el mayor cinturón de Zonas Francas del país.

Las industrias en el Área de Estudio están caracterizadas por ser de naturaleza industrial ligera produciendo en su gran mayoría bienes de consumo para al exportación y el consumo local.

Las industrias tradicionales tienen un amplio rango de actividades de producción, como son el ron, cigarrillos, calzados, pieles, partes metálicas, embotellamiento y enlatado, cerámicas, materiales de construcción, etc. Sus productos están mayormente orientados al consumo doméstico. Estas industrias están localizadas en áreas urbanas y en los alrededores.

Por el otro lado, Parques de Zonas Francas produciendo exclusivamente para la exportación. Estos productos son mayormente cigarrillos y productos textiles. Están localizadas alrededor del perímetro de Santiago y próximas a las ciudades de Tamboril y Licey. Aproximadamente unas 120 industrias están produciendo en ocho Zonas Francas: Santiago (I), Santiago (II), Santiago (III), Pisano, CIP, Gurabo, Licey y Tamboril.

Producción Industrial de la República Dominicana							
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PIB Industrial (millones USD)	3,034	3,411	3,888	4,314	4,971	5,535	6,050
Contribución por Sub-sectores (%)							
1) Minería	4.6	8.0	8.4	8.1	7.6	5.8	5.2
2) Manufactura	48.0	45.3	44.7	43.7	42.3	40.9	40.3
3) Zonas Francas	11.5	11.4	11.4	10.7	10.7	10.5	9.3
4) Construcción	29.3	28.9	29.6	31.5	33.4	36.5	39.1
5) Agua y Electricidad	6.6	6.4	5.8	6.0	6.0	6.3	6.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Tasa de Crecimiento de Sub-sectores (%)							
1) Minería		96.1	19.4	6.6	7.8	-14.5	-2.6
2) Manufactura		6.0	12.6	8.5	11.4	7.6	7.8
3) Zonas Francas		11.8	14.0	3.6	15.7	9.5	-3.6
4) Construcción		11.1	16.7	18.1	22.4	21.6	17.0
5) Agua y Electricidad		8.1	4.7	14.9	15.1	15.7	6.7
Total		12.4	14.0	11.0	15.2	11.3	9.3

Fuente: " Desarrollo Humano de la República Dominicana, 2000" Publicado por el PNUD

Hay aproximadamente 27 industrias con un gran volumen de embarques incluidas en el Área de Estudio. Son fábricas para materiales de construcción(mosaicos, inodoros, bloques de cemento, tubería de acero, etc.), productos alimenticios(bebidas gaseosas, sazones, agua embotellada, etc.), y otras que incluyen tenerías y destilerías.

La industria del tabaco juega un papel importante en la economía de Santiago, ejerciendo suficiente influencia económica a los municipios adyacentes. En término de número de fabricas, la textil está a la cabeza, seguida por la alimenticia, cigarrillos, y lavanderías. Otras industrias incluidas en el Área de Estudio son partes metálicas, cartoneras, enlatadoras, productos lácteos, pinturas, mataderos, y embutidoras.

5.3 LEYES/REGULACIONES Y ESTÁNDARES RELACIONADOS CON LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

5.3.1 NORMA 436: REQUERIMIENTOS PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La Norma 436 fue establecida como Norma Dominicana en el año de 1993, con el propósito de proteger la contaminación de las aguas causada por las actividades comerciales e industriales. Fue provisionalmente aplicada al manejo de las aguas residuales industriales por el INPRA. La nueva SENARENA, la cual reemplazó al INPRA en el año 2000, está en proceso de revisar la Norma436, la cual está en vigencia hasta Abril del 2001.

(1) Descarga en Fuentes de Aguas Públicas

Cuando las aguas residuales son descargadas en las fuentes de aguas pública o en el sistema de alcantarillado, toda actividad comercial o industrial están obligadas a someterse a los requerimientos establecidos por la Norma: el límite de la calidad del efluente, el límite del caudal, sometimiento de las unidades de descarga de aguas residuales, etc.

En cuanto a la calidad de las aguas residuales a ser descargadas en las fuentes de aguas públicas, los límites que norman las propiedades tanto físicas como químicas del agua a ser descargada se muestran en la siguiente tabla:

Requisito para la Descarga de Aguas Residuales Industriales

No	Descripción	Límites	No	Descripción	Límites
1.	Temperatura	35	11.	Cobre	1.0 mg/l
2.	Sedimentos Sólidos	1.0 ml/l	12.	Cromo Hexavalente	0.5 mg/l
3.	Sólidos Flotando	No debe haber sobre 3 mm	13.	Mercurio	0.01 mg/l
4.	Color	200 unidades	14.	Plomo	0.1 mg/l
5.	Conductividad	2000 μ mhos/cm	15.	Selenio	0.05 mg/l
6.	Sólidos en Suspensión	500 mg/l	16.	Cianuro	0.05 mg/l
7.	Total de Sólidos Disueltos	1200 mg/l	17.	Fenol	0.1 mg/l
8.	Total de Sólidos	1700 mg/l	18.	Detergentes	5.0 mg/l
(Requisitos Químicos)			19.	Nitratos	100 mg/l
1.	pH	5 a 10	20.	Zinc	10 mg/l
2.	Sulfatos	1,000 mg/l	21.	Hierro	10 mg/l
3.	Demanda Química de Oxígeno	70 mg/l	22.	Magnesio	500 mg/l
4.	Demanda Biológica de Oxígeno	50 mg/l	23.	Manganeso	10 mg/l
5.	Grasa y Aceite Mineral	70 mg/l	24.	Calcio	700 mg/l
6.	Bacteria Coliformes	100,000 MPN/100ml	25.	Cloro	1,000 mg/l
7.	Arsénico	0.5 mg/l	26.	Oxígeno Disuelto	5 to 11 mg/l
8.	Bario	10 mg/l	27.	Cloro Residual	0.3 mg/l
9.	Cadmio	0.1 mg/l	28.	Níquel	2.0 mg/l
10.	Boro	5.0 mg/l	29.	Sulfuros	1.0 mg/l
			30.	Plata	0.1 mg/l

Fuente: Norma 436

Nota: El requisito para el color de las aguas residuales provenientes de tenerías, fabricas de papel, textiles, destilación, teñido, y lavado en seco es menor de 1,000 unidades en vez del valor mencionado en la tabla.

Adicionalmente, la Norma requiere que las descargas de aguas residuales a las fuentes de agua públicas no alteren la calidad establecida para éstas las cuales han sido clasificadas en tres grados, dependiendo de su utilización.

Cuando se usan químicos tóxicos, que puedan dañar la salud del hombre, las empresas que lo usen están obligadas a hacerlo saber a las autoridades. En caso de que las aguas residuales producidas por una empresa estén fuera de las especificaciones ya mencionadas, una planta apropiada de tratamiento de agua deberá ser construida. Para obtener el permiso correspondiente del Gobierno, las empresas tienen que aplicar por adelantado. Este proceso de autorización para descargar en las fuentes públicas de agua, estaba bajo la autoridad del INPRA y están siendo transferidas a SEMARENA después de que entró en vigencia la Ley de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el 2000.

La Norma no contiene penalidades para los violadores, y el sistema de monitoreo para la calidad del agua descargada no está descrito con claridad. Al presente, la persecución de un infractor de la ley está limitada solo al caso de daños serios de naturaleza criminal. Por lo tanto, la Norma parece no funcionar tan efectivamente como se esperaba, como marco legal para el manejo de las aguas residuales.

(2) Descarga en el Sistema de Alcantarillado

La Norma requiere que toda agua descargada en el sistema de alcantarillado sea menor de 50 mg/l DBO. De acuerdo a esta especificación, casi todas las aguas residuales debieran ser pre-tratadas biológicamente antes de ser descargadas a la alcantarilla. Por lo que parece ser que la Norma no tiene la intención que las aguas servidas de origen industrial sean tratadas biológicamente en las plantas públicas de tratamiento.

La Norma establece requisitos adicionales para ser aplicados a la descarga en el alcantarillado sanitario. Los siguientes requisitos son añadidos para preservar las tuberías del sistema de alcantarillado de daños:

- En caso de que la tubería sea de concreto, la concentración de Sulfatos(SO₄⁻) debe ser menor de 200 mg/l,
- En caso de que la tubería sea de PVC, la temperatura debe ser menor de 20 °C, y
- Aguas servidas que contengan componentes que generen gases corrosivos, o que puedan causar su destrucción y que contengan materiales que se sedimenten fácilmente están prohibidas.

La Norma establece que los procedimientos de autorización para la descarga en el alcantarillado, estén bajo la responsabilidad de CORAASAN, de la misma manera que estuvo bajo SEMARENA o antes por el INPRA.

5.3.2 NUEVA NORMA: CALIDAD DEL AGUA Y CONTROL DE LA DESCARGA

(1) Generalidades

Una nueva Norma llamada “Norma para la Calidad del Agua y Control de la Descarga(Ref. No. AG-CC-01)” empezó a ser vigente a partir de Abril del 2001, en el período del Estudio. Esto se aplica no solo a las aguas servidas industriales, sino también a las de origen doméstico que son tratadas por el sistema público de plantas de tratamiento.

A diferencia de la anterior Norma 436, esta nueva Norma establece los estándares clasificando el destino de las descargas en: fuentes de agua superficiales, aguas costeras, y la tierra. En término de aguas residuales industriales, la nueva Norma especifica los estándares de calidad del agua de los efluentes, y otros requisitos relacionados. El estándar del efluente para ser descargado en el sistema de alcantarillado está también especificado en la nueva Norma.

En esta Norma, el SEMARENA recalca que algunos requisitos adicionales se suplementarán en etapas posteriores. En este momento, esta Norma no estipula ninguna penalidad para los infractores de los requisitos como lo hacía la anterior Norma 436.

(2) Descarga en Fuentes Públicas de Agua

1) Descarga de la Industria Química

La Nueva Norma hace especial énfasis en la regulación de las descargas de aguas residuales de la industria química. El DQO especificada, los valores límites de nitrógeno(T-N) y fósforo(T-P), que han sido adoptados para la descarga en fuentes superficiales de agua y en la tierra, muestra que los límites aplicados a la industria química son más severos que los que se aplican a otras industrias.

2) Descarga en las Fuentes de Agua Superficiales y en la Tierra

La Nueva Norma ha introducido una clasificación precisa para las 38 categorías de las industrias

que descargan aguas residuales. A pesar de que la “Zona Industrial” ha sido clasificada como una de todas las categorías, cuales categorías están incluidas en este término no está descrito. En adición, “Guía General” ha sido establecida separadamente de las 38 categorías para ser aplicada a otras industrias no incluidas en la clasificación.

Los límites para los efluentes clasificado por categoría de industria están tabulados en el Apéndice 10 del Reporte de Apoyo. En términos de DBO, las cifras limitantes van desde 30 mg/l hasta 50 mg/l, dependiendo de la categoría industrial. Esto demuestra que la Nueva Norma requiere el mismo nivel de tratamiento que la Norma 436, excepto para algunas categorías industriales que es de 30 mg/l.

En relación con las descargas en aguas costeras, La Nueva Norma dice que por el momento se apliquen los mismos estándares que rigen para las descargas en fuentes de agua superficiales, hasta que un estándar especializado sea establecido.

(3) Descarga en el Sistema de Alcantarillado

A diferencia de la Norma 436, la Nueva Norma especifica un estándar especializado para el efluente que es descargado en el sistema de alcantarillado, separado del estándar que rige para las descargas en aguas superficiales. En términos del límite de DBO, la Nueva Norma ha establecido un valor razonable, diferenciando el límite para las descargas en aguas superficiales. Los parámetros de límite para la descarga en los sistemas de alcantarillado son mostrados más abajo. En adición, para las industrias clasificadas en él, la Nueva Norma especifica la otra calidad del agua residual para la descarga en el alcantarillado como se muestra en la tabla más abajo.

(4) Otros

Aparentemente no establece los aspectos prácticos y requisitos para el manejo de las aguas residuales industriales como:

- Los procedimientos para la autorización de descarga de aguas residuales,
- Procedimientos para el monitoreo de la calidad del agua luego que se completa la planta de tratamiento,
- Las regulaciones penales para las violaciones de la Nueva Norma, y
- La limitación en la descarga del volumen de aguas residuales no aplica a industrias muy pequeñas, y
- La limitación en las aguas residuales que cause daño y mal funcionamiento para las unidades del alcantarillado.

Juzgando por lo arriba mencionado, aparentemente la Nueva Norma es un punto de partida para el establecimiento de un sistema comprensivo de regulación para el manejo de las aguas residuales en la República Dominicana.

Estándar de los Efluentes Industriales para Descargar al Alcantarillado

Parámetros	Unidades	Valores Límite	Parámetros	Unidades	Valores Límite
(1 Parámetros Generales)			(Cianuros)	mg/l	0.2
Surfactantes	mg/l	10	(Metales)		
Conductividad	mS/cm	2,000	Arsénico	mg/l	0.5
DBO	mg/l	350	Bario	mg/l	5
Fenol	mg/l	0.5	Cadmio	mg/l	0.2
Grasa y Aceite	mg/l	20	Cromo Total	mg/l	2
pH	-	6 - 9	Hierro	mg/l	2
Sólidos Disueltos	mg/l	1,200	Manganeso	mg/l	25
Sólidos en Suspensión	mg/l	400	Níquel	mg/l	2
Sólidos Totales	mg/l	1,600	Plomo	mg/l	0.5
Sulfato	mg/l	400	Platino	mg/l	0.1
Sulfuro	mg/l	2	Selenio	mg/l	0.2
Temperatura	°C	40	Vanadio	mg/l	5

Fuente: Normas de Calidad de Agua y Control de Descargas (AG-CC-01) publicado por SEMARENA.

5.4 SISTEMAS INSTITUCIONALES PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

5.4.1 ORGANIZACIONES INTERESADAS

(1) Generalidades

Organizaciones Administrativas y actividades para el manejo de los asuntos ambientales en la República Dominicana están en un período de transición, desde que la Ley General para el Ambiente y Recursos Naturales (No. 6418-2000) entró en vigencia a partir de Julio del 2000. Las organizaciones gubernamentales más importantes relacionadas a la regulación de las aguas residuales industriales y sus actividades son las siguientes:

(2) SEMARENA

SEMARENA (Secretaría de Estado de Medio ambiente y Recursos Naturales) fue organizada después de la entrada en vigor la Ley General para el Medio Ambiente y Recursos Naturales, para administrar los asuntos relacionados con el medio ambiente. SEMARENA es la única organización establecida para velar por la aplicación de la legislación gubernamental, reemplazando al INPRA (Agencia de Protección del Ambiente) y ONAPLAN (Oficina Nacional de Planificación) que anteriormente hacían estas funciones.

SEMARENA ha tomado las atribuciones de desarrollar las políticas para la preservación del medio ambiente y los recursos naturales, el establecimiento de estándares y la ejecución de la supervisión y el monitoreo de los asuntos relacionados con las aguas residual industriales que llevaba a cabo anteriormente ONAPLAN. También la administración de los asuntos ambientales, contaminación del agua, ruidos, etc. y la formulación de las estrategias para la protección del medio ambiente que anteriormente estaban bajo la jurisdicción del INPRA. Todo esto ha sido transferido y unificado en SEMARENA.

El manejo de las aguas residuales industriales, como son el establecimiento de los sistemas de regulación y la autorización y monitoreo de las actividades industriales incluyendo la descarga de las aguas residuales, también están bajo la responsabilidad de SEMARENA. El establecimiento de la nueva Norma, que reemplaza la Norma 436, es uno de los primeros trabajos

de SEMARENA.

(3) CORAASAN

CORAASAN, la Contrapartida en este Estudio, es una corporación propiedad del Gobierno que provee agua potable y los servicios de cloacas mayormente a la Ciudad de Santiago. Concerniente al manejo de aguas residuales, una de sus actividades es el tratamiento y manejo de todas las aguas residuales tanto las domésticas como las comerciales, institucionales e industriales.

CORAASAN es responsable de autorizar, recibir y tratar las aguas residuales industriales, y de monitorear si el sistema de alcantarillado puede aceptar las aguas residuales de las industrias. La organización interna de CORAASAN no puede, sin embargo, responsabilizarse de las tareas relacionadas con las aguas residuales industriales sin unidades especializadas en su manejo. Por lo tanto, sus actividades están limitadas a la verificación de la etapa de la construcción y a la facturación del servicio sin poder monitorear la calidad de las aguas residuales durante la operación.

5.4.2 PROMOCIÓN DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Cuando se refuerce el manejo del tratamiento de las aguas residuales industriales, las industrias no podrán evadir la inversión en la construcción y operación de facilidades para el tratamiento de sus aguas residuales. Para evitar una pesada carga financiera a las industrias y promover el tratamiento de sus aguas residuales, existen una variedad de sistemas de ayuda pública, como se hace en los países Europeos, los Estados Unidos y Japón.

Estos sistemas de ayuda incluyen garantías financieras, préstamos a bajo interés, deducción de impuestos, ayuda técnica, etc. En la República Dominicana, sin embargo, tales sistemas de ayuda no están disponibles al presente.

Algunas industrias en la Zonas Franca han sido equipadas con sus propias plantas de tratamiento. Estas facilidades han sido construidas de acuerdo a la información particular del proceso industrial del comprador de sus producciones anticipados y esta esperado que la información particular han trabajado como incentivos.

5.5 INVESTIGACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

5.5.1 GENERALIDADES

La investigación sobre aguas residuales industriales junto a la investigación sobre inventarios de las fuentes que generan éstas, se hizo con el propósito de clarificar el estatus presente y la práctica de utilización del agua, generación de las aguas residuales y su tratamiento por las industrias.

5.5.2 METODOLOGÍA

1) Investigación de las Aguas Residuales Industriales

Un total de 16 industrias, con una gran capacidad de producción fueron seleccionadas como muestra representativa de las diferentes categorías industriales en el Área de Estudio, y para evitar las industrias que ya habían sido investigadas por CORAASAN en el 2000. Las investigaciones fueron realizadas mediante entrevistas cara a cara en cada industria usando un Cuestionario preparado para este Estudio. De 16 fábricas, se muestreó el agua para medir y analizar la calidad en 15 y se obvió una fábrica de coser textiles.

2) Investigación sobre el Inventario de las Fuentes de Aguas Residuales Industriales

En general el término de “Industria” es usado para un rango amplio de categorías. En este Estudio sin embargo, aquellas que cumplan con los criterios siguientes, serán definidas como la industria a ser investigada.

- a) Industria de Manufactura que descarguen aguas que contengan contaminantes relacionados con el ambiente (pH, SS, DBO, DQO, Aceite y Grasa, etc.), los cuales como una regla, tendrán una magnitud de:
- Descarga de más de 10 m³/día (= 300 m³/mes), o
 - Número de empleados mayor a 30 en principio.

La “Industria de Manufactura” en este caso significa una que produce bienes de consumo de cualquier clase usando sus facilidades de producción. Por lo tanto, un parque de diversiones, un hotel o un cabaret, etc. no son considerados industrias, aunque su producción de aguas residuales sea grande. Esto se debe a que carecen de líneas de producción.

- b) Industria de Manufactura que pueda descargar aguas residuales conteniendo contaminantes tóxicos como son Cadmio (Cd), Cianuros (CN), Cromo-hexavalente- (Cr⁺⁶), Arsénico (As), Mercurio (Hg), PCBs, Solventes Orgánicos, Benzeno, Selenio, etc.).

Aunque el flujo de agua sea pequeño, son definidos como industrias si descargan aún pequeñas cantidades de tóxicos. Siguiendo la investigación de CORAASAN, las instituciones médicas como son los hospitales que descargan químicos tóxicos son considerados como “industria”.

Al presente, no existe una fuente básica de datos confiable que pueda ser utilizada para formular el inventario. Por esta razón, el Equipo de Estudio seleccionó las industrias que cumplieran con los criterios después de revisar diferentes fuentes de datos que listan un universo de 2,400 empresas. Par armar el inventario, el Equipo de Estudio recogió la información mínima necesaria: categoría industrial, dirección, número de empleados, existencia de una planta de tratamiento, destino de las descargas, plano de planta de la fábrica, consumo de agua, etc. Estos datos necesarios fueron recopilados mediante entrevistas telefónicas.

5.5.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

(1) Generalidades

Los resultados de la investigación de las 16 fábricas seleccionadas se enumeran en la tabla 5.2.

Como resultado del filtrado de los datos por fuente para la investigación del inventario, un total de 184 fábricas que descargan aguas residuales fueron extraídas y los datos e información sobre ellas se muestran en la tabla 5.3.

(2) Localización de las Fábricas

La figura 5.1 muestra la localización de fábricas identificadas, las cuales descargan aguas residuales. De un total de 184 fábricas, 103(56%) están localizadas dentro de las Zonas Francas, y 67 fábricas (36%) están en distritos con servicio de alcantarillado fuera de las Zonas Francas. El resto de las fábricas(8%) están situadas en los suburbios que no están cubiertos por el servicio de alcantarillado.

Entre las fábricas investigadas en el Área de Estudio, 112 fábricas(61%) localizadas tanto dentro como fuera de las Zonas Francas se concentran alrededor del Distrito Sanitario de Rafey, que será el centro de nuestra Área de Estudio.

(3) Consumo de Agua Industrial

Las fuente de agua industrial usadas en este Estudio son aguas municipales residuales por CORAASAN, agua subterránea y agua de río. Se ha determinado que el consumo total de agua por las 184 fábricas es de 25,500 m³/d, desglosado en 65% de agua municipal, 22% de agua subterránea y 13% de agua de río. El agua subterránea, extraída de pozos individuales, es usada principalmente en las áreas urbana y suburbana donde el agua suplida por CORAASAN no es suficiente. El agua del río extraída por facilidades de tomas individuales, es utilizada exclusivamente por los grandes consumidores de agua para la producción de materiales de construcción en áreas adyacentes al río Yaque del Norte.

El consumo unitario de agua industrial en el Área de Estudio, es comparado con los de los países del sur de Asia y Japón en la siguiente tabla. A pesar de que hay variaciones dependiendo de las categorías industriales, el consumo unitario de agua en el Área de Estudio es menor que en otros países como se muestra en la siguiente tabla. De esta comparación, puede deducirse que las fuentes de agua del Área de Estudio son relativamente insuficientes y que los usos del agua industrial están constreñidos a ser limitados.

Comparación Unitaria del Consumo de Agua Industrial

No.	Categorías Industriales	Área de Estudio ¹⁾	Sureste de Asia ²⁾	Japón ³⁾
1	Producción de Bebidas Suaves	2.6	1.0 - 6.0	14.1
3	Curtido de Cuero	2.9	-	6.0
4	Producción de Cigarrillos	0.1	-	2.5
5	Procesamiento de Carnes	0.6	1.0 - 6.0	0.8
6	Manufactura de Ropa	0.1	0.3 - 0.9	0.2
8	Producción de Partes Metálicas	0.4	0.4 -14.7	0.9
9	Producción de Licores	1.6	1.0 - 6.0	16.0
10	Producción de Sazones	0.7	1.0 - 6.0	5.2
12	Procesamiento de Lácteos	0.7	1.0 - 6.0	2.0
13	Manufactura de Cerámicas	0.8	0.3 - 38.1	1.1
14	Producción de Materiales de Construcción	3.8	0.3 - 38.1	5.7

Nota: La unidad de m³/empleado/día es usada en la tabla.

Fuente:

- 1) Equipo de Estudio del JICA,
- 2) Datos Estadísticos no disponibles para el público,
- 3) El "Reporte sobre Localización de Unidad de Medida" publicado por el Centro Japonés de Localización, Marzo de 1994..

Los diez más grandes consumidores de agua industrial se muestran en la siguiente tabla. Fábricas para la producción de materiales de construcción. Los cuales usan grandes volúmenes de agua de río para el proceso de lavado de los materiales, e instituciones médicas, las cuales consumen grandes cantidades de agua doméstica para los pacientes y empleados, ocupan los primeros lugares.

En cuanto a la utilización del agua en fábricas, un grupo de ellas están equipadas con plantas de purificación de agua en sus instalaciones, de esta manera se proveen de agua con la calidad que ellos demandan. La producción de bebidas suaves, producción de cigarrillos, procesamiento de carnes, destilerías y producción de sazones pertenecen a esta categoría industrial. Plantas de tratamiento de agua como sedimentación asistida por químicos, filtración de arena, absorción por carbón activado, osmosis inversa y desinfección por rayos ultravioleta para obtener agua de alta calidad, son aplicados en plantas de purificación de agua.

Las 10 Industrias con Mayor Consumo de Agua

Puesto No.	ID No.	Nombre de las Industrias	Categorías	Consumo de Agua (m ³ /d)	Porcentaje del Consumo Total (%)
1	91	Hoyo De Lima	Materiales de Construcción	4,667	23.1
2	86	Hospital Ma. Cabral Y Baez	Hospital	1,893	9.4
3	85	Hospital Inf. Arturo Grullion	Hospital	1,540	7.6
4	185	Ochoa Hermanos	Materiales de Construcción	1,353	6.7
5	34	Embotelladora Dominicana	Bebidas Suaves	1,090	5.4
6	99	Interamericana Products IV	Lavandería	838	4.2
7	98	Interamericana Products	Manufactura de Ropa	749	3.7
8	54	Dominican Knits A1	Manufactura de Ropa	733	3.6
9	23	Cemento Cibao	Materiales de Construcción	606	3.0
10	36	J. Armando Bermudez	Alcohol	533	2.6
Total				14,002	69.4

Fuente: Equipo de Estudio del JICA

(4) Categorías Industriales

Las categorías de las fábricas en el Área de Estudio pueden ser clasificadas en nueve: alcohol(cervecerías y destilerías), cigarrillos, textiles(fabricación de ropa, lavandería, teñido), alimentos(bebidas suaves, procesamiento de carnes), cuero(tenerías, bienes de consumo)materiales de construcción y otros. Otras industrias contienen mataderos, fabricación de zapatos, porcelana, etc. La composición de las categorías industriales de acuerdo al número de empleados, y el consumo de agua se muestra en la tabla más abajo:

Estructura de las Categorías Industriales en el Área de Estudio

Categorías Industriales	Numero de Fábricas (-)		Número de Empleados (personal)		Consumo de Agua (m ³ /d)	
		Porcentaje (%)		Porcentaje (%)		Porcentaje (%)
Alcohol	3	1.6	695	1.0	1,118	4.4
Cigarrillos	14	7.6	7,697	11.2	741	2.9
Materiales de Construcción	10	5.4	1,861	2.7	7,166	28.1
Procesamiento de Comida	18	9.8	3,335	4.8	2,741	10.7
Hospital	12	6.5	4,631	6.7	4,767	18.7
Tenería	2	1.1	392	0.6	735	2.9
Productos metálicos	7	3.8	916	1.3	331	1.3
Otros	36	19.6	7,116	10.3	1,637	6.4
Textil	82	44.6	42,387	61.4	6,298	24.7
Total	173	100	69,030	100	25,534	100

Fuente: Equipo de Estudio del JICA

Como se muestra en la figura 5.2, la producción de textiles, comida y cigarrillos ocupa las primeras posiciones en relación al número de fábricas y cantidad de empleados indicando que la industria ligera es predominante en el Área de Estudio. Por otra parte, en término de consumo de agua, las fábricas de materiales de construcción están en la primera posición, debido a su gran consumo de agua de río por el lavado de sus materias primas. Mientras que las fábricas de textiles están en una alta posición en cuanto a consumo de agua se refiere, la mayor parte de esta

agua es doméstica y es usada por los empleados de estas fábricas.

(5) Reciclado y reuso del Agua

El reciclado y reuso del agua ha sido introducido en tres de las 16 escogidas para la investigación de aguas residuales. En dos de las fábricas, el agua de enfriamiento es usada como agua de proceso después de haber sido utilizadas para enfriamiento indirecto y, en una fábrica, el agua residuales es reusada como agua de proceso en las líneas de producción después de haber sido purificadas en una facilidad de tratamiento de agua. Aparte de esto, las grandes fábricas de materiales de construcción recirculan un gran volumen de aguas residuales hacia las líneas de producción.

Mientras tanto, en dos fábricas de procesamiento de carnes, los restos de la materia prima es reciclada como alimento animal y el lodo generado es utilizado como fertilizante para suelos agrícolas.

(6) Destino de la Descarga de las Aguas Industriales Residuales

El agua industrial residual, incluida en el Área de Estudio, es descargada a las alcantarillas, ríos y al subsuelo, dependiendo de la fábrica. El caudal descargado en las alcantarillas representa el 69% en término de fábricas y el descargado en los ríos representa el 20%. El resto de las fábricas usa la infiltración en el terreno de sus solares. Las Zonas Francas tienen una frecuencia mayor en conectarse al alcantarillado que las áreas urbanas como se muestra en la figura de la Apéndice 10 del Reporte de Apoyo.

Basado en el consumo total de agua de 25,500 m³/d, el volumen total de aguas residuales en el Área de Estudio se estima en 20,400 m³/d, asumiendo una tasa de retorno de un 80 %. Como se muestra en la figura 5.3, el 47 % del agua residuales generada es descargada en el alcantarillado y el 3.7 % de éstas se descarga cruda en ríos y sobre la tierra. El 49 % del volumen de las aguas residuales se descarga en diversos tipos de facilidades existentes. Después de tratarlas en las plantas existentes, el 80 % de las aguas residuales son descargadas en ríos, el 11 % en el suelo y el 10 % al alcantarillado.

Las aguas residuales descargadas en el alcantarillado después de haber sido tratada en las unidades existentes, o en alcantarillas sin tratamiento equivale al 51 % del total de aguas residuales generadas. De estas aguas residuales descargadas en el alcantarillado, un 44 % son tratadas en plantas de tratamiento públicas y el 56 % son descargadas en los ríos sin tratamiento.

(7) Facilidades de Tratamiento para Aguas Residuales Industriales

La existencia de facilidades de tratamiento para aguas residuales y el proceso de aplicación del tratamiento se muestran en la figura en Apéndice 10 del Reporte de Apoyo. De todas las 184 fábricas del Área de Estudio, 64 fábricas (35 %) tienen facilidades de tratamiento en sus propiedades. Nueve fábricas que están descargando en el alcantarillado, están equipadas con plantas de tratamiento, y 119 no tienen. Mientras tanto, 51 de 56 fábricas que descargan en ríos o en el suelo están equipadas con facilidades de tratamiento y 5 no tienen. Así como esto, la mayoría de las fábricas, excepto las que descargan sus aguas residuales, tienen algún tipo de facilidad de tratamiento en su propiedad

Dentro de las facilidades de tratamiento existentes, procesos aeróbicos como el de lodos activados, bio-filtros, etc., son los más comunes, seguido por el de los tanques sépticos. En términos de tratamiento aplicado por agua consumida, el proceso físico es el tratamiento predominante, seguido por el proceso aeróbico o anaeróbico al tratamiento. Los procesos aplicados a las categorías de aguas residuales industriales clasificados en orgánicos, inorgánicos, y agua residuales doméstica, son mostrados en la siguiente tabla. Tratamientos anaeróbicos

como (el Carpeta de Lodo Anaeróbico de Contra flujo (CLAC)¹ también tratamientos aeróbicos como el proceso de lodos activados, el proceso de bio-filtros² fijo, lagunas, etc., son usados para las aguas residuales con desechos orgánicos. Para aguas residuales con desechos inorgánicos, la sedimentación natural, la sedimentación químicamente asistida, la filtración por arena, etc., son los procesos empleados. Además de esto, tanques sépticos son usados en fábricas cuyas aguas residuales son mayormente de origen doméstico.

En general, las aguas residuales de tenerías e instituciones médicas, tienen la posibilidad de tener químicos tóxicos. Mientras se asume que las aguas residuales de las tenerías contienen cromo hexavalente, ha sido confirmado que las tenerías, en el Área de Estudio, han sustituido los agentes no tóxicos por tóxicos.

Mientras tanto, se ha identificado que posiblemente químicos tóxicos contaminan las aguas residuales de los laboratorios clínicos, debido a que varios tipos de químicos se usan en el examen y los experimentos. Un total de 11 instituciones pertenecen a estas categorías y que el volumen de aguas residuales generado por ellas se estima en aproximadamente unos 4,800 m³/d equivalentes a un 19 % del total del volumen generado en el Área de Estudio.

Proceso de Tratamiento Aplicado por Categoría de Agua Residuales Industrial

Procesos de Tratamiento	Número de Fábricas		
	Aguas Residuales Orgánicas	Aguas Residuales Inorgánicas	Aguas Residuales Domésticas
Aeróbico Biológico	27	0	6
Anaeróbico Biológico	3	0	0
Físico	2	4	0
Laguna	2	1	0
Tanque Séptico	6	5	4
Ninguno	93	13	18
Total	133	23	28

Fuente: Equipo de Estudio del JICA

Al presente, estas instituciones no tienen provistas medidas especiales contra un agua residuales tóxica. A pesar de que ninguna sustancia tóxica fue encontrada en el muestreo de calidad de agua durante el Muestro del Primer Sitio, la posibilidad de contaminaciones en muy pequeñas concentraciones o irregulares causan preocupación.

(8) Tratamiento y Disposición del Lodo de Aguas Residuales Industriales

En la mayoría de las fábricas en el Área de Estudio, el tratamiento del lodo generado por el tratamiento de las aguas residuales no es efectuado en sus terrenos, excepto por el secado natural que aplican muy pocas fábricas. Mientras que seis fábricas disponían el lodo generado en partes disponibles en sus patios, otras fábricas simplemente los tiran en lugares públicos, usando contratistas de fuera de la empresa. Sin embargo, medidas apropiadas como son el relleno sanitario, no son contempladas en el Área de Estudio, este lodo tiende a descomponerse con facilidad, por su alto contenido de agua y material orgánico.

(9) Operación y Mantenimiento de Facilidades de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales

En términos de operación y mantenimiento de las facilidades contempladas en el Área de Estudio, algunas facilidades de tratamiento en la Zonas Francas están bien operadas bajo la supervisión de un personal especializado. En la mayoría de las otras facilidades individuales sin embargo, no tienen un personal especializado para operarlas, y las prácticas de manejo que se

¹ Reactor anaerobio de flujo ascendente. (RAFA)

² Biofiltros de medio fijo

observaron son por debajo del estándar.

5.6 CARGAS ACTUALES DE CONTAMINANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

5.6.1 ZONIFICACIÓN DE LA GENERACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Para examinar las cargas de contaminantes generadas por el sector industrial, el Área de Estudio lo dividió en un total de 17 zonas, incluyendo los distritos de alcantarillado(8 zona), las Zonas Francas(8 zonas) y las áreas sin servicio de alcantarillado como sigue. La localización de estas divisiones son mostradas en la figura 5.1.

- Distritos de Alcantarillado: Cienfuegos, El Embrujo, Licey, Los Salados, Rafey, Tamboril, Zona Sur, Herradura,
- Zonas Francas: CIP, Gurabo, Licey, Pisano, Santiago-I, Santiago-II, Santiago-III, Tamboril y
- Zona sin Alcantarillado: Las Áreas no incluidas ni en las zonas de alcantarillado, ni en la Zonas Francas.

5.6.2 CONDICIONES PARA EL CÁLCULO DE LAS CARGAS DE CONTAMINANTES

El caudal de las aguas residuales generadas al momento, fue computado utilizando un factor de retorno de 0.8(definido por el caudal generado dividido por el total del consumo de agua), basado este consumo de agua en la información recolectada en la Investigación de Aguas Residuales Industriales. Basados en las estadísticas usadas en Japón, la calidad de las aguas residuales (DBO, SS, nitrógeno(N), y Fósforo(P)) en cada categoría industrial clasificada en 25 tipos, fue asumida como se muestra en la tabla 5.2, tomando en cuenta la situación del Área de Estudio.

Del total de 184 fábricas en el Área de Estudio, 60 fábricas están equipadas al presente con diferentes tipos de facilidades para el tratamiento. Clasificando esas plantas existentes en 12 procesos, la velocidad de remoción de DBO, SS, Nitrógeno(N) y Fósforo(P) en las respectivas facilidades se encuentran en la tabla 5.3, basada en las estadísticas usadas en Japón. En los cálculos, las capacidades de tratamiento de las plantas existentes, son asumidas como equivalentes al caudal del 2000.

5.6.3 CARGAS PRESENTES DE CONTAMINANTES INDUSTRIALES

(1) Cargas de Contaminantes Generadas

La carga de contaminantes generados significan las cargas de contaminantes saliendo de las líneas de producción antes del tratamiento por las facilidades de tratamiento(si las hay). El caudal total de aguas residuales generadas en el Area de Estudio fue computada como 20,427 m³/d y la carga total de DBO de 8,539 kg/d, como es tabulada abajo:

Cargas de Contaminantes Generadas al Presente			
Renglón	Cargas de Contaminantes (kg/d)	Calidad Promedio (mg/l)	Comentarios
DBO	8,539	418	Población Equivalente de 284,600 habitantes
SS	10,984	538	
T-N	673	33	
T-P	110	5.4	

Nota: El DBO per cápita es asumido como 30 g/d, como se examinó en el planeamiento del sistema de alcantarillado sanitario

El resumen del caudal de las aguas residuales y de las cargas generadas de DBO, SS, nitrógeno (N), y Fósforo (P) por zonas de tratamiento es mostrado en la Tabla en la Apéndice 10 del Reporte de Apoyo.

(2) Cargas de Contaminantes Descargadas

Las cargas de contaminantes descargadas significan las cargas de contaminantes que van al alcantarillado, a los ríos o al suelo después del tratamiento por las facilidades existentes, si es que las hay. El resultado del cálculo es resumido en la tabla más abajo, indicando la carga de DBO removida por las facilidades de tratamiento existentes (igual a la diferencia entre la carga generada y la carga descargada) totaliza 2,257 kg/d (26 % removida). El resumen de las cargas descargadas de DBO, SS, nitrógeno(N), y Fósforo(P) por zonas de tratamiento se muestran en la Tabla en la Apéndice 10 del Reporte de Apoyo.

Cargas Actuales de Contaminantes Descargadas

Artículo	Cargas de Contaminantes (kg/d)	Calidad Promedio (mg/l)	Comentarios
DBO	6,282	308	Población Equivalente de 284,600 habitantes
SS	5,704	279	
T-N	641	31	
T-P	105	5.1	

Nota: El DBO per cápita es asumido como 30 g/d, como se examinó en el planeamiento del sistema de alcantarillado.

(3) Análisis de las Cargas Actuales de Contaminantes

Entre los distritos de alcantarillado y Zonas Francas, el Distrito de Rafey es el que genera el mayor caudal con 12,568 m³/d, seguido de la Zona Franca de Santiago con 1,718 m³/d. Incluyendo las zonas urbanas y las Zonas Francas, el Distrito de Rafey descarga un total de 16,375 m³/d (80 % del total de las aguas residuales en el Área de Estudio).

En términos de cargas de contaminantes industriales, dentro de los distritos de alcantarillado de las Zonas Francas, el Distrito de Rafey genera y descarga la mayor carga de contaminantes, seguido por las Zonas Francas de Santiago I y II. Actualmente, 67 % del total de la carga de DBO descargado en el Área de Estudio va al alcantarillado, 30 % a los ríos y 3 % al subsuelo en el presente. Similarmente, 60 % de la descarga total de SS, va al alcantarillado, 31 % a los ríos y 9 % al subsuelo.

Se ha comprobado que las mayores fuentes de las cargas de DBO en el Área de Estudio provienen de las fábricas que pertenecen a la categoría industrial de las tenerías, procesamiento de carne, alcohol, etc. La figura 5.4 muestra la localización de las 10 mayores descargas de DBO del año 2000 en el Área de Estudio. Como puede verse, se ha identificado que las mayores fuentes de contaminantes se concentran en el Distrito de Rafey. Basado en el resultado de las 10 fábricas más grandes en generar y descargar cargas de SS en el presente, se ha comprobado que las mayores fuentes de la carga de SS en el Área de Estudio son las fábricas que pertenecen a la categoría industrial de materiales de construcción, tenerías, procesamiento de comidas, etc.

Tabla 5.1 Estándares de Efluente de Aguas Residuales Industriales para Descarga en Cuerpos de Agua Superficial y Suelo

Industrial Categories	pH (-)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-SS (mg/l)	Grease & Oil (mg/l)	Phenol (mg/l)	Cyanide		T-N (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	T-P (mg/l)	F (mg/l)	Residual Chlorine (mg/l)	Coliform (MSP/100ml)	Delta Temp. (°C)	Metals	Remarks
							Free Cyanide (mg/l)	Total Cyanide (mg/l)									
0 General Guideline	6-9	50	250	50	10	0.5	0.1	1.0		10	2	20	0.1	0.2	3	Specified	Specified for the limit of Sulfide
1 Sugar	6-9	50	250	50	10					10	2				3	Not Specified	
2 Carbonated Drink	6-9	30	150	50	10	0.5		0.2							3	Not Specified	Specified for the limit of Benzene
3 Beer	6-9	50	250	50	10					10	5				3	Not Specified	
4 Leather Tanning and Finishing	6-9	50	250	50	10					10	2			400		Specified	Specified for the limit of Sulfide
5 Oil and Natural Gas Exploitation	6-9	50		50	20	1.0									3	Not Specified	
6 Phosphoric Fertilizer	6-9			50							5	20				Specified	
7 Various Fertilizers	6-9			50						10	5	20				Specified	
8 Nitrogen Fertilizer	6-9			50						10					3	Not Specified	Specified for the limit of Urea
9 Casting	6-9			50	10										3	Specified	
10 Copper Casting	6-9			50											3	Specified	
11 Lead and Zinc Casting	6-9			20												Specified	
12 Nickel Casting and Refinery	6-9			50												Specified	
13 Galvanization	7-10			25	10		0.2					20				Specified	Specified for the limit of Chlorine Hydrocarbonate
14 Steam Generation	6-9			50	10										3	Specified	Specified for the limit of Chlorine
16 Printing	6.5-10	30	150	50	10											Specified	Specified for the limit of Sulfide
17 Chlorine-Alkali Industry	6-9		150	20									0.2			Not Specified	
18 Milk	6-9	50	250	50	10			10			2			400	3	Not Specified	
19 Aluminum Manufacturing	6-9		150	50											3	Not Specified	
20 Cement Manufacturing	6-9			50											3	Not Specified	
21 Electricity Generation	6-9	50			10		0.1	1.0		10	5	20				Specified	Specified for the limit of T-SS and Hydrocarbonate Chloride
22 Pharmaceutical Manufacturing	6-9	30	150	10	10	0.5										Specified	
23 Iron and Steel Manufacturing	6-9		250	50	10	0.5	0.1	1.0							3	Specified	
24 Petrochemical Manufacturing	6-9	30	150	30	10	0.5		10							3	Specified	
25 Dye Manufacturing	6-9	30	15	50	10	0.5										Specified	
26 Glass Manufacturing	6-9		250	50	10											Specified	
27 Paper and Cardboard Manufacturing	6-9														3	Not Specified	
28 Metal and Iron Mining	6-9		150	50	10		0.1	1.0								Specified	
29 Coal Production and Mining	6-9			50	10											Specified	
30 Small-Scale Steelworks	6-9			50	10										3	Specified	
31 Pesticide Synthesis	6-9		150	20	10											Specified	
32 Pesticide Production	6-9	30	150	10	10	0.5										Specified	
33 Wood Preservation	6-9	150	150	50	10	0.5						20				Specified	
34 Vegetable Oil Production	6-9	50	250	50	10			10							3	Not Specified	
35 Meat Processing	6-9	50	250	50	10			10			5			400		Not Specified	
36 Fruit and Vegetable Processing	6-9	50	250	50	10			10							3	Not Specified	
37 Petroleum Refinery	6-9	30	150	30	10	0.5		10							3	Specified	
38 Textiles	6-9	50	250	50	10	0.5								400	3	Specified	
39 Industrial Zones	6-9	50	250	50	10	0.5									3	Specified	

Source: Norm of Quality of Water and Control of Discharges (AG-CC-0) issued by SEMARENA in April, 2001.

Tabla 5.2 Calidad Aplicada de Aguas Residuales Industriales Generadas

No.	Industries	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	Nitrogen (T-N) (mg/l)	Phosphorus (T-P) (mg/l)
1	Alcohol	2,000	1,500	20	10
2	Car washing	300	500	2	0
3	Cardboard	200	200	40	8
4	Cigarettes	300	300	40	8
5	Construction materials	10	800	2	0
6	Distillery	3,000	1,000	20	10
7	Foods processing	1,000	800	60	15
8	Hospital	150	120	30	6
9	Laboratory	200	160	45	8
10	Laundry	500	500	20	3
11	Leather tanning	2,500	2,000	300	15
12	Liquors	2,000	800	15	5
13	Meat processing	1,500	1,000	80	20
14	Metal products	200	200	40	5
15	Milk products	1,000	800	40	10
16	Others	200	200	45	8
17	Plastic products	200	160	45	8
18	Porcelain	80	500	15	3
19	Printing	100	100	25	4
20	Seasoning products	1,000	800	60	15
21	Shoes	200	200	45	8
22	Soap	500	400	10	2
23	Soft drinks	1,000	800	6	2
24	Textile dyeing	400	300	25	10
25	Textile sewing	200	160	45	8

Note: This table shows applied water qualities of generated industrial wastewater, which are examined, based on statistics used in Japan.

Tabla 5.3 Razón de Eliminación de Tratamiento de Aguas Residuales Existentes

No.	Treatment Process	BOD (%)	SS (%)	Nitrogen (T-N) (%)	Phosphorus (T-P) (%)
1	Activated sludge	85	90	10	10
2	Anaerobic biological	70	70	0	0
3	Biological	80	85	10	10
4	Chemical Sedimentation	40	90	5	50
5	Filtration	40	70	5	5
6	Fixed bio-film	80	85	10	10
7	Lagoon	50	70	30	30
8	Nothing	0	0	0	0
9	Physical	30	50	5	5
10	Sedimentation	30	50	5	5
11	Septic Tank	30	50	10	10
12	UASB	70	70	0	0

Note: This table shows applied removal rate, which are examined based on statistics used in Japan.

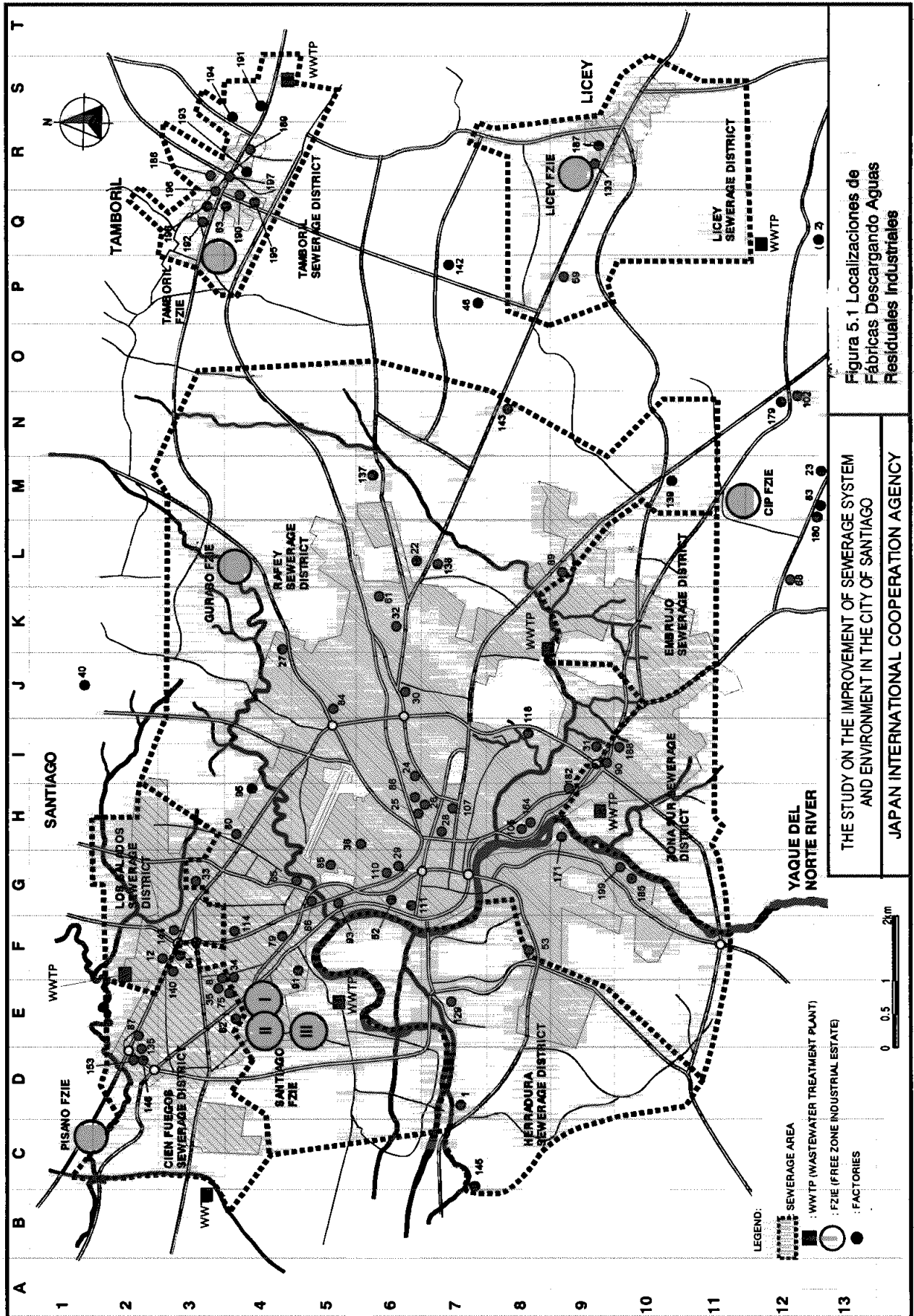
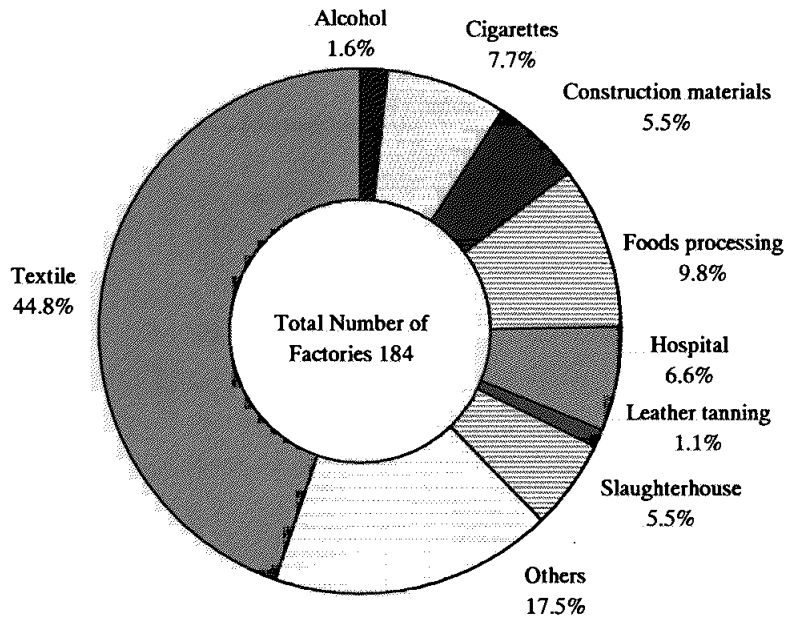


Figura 5.1 Localizaciones de Fábricas Descargando Aguas Residuales Industriales

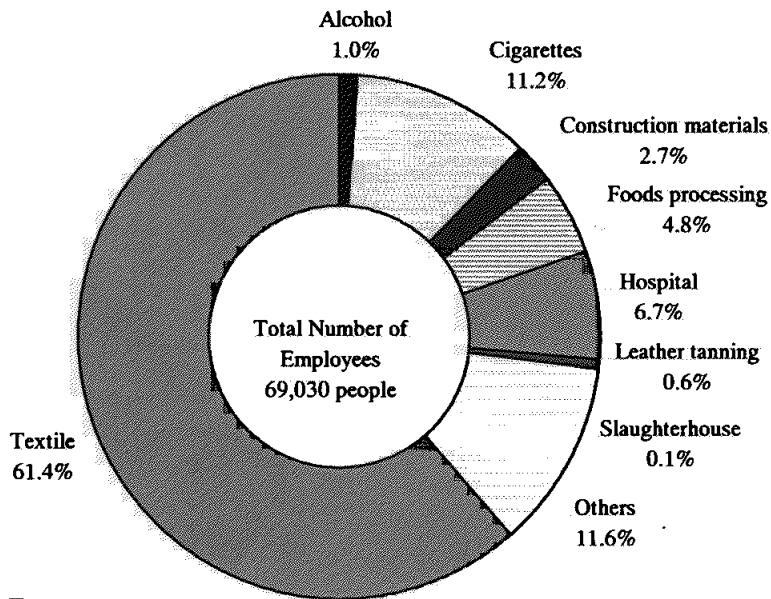
THE STUDY ON THE IMPROVEMENT OF SEWERAGE SYSTEM AND ENVIRONMENT IN THE CITY OF SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Share of Number of Factories



Share of Number of Employees

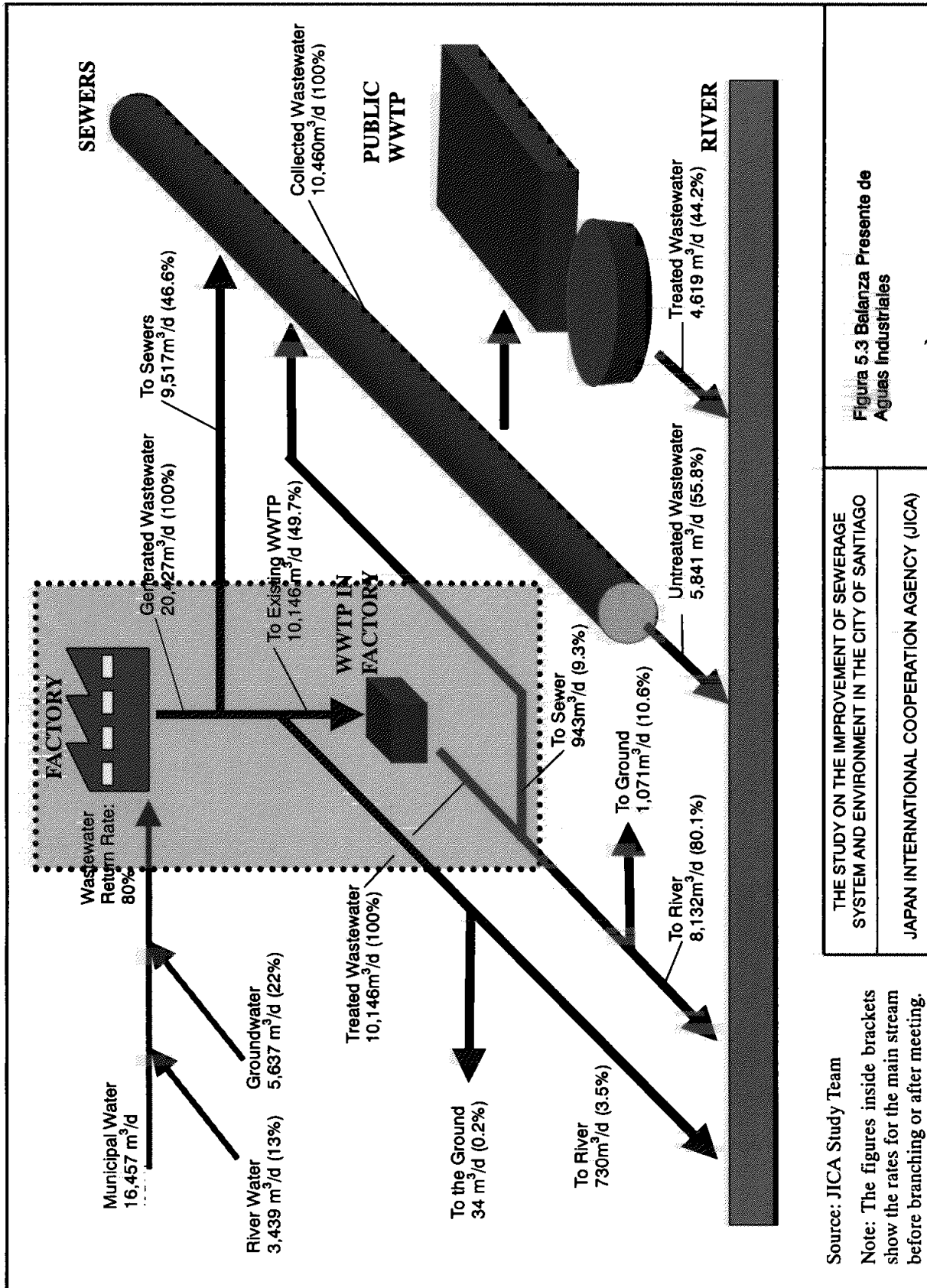


Source: JICA Study Team

THE STUDY ON THE IMPROVEMENT OF SEWERAGE SYSTEM AND ENVIRONMENT IN THE CITY OF SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

Figura 5.2 Estructura de Industrias en Área de Estudio



Source: JICA Study Team

Note: The figures inside brackets show the rates for the main stream before branching or after meeting.

THE STUDY ON THE IMPROVEMENT OF SEWERAGE SYSTEM AND ENVIRONMENT IN THE CITY OF SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

Figura 5.3 Balanza Presente de Aguas Industriales

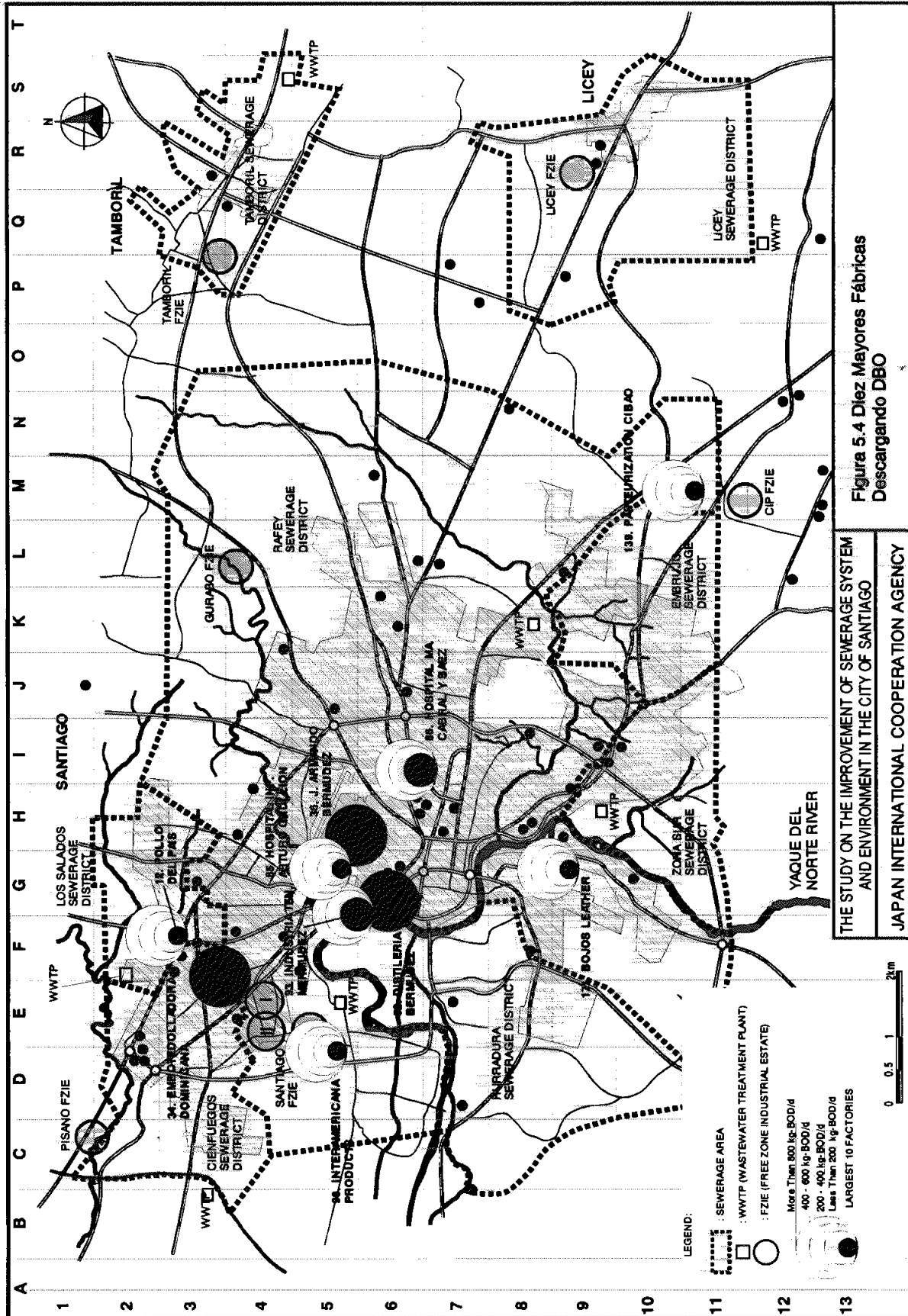


Figura 5.4 Diez Mayores Fábricas Descargando DBO

THE STUDY ON THE IMPROVEMENT OF SEWERAGE SYSTEM AND ENVIRONMENT IN THE CITY OF SANTIAGO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY