

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
INSTITUTO DE MEDICINA PREVENTIVA VETERINARIA

DISEÑO DE UN INSTRUMENTO PARA RECOPIRAR
INFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE
RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS, EN INDUSTRIAS DE ALIMENTOS.

Memoria de Título presentada como parte
de los requisitos para optar al **TÍTULO DE**
MÉDICO VETERINARIO.

ALEJANDRO GERMÁN MILLAR REYES

VALDIVIA – CHILE

2003

PROFESOR PATROCINANTE

Dra. Erika Gesche R.

Firma

PROFESOR COPATROCINANTE

Dr. Guillermo Ramírez A.

Firma

PROFESORES CALIFICADORES

Prof. José A. de la Vega M.

Firma

Dr. Ricardo Vidal M.

Firma

FECHA DE APROBACIÓN:

10 de Octubre de 2003.

ÍNDICE.

	Pág.
1.- RESUMEN	1
2.- SUMMARY	2
3.- INTRODUCCIÓN	3
4.- MATERIAL Y MÉTODOS	25
5.- RESULTADOS	28
6.- DISCUSIÓN	37
7.- BIBLIOGRAFÍA	39
8.- ANEXOS	43
9.- AGRADECIMIENTOS	54

A mi Madre y hermana, con mucho cariño y gratitud, por todo el esfuerzo y sacrificio en estos años.

1.- RESUMEN.

La industrialización de las naciones junto al crecimiento demográfico, han llevado a la generación de perturbaciones ambientales de una amplia variedad, entre las cuales se incluye la producción de residuos industriales líquidos (Riles) en la industria alimentaria, los cuales, por sus elevados contenidos en materia orgánica, pueden incidir de manera significativa en los ecosistemas acuáticos a los cuales son vertidos.

Es deber del Estado, definido en la Carta Fundamental, velar por la mantención de un medio ambiente libre de contaminación. Para ello debe implementar y aplicar políticas de control sobre las fuentes contaminantes, las que son ejecutadas por una diversa y amplia variedad de Servicios Públicos, agrupados bajo el concepto de Organismos del Estado con competencia ambiental, entre los cuales se cuentan los Servicios de Salud, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección General del Territorio Marítimo, etc.

Este trabajo tuvo por objetivo general crear una ficha de evaluación aplicable por los Servicios de Salud, a aquellas industrias que mantienen operativo algún sistema de tratamiento de sus Riles. Para ello se hizo una exhaustiva revisión de la literatura especializada en el tema de Riles, tanto a nivel nacional como en el extranjero, las legislaciones aprobadas en países con vasta experiencia en el tema, y los sistemas de control oficiales que operan. Para el caso particular de nuestro país se encontró que existiendo un marco legal bastante extenso, los sistemas de evaluación en terreno, son aún escasos, de aplicación en un reducido número de empresas de alimentos, y muchas de las actividades corresponden a un desarrollo empírico particular, más que a una sistemática acción coordinada entre el sector productivo y el Estado regulador.

Se concluye en el presente trabajo, en la necesidad de contar con instrumentos adecuados en la prevención y regulación de las prácticas y políticas medio ambientales. En este sentido es importante establecer procedimientos concordantes con la legislación existente, para lo cual se ha de desarrollar instrumentos como la ficha presentada en este trabajo y así poder contar con un procedimiento de mayor objetividad al momento de realizar una encuesta, cuyo fin es acercarse en una primera instancia a lo que podría llegar a convertirse en una práctica regular de las industrias de alimentos: las auditorías ambientales, tema que es de suma importancia en el control de la contaminación generada por la actividad industrial, lo cual constituye un tema serio dentro de la salud pública.

Palabras clave: Residuos Industriales Líquidos, contaminación, medio ambiente, tratamientos, legislación.

2. SUMMARY.

Industrialization along with demographic growth have generated the formation of environmental perturbations of a wide spectrum including those of industrial wastewater from food industry, which can significantly affect the aquatic ecosystems due to its highly organic matter content.

Government, as declared in *Carta Fundamental*, is obliged to keep the environment free of pollutants. In order to do so, it is necessary to implement and apply control policies (regulations) to sources of pollutants, which are regulated by a wide and diverse variety of public services. These regulations are entitled by governmental organizations such as health services, sanitary services, maritime territory management, etc. that also have an environmental competence themselves.

The main objective of this work is to formulate an evaluation pertaining to health aspects to industries that keep performing any type of waste treatment. For that, an extensive review of literature on the topic, approved legislation of experience countries, and the current official control systems were done. As concern to our country, it is found that even by the existence of an extensive legal frame, there is a lack of evaluation systems and their applications curiously done only by a few food industries. Parallel to this, many of the activities correspond to an empirical activity rather than a systematic co-ordinated action among the productive sector and the government as regulator.

As a conclusion, there is a need to have adequate instrumentation for the prevention and regulation of environmental practices and policies. In this sense, it is important to establish procedures according to the existed regulation by which instruments have been developed such as this particular evaluation presented in this work. In addition to this, be able to have a higher objective procedure when a survey is in progress, in which, its major aim is to have a primary approach to what is expected in a routine practice in food industry. Environmental audits, an important topic for the control of pollution developed by industry, constitute a serious issue in public health.

Key words: Industrial wastewater, pollution, environment, waste treatments, legislation.

3. INTRODUCCIÓN.

Desde el origen del hombre, las aguas han sido objeto del avance tecnológico y de la constante expansión de las naciones y sus industrias. El desarrollo industrial se llevó a cabo para mejorar el nivel y calidad de vida de la población, pero ha generado perturbaciones ambientales de todo tipo con las cuales no se contaba (Seoanez, 1998). Junto a ello, el crecimiento demográfico y la concentración urbana, han aumentado progresivamente la cantidad de residuos industriales, que afectan las aguas superficiales (Borregard y col., 1999).

Ello ha determinado una serie de cambios con efectos ecológicos y sanitarios, perjudicando la salud de las personas como los recursos propios de los sistemas acuáticos, lo que ha llevado a la preocupación por la contaminación y la polución de las aguas. Contaminación se refiere al transporte por el agua de elementos, partículas y microorganismos que afecten la salud de las personas y animales que la beban; polución por otro lado, distingue a los efectos ecológicos que transforman el medio, haciéndolo inapropiado para el desarrollo de las poblaciones acuáticas (Cid, 1997).

Los sistemas acuáticos se pueden clasificar de acuerdo a su ocurrencia natural: en sistemas marinos, sistemas de agua dulce y desembocaduras o deltas. También por el uso que se le da al agua, en potable o para consumo y como receptor de efluentes urbanos e industriales. Así también, los cuerpos de agua son colectores del drenaje superficial de las actividades agrícolas, industriales y urbanas.

Se puede decir que en Chile, la carencia de un método o procedimiento legal oficial de control sobre las fuentes contaminantes, hace necesario contar con procedimientos adecuados a las nuevas tendencias en política ambiental, tanto a nivel nacional como internacional. En la actualidad las industrias de alimentos deben tratar sus Residuos Industriales Líquidos (Riles), para ello, algunas cuentan con plantas de tratamiento de Riles y en ellas se hace necesaria la implementación de un sistema que pueda ser aplicado por los Organismos del Estado encargados del control de la contaminación de las aguas a las cuales se vierten Riles, ya sea en forma directa o a través del alcantarillado, ya que las principales fuentes de contaminación de las aguas corresponden a descargas de emisarios domiciliarios e industriales, así como también de descargas ilegales, lo cual además, impide la evaluación fidedigna de niveles históricos y actuales de contaminación, ya que la información es escasa y en general no existe (Barra, 1997).

Borregard (1999), señala que la información sobre la contaminación por Riles, en Chile, es limitada y en general todos los estudios tienen como referencia al catastro realizado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios en 1992. En él, la información de los diferentes parámetros contaminantes se obtuvo indirectamente y no por mediciones directas sobre las descargas. Es más, no existe información fidedigna y completa de la pequeñas y

medianas empresas, impidiendo integrar a un resultado oficial, a este gran número de empresas que también generan Riles.

En la actualidad el Servicio Nacional de Salud posee una variedad de fichas para ser aplicadas en diversas áreas de su competencia. Dentro de esas áreas por ejemplo, se puede mencionar la existencia de la Ficha de Puntajes Totales de Deficiencias (PTD), la cual ha sido ampliamente utilizada en la fiscalización de locales de alimentos. Pero también ha sufrido adaptaciones para ser aplicada en otros tipos de establecimientos, como sucede en la actualidad, en donde ha sido utilizada en la fiscalización de establecimientos educacionales o como en la Ficha PTD utilizada por Hood y col. (1998), para la evaluación de los aspectos sanitarios importantes en Centros de acopio lechero, en la provincia de Valdivia. Con ello, se podría diseñar un instrumento que permita recolectar información para evaluar sistemas de tratamiento de Riles, en industrias de alimentos.

Johnston (1993), señala que las descargas industriales son sin dudas, la principal fuente de contaminantes orgánicos que van al alcantarillado. Según Matus y col. (2000), son las industrias a través del vertimiento de Riles, una de las principales fuentes de contaminación de las aguas, ya que el 92% de las industrias no realiza tratamiento a sus aguas residuales, previa descarga a las fuentes receptoras, observándose además que el 65% de los Riles son evacuados directamente al alcantarillado público; 15,4% directamente al suelo; 6,3% a los ríos; 5,8% al mar y un 7,5% van a ser descargados a otras fuentes, tales como lagunas y embalses no autorizados para recibir este tipo de efluentes.

En Chile, las zonas más afectadas por descargas de Riles, son las cuencas de los ríos Aconcagua, Maipo y Bio – Bio, las cuales se contaminan por aguas residuales domésticas e industriales, así como también por contaminación derivada de actividades agrícolas o forestales. En tanto las aguas marinas de nuestras costas se contaminan directamente por descargas de aguas residuales domésticas e industriales (Borregard, 1999).

Las industrias ocupan agua de la manera más diversa, pudiendo clasificarse en grupos de acuerdo a las características en que se empleen, así se pueden diferenciar aguas de procesos o “aguas industriales”, aguas de “enfriamiento” y aguas de uso “doméstico”. Dentro del primer grupo encontraremos las aguas utilizadas en la fabricación, manufactura o elaboración de insumos, incluyéndose las aguas utilizadas en lavado, enjuague, transporte, etc. En el segundo grupo, encontramos las aguas que son usadas como vehículo de transferencia de calor y por ello no entran en contacto directo con los productos o con los procesos, aquí son características las aguas de refrigeración o enfriamiento, las de calefacción, calderas, etc. Dentro de las aguas clasificadas como “domésticas”, están todas aquellas que se usan en forma similar a las del hogar como son las aguas de sanitarios, lavaplatos, lavandería, duchas, etc. (Birrer, 1993).

Dentro de las industrias de alimentos, es característica la gran variabilidad de las materias primas, tecnologías y productos, actividad que genera grandes cantidades de desechos líquidos, sólidos y gaseosos. Las industrias alimentarias producen fundamentalmente Riles con componentes orgánicos (Seoanez, 1998), la gran mayoría biodegradables, pero que

presentan elevados niveles de nutrientes, los cuales van directamente al cuerpo de agua receptor, donde, gracias a los componentes de estos Riles, se pueden desarrollar microorganismos patógenos (Díaz, 1993), además de favorecer el crecimiento exagerado de algunas especies, sean animales, algas o plantas acuáticas, lo cual constituye un signo de desequilibrio ecológico en el medio acuático (Metcalf & Eddy, 1995).

Los componentes de mayor contaminación en las cuencas hidrográficas nacionales son los relacionados a la materia orgánica: sólidos suspendidos, aceites y grasas, tal como sucede también en las áreas marinas de las bahías de Valparaíso, Concepción y San Vicente (Borregard, 1999).

3.1 DEFINICIONES.

Alcantarillado: Lugar de transporte de aguas residuales urbanas y de desechos industriales, desde sectores residenciales, edificios y establecimientos industriales, en donde al mezclarse, se puede disponer de ellas ya sea por infiltración en terreno o en cuerpos de agua receptores.

Auditor ambiental líder: Persona calificada para efectuar auditorias ambientales.

Auditoria ambiental: Proceso sistemático de verificación, documentado, que consiste en obtener y evaluar objetivamente la evidencia de auditoria para determinar si las actividades ambientales específicas, eventos, condiciones o información acerca de estas materias, cumplen con los criterios de auditoria y comunicar los resultados de este proceso al cliente.

Cuerpos de agua receptor: Es el curso o volumen de agua natural o artificial, marino o continental superficial, que recibe la descarga de residuos líquidos. No se comprenden en esta definición los cuerpos de agua artificiales que contengan, almacenen o traten relaves y/o aguas lluvias o desechos líquidos provenientes de un proceso industrial o minero.

Contaminantes convencionales: Sólidos suspendidos, pH, coliformes fecales, aceites y grasas.

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno, a los 5 días. Es la demanda por parte de los microorganismos, del oxígeno disuelto en el agua, para su metabolismo y consiguiente depuración natural del agua. Representa, para el caso de los Riles, al oxígeno consumido por la actividad microbiana, mientras se asimila y oxida la materia orgánica presente, en un período de 5 días a 20°C en oscuridad (DBO₅), siendo el método más utilizado para determinar contaminantes, tanto en aguas residuales como en aguas superficiales.

DQO: Demanda química de oxígeno. Proceso de oxidación química natural de las aguas. Corresponde al ensayo que se emplea para medir el contenido de materia orgánica en las aguas

residuales. Aquí, un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido, se emplea para la determinación del equivalente en oxígeno, de la materia orgánica que puede oxidarse.

Descargas de residuos líquidos: Es la evacuación o vertimiento de residuos líquidos a un cuerpo de agua receptor, como resultado de un proceso, actividad o servicio de una fuente emisora.

Efluente: Descarga de contaminantes en el medio ambiente, sean tratados o no.

Fuente emisora: Es el establecimiento que descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, como resultado de su proceso, actividad o servicio.

Lípidos, aceites y grasas: Materia orgánica contaminante, que corresponde principalmente a aceites insaturados y ésteres de ácidos grasos, hidrofóbicos y que por lo general saponifican formando compuestos de baja solubilidad y gran adherencia. Presentes en los residuos de industrias de alimentos, tales como plantas lecheras, faenadoras de carnes y pesqueras.

Residuos Industriales Líquidos, Riles, aguas residuales o efluentes: Líquidos o combinación de cualquier líquido, con gases o desechos sólidos resultantes de cualquier proceso industrial, manufactura, negocio o actividad económica, que se descargan a un cuerpo de agua receptor.

Sólidos sedimentables: Son aquellos sólidos, que obtenidos en una muestra de agua residual, sedimentan en el fondo de un cono de Imhoff, posterior a 60 minutos; se expresan en mg/L y son una medida aproximada de la cantidad que se obtendrán en la decantación primaria del agua residual.

Sólidos suspendidos: Corresponden a los sólidos incapaces de filtrarse en un volumen conocido de líquido y que se hacen pasar por un filtro de tamaño de poro igualmente conocido.

3.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

Unda (2002), señala que el tratamiento del agua utilizada por el hombre tiene por objetivo fundamental mejorar su calidad física, química y bacteriológica, a fin de entregarla apta, inocua y aprovechable para él, los animales, la agricultura e industria, incidiendo en tres aspectos, que son la preservación de la higiene, la estética de las aguas y el factor económico para la población.

Para clasificar los distintos sistemas de tratamiento de Riles, es necesario conocer los fundamentos o principios, de las reacciones en que se basan ellos, ya que son procesos físicos, biológicos o químicos (Seoanez, 1998). También se pueden distinguir los mecanismos presentes en las distintas operaciones, como separación, filtración y sedimentación, las cuales hacen posible la eliminación física del contaminante. Otra manera de eliminar Riles, en forma

menos contaminante, es tratarlos en forma biológica por procesos aerobios o anaerobios y una tercera forma de tratarlos corresponde a la forma química ya sea por extracción de partículas contaminantes mediante coagulación o adsorción y en una etapa final desinfección de las aguas (Zaror, 1997).

3.2.1 Procesos físicos.

Corresponden a los primeros métodos para el tratamiento de los Riles, son los llamados Tratamientos Primarios y en esta primera etapa el objetivo principal es separar determinadas sustancias, presentes en un vertido, en base a sus propiedades físicas (Seoanez, 1998). Su efecto, es la remoción de gran proporción de material particulado, de diámetro superior a los 0,2 mm, que se encuentra suspendido en los Riles y eventualmente algo de materia orgánica disuelta (Quiroga y col., 1983), arena y manchas de aceite, lo cual podría inhibir el posterior tratamiento biológico, junto con causar daño al resto del equipo mecánico (Kiely, 1999). En estos procesos físicos, se incluyen los pre-tratamientos para la eliminación de sólidos de gran tamaño, la neutralización del pH y si el caudal es inconsistente, se pueden almacenar estos afluentes en el mismo reactor, donde el flujo es estabilizado u homogeneizado para mantener una salida constante de líquidos (Zaror, 1997). A ello se suman los procesos de sedimentación o flotación, para la eliminación de la materia orgánica en forma de lodos.

Pre-tratamientos son los procesos por los cuales se hace posible la eliminación, por medio de cribas o rejillas de gruesos, de los sólidos superiores a 0,2 mm; neutralización y homogeneización del pH, se realiza para evitar variaciones del pH, que puedan afectar la vida acuática en los cursos naturales de agua, como para evitar hacer este procedimiento al juntar aguas residuales domésticas con Riles, si éstos van al alcantarillado, ya que el volumen a tratar será mucho mayor y este procedimiento debe realizarse antes de un tratamiento químico o biológico, asegurando así una óptima actividad biológica posterior. Como métodos se incluyen el mezclado de las corrientes, en donde pueden haber Riles ácidos como alcalinos o la adición de ácidos o bases directamente a la corriente, proceso que se realiza en el reactor, donde igualmente se acumulan los vertidos disminuyendo las variaciones en los caudales de salida, es decir se logra homogeneizar el efluente (Ramalho, 1996).

Posteriormente ocurren los Tratamientos Primarios como tales, en donde los Riles se hacen pasar a un tanque, comúnmente circular, en el cual sedimenta la materia orgánica en suspensión, por 2 hrs. aproximadamente y en donde es posible apreciar dos sucesos diferentes, como el que el líquido tratado ha clarificado y en el fondo del reactor la materia orgánica, que se encontraba en suspensión, ha sedimentado en forma de lodos, los cuales deberán ser extraídos desde el fondo, mediante palas o rasquetas automáticas para luego ser procesados como lodos primarios, los que una vez tratados, generalmente sometiéndolos a incineración, pueden ser reutilizados en labores agrícolas, como sucede en Europa o bien deben ser vertidos en lugares debidamente autorizados (Leschber, 2002).

La sedimentación se diferencia de acuerdo a la naturaleza del material en suspensión, así se considera que existe una sedimentación discreta, donde las partículas no cambian sus

propiedades físicas, manteniendo su individualidad. También existe una sedimentación con floculación, donde las partículas se aglomeran y ocurren cambios de densidad, velocidad en la sedimentación o precipitación y una tercera sedimentación es la que ocurre por zonas, donde se forma una especie de manto que sedimenta como una masa total, de interfase distinta al líquido (Ramalho, 1996).

Otro proceso físico para tratar Riles, es la separación sólido-líquido mediante flotación, ya que gracias a la aireación forzada, o introducción de “microburbujas” de aire al tanque donde se encuentran los Riles, ellas pueden hacer flotar las pequeñas partículas a la superficie, donde son eliminadas en forma mecánica, como si se tratase de una especie de lodo, pero menos espeso. Así se pueden tratar y separar grasas, aceites y sólidos particulados de baja densidad, al igual que separar lodos floculados procedentes de coagulaciones químicas, disminuyendo la DBO y los sólidos suspendidos en aproximadamente un 90% (Walker, 2001)

3.2.2 Procesos biológicos.

Los procesos biológicos se denominan Tratamiento Secundario y están diseñados para acelerar los procesos de biooxidación natural de la materia orgánica. Estos se basan en la acción de microorganismos que degradan las sustancias contaminantes, a través de procesos oxidativos (Seoanez, 1998).

Metcalf & Eddy (1995), señalan que con ello se logra reducir la concentración de compuestos orgánicos como inorgánicos presentes y así eliminar nutrientes, como nitrógeno y fósforo. El proceso consiste en controlar el medio ambiente de los microorganismos para conseguir condiciones de crecimiento óptimas y así los contaminantes orgánicos son degradados por estos microorganismos que los transforman en subproductos volátiles (CO_2 - CH_4), de fácil eliminación y que pueden ser incorporados al proceso de síntesis de material celular y al concentrarlos en la biomasa pueden ser eliminados por procesos de separación sólido-líquido. Las principales aplicaciones son disminuir la DBO, DQO, nitrificar, que es el proceso mediante el cual el amoníaco se transforma, primero en nitrito y posteriormente en nitrato, desnitrificar, proceso en el cual el nitrato se convierte en nitrógeno y otros gases, eliminar el fósforo y estabilizar los lodos. Los procesos son variados, pudiendo ser aeróbicos, anaeróbicos y combinados. A su vez, son denominados procesos de “cultivo en suspensión”, aquellos sistemas de tratamiento en que los microorganismos se mantienen suspendidos en el medio líquido, generalmente gracias a la adición de oxígeno mediante aireadores externos. Otro sistema de tratamiento es el denominado “cultivo en medio fijo”, en donde los microorganismos se fijan a medios inertes, como son los bio-discos o los filtros biológicos, conocidos también como procesos de película fija.

Dentro de los procesos aeróbicos denominados de “cultivo en suspensión”, destacan los lodos activados, proceso desarrollado hacia 1914 por Arden y Lockett, en donde cualquier agua residual, urbana o industrial, sometida a aireación durante un período de tiempo, reduce su contenido de materia orgánica, formándose a la vez un lodo floculento, el cual contiene una masa de microorganismos vivos o “activados”, que son capaces de degradar la materia orgánica contaminante por vía aeróbica. Estos microorganismos corresponden a bacterias,

hongos, algas y protozoos. De ellos, los más importantes son las bacterias, las cuales se encuentran en todos los tipos de proceso de tratamiento biológico. El proceso se desarrolla en un reactor, donde se mantienen suspendidos gracias a la aireación forzada, los microorganismos y las aguas residuales. Aquí las bacterias utilizan la materia orgánica en suspensión para obtener energía y generar nuevas células bacterianas, además de gases como el dióxido de carbono y amoníaco, además de la formación de agua. En este proceso, hay sedimentación de los lodos, pudiendo haber recirculación completa o de una parte de ellos y extracción o purga, para su estabilización y posterior eliminación (Ramalho, 1996).

Otros sistemas corresponden a las lagunas aireadas, que utiliza el mismo modelo del sistema de lodos activados, salvo que en vez de reactores se emplea una gran extensión de terreno, donde se excava una laguna, a la cual se le aplica oxígeno por medio de aireadores externos. Aquí se puede nitrificar, dependiendo del diseño de la laguna, así como de la temperatura del agua residual, ya que a mayor temperatura y menores cargas contaminantes, será mayor el nivel de nitrificación. En otro tipo de sistema aeróbico, denominado Sistema de Reactores Discontinuos Secuenciales o SBR, del inglés Sequencing Batch Reactors, igual se utilizan los lodos activados, pero la diferencia está en que se sigue una secuencia de ciclos de llenado y vaciado de los tanques, en cinco etapas. En la primera de ellas, se adiciona substrato (Riles) a los tanques, luego viene la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica, en la tercera etapa, ya finalizada esta degradación, viene la sedimentación, con la separación del líquido clarificado en reposo, posteriormente viene el vaciado del efluente clarificado desde el reactor y la última etapa corresponde a la fase inactiva, donde se evacua la totalidad del efluente, los lodos y se comienza a llenar nuevamente con substrato el reactor (Metcalf & Eddy, 1995).

Dentro de los procesos aeróbicos de “cultivo en medio fijo”, están los filtros biológicos o percoladores y los bio-discos. El lecho filtrante, que utiliza reactores con un lecho de material permeable al cual se adhieren los microorganismos y donde percola el Ril, consiste en piedras o escorias o material plástico de relleno. La profundidad del lecho varía entre 0,9 – 2,5 m (Metcalf & Eddy, 1995).

El filtro por lo general es circular y el Ril se distribuye por la parte superior, mediante un distribuidor giratorio. En la parte inferior se encuentra un sistema de drenaje para recoger el líquido tratado, como también los sólidos biológicos desprendidos. Este líquido recogido puede ser reutilizado, luego de hacerlo sedimentar y eliminar los sólidos, para diluir la concentración del Ril entrante y mantener la humedad de la película biológica. En este proceso la materia orgánica se degrada por acción de la población de microorganismos adheridos al medio inerte, los cuales forman esta película biológica de 0,1 - 0,2 mm, de espesor y que se divide en una capa aerobia y una sub-capa anaerobia. El espesor de la capa aerobia depende del caudal de agua residual aplicado y de la DBO. A mayor DBO, será menor el espesor, ya que el consumo de oxígeno es más rápido y con caudales elevados y a la vez mayores niveles de oxígeno disuelto, el espesor de la capa será mayor. En esta capa aeróbica tienen lugar los procesos biológicos de oxidación del sustrato, proporcionando energía al sistema y generando nuevo material biológico. Mientras en la sub-capa anaerobia, la degradación lleva a la formación de ácidos orgánicos y metano (Ramalho, 1996).

Otro proceso aeróbico de “cultivo en medio fijo”, es el de los bio-discos, que son una serie de discos circulares de poliestireno o cloruro de polivinilo, situados en un eje, a corta distancia unos de otros. Estos discos se sumergen en el agua residual y giran lentamente en ella, poniendo en contacto a los microorganismos adheridos a la superficie de los discos con la atmósfera, desde la cual adsorben oxígeno, el cual se transfiere a la biomasa, que se mantiene en condiciones aeróbicas. Además, con el girar de los bio-discos se elimina el exceso de sólidos en ellos y los sólidos suspendidos son arrastrados desde el reactor a un clarificador posterior (Metcalf & Eddy, 1995).

El proceso anaeróbico de “cultivo en suspensión” más utilizado es el proceso de digestión anaeróbica de mezcla completa. En él, se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular, además de estabilizar los lodos provenientes del tratamiento de Riles con altas cargas de materia orgánica. Aquí, la materia orgánica contenida en los lodos primarios (provenientes de tratamientos primarios) y aquellos producidos en otros tratamientos biológicos, se convierten en metano y dióxido de carbono. Además, los lodos se estabilizan, es decir se disminuyen los agentes patógenos al incinerarlos y junto a ello se hacen no putrescibles. Cabe señalar que este proceso biológico se desarrolla en tres etapas. La primera de ellas corresponde a la hidrólisis de compuestos de alto peso molecular, luego viene la acidogénesis y posteriormente la metanogénesis. Todas estas etapas ocurren en un reactor cerrado completamente denominado digestor, en él, un grupo de microorganismos se ocupa de la hidrólisis de polímeros orgánicos y lípidos, para entregar monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos que serán fermentados por bacterias acidogénicas, que son anaerobias facultativas y anaerobias estrictas, productoras de ácidos orgánicos como ácido acético (encontrado en mayor frecuencia), ácido propiónico, butírico, láctico, etc.. En la tercera etapa, bacterias anaerobias estrictas, metanogénicas, convierten estos ácidos en gas como sucede con el hidrógeno y el ácido acético, transformándose en gas metano y dióxido de carbono, por ejemplo. Factores limitantes para este tipo de tratamiento es el metabolismo de algunas bacterias, ya que sus tasas de crecimiento son muy lentas, también son afectadas por niveles bajos de pH, el cual se debe mantener entre 6,6 y 7,6 sin descender de 6,2 lo cual sería el límite para las bacterias metanogénicas y junto a ello la temperatura debe oscilar entre el rango mesofílico (30 – 38°) y el rango termofílico (40 – 57°), (Metcalf & Eddy, 1995).

Otro sistema de tratamiento biológico es el lagunaje, que puede ser aerobio o facultativo. A diferencia del sistema de lagunas aireadas, que fue mencionado antes, las lagunas aerobias corresponden a grandes piscinas de poca profundidad, excavadas en el terreno con el objetivo de tratar aguas residuales por procedimientos naturales, que incluyen la utilización de algas y bacterias, pero sin la inyección forzada de aire desde el exterior. Así, para las lagunas en donde se quiere maximizar la producción de algas, las profundidades varían entre 15 y 50 cm, y para las lagunas donde se prefiere maximizar la cantidad de oxígeno, la profundidad puede llegar a 1,5 m. En estas lagunas, las bacterias y algas se encuentran en suspensión y las condiciones aerobias se dan en toda la profundidad, ya sea en la parte superior mediante intercambio de oxígeno en la película superficial del agua o por fotosíntesis de las algas, donde el oxígeno liberado es utilizado por las bacterias degradando la materia orgánica. A su vez, las algas aprovechan los nutrientes liberados y el dióxido de

carbono. En cambio, las lagunas facultativas corresponden a aquellas lagunas donde se combinan bacterias aerobias, anaerobias y anaerobias facultativas. Aquí, se trata también de una piscina excavada en el terreno, la cual es alimentada con Riles provenientes de un pre-tratamiento o con efluentes de un tratamiento primario. Esta laguna, en su profundidad tiene tres zonas diferentes, que se pueden identificar como una primera zona superficial donde coexisten bacterias y algas, como en las lagunas aeróbicas, luego viene una zona intermedia, parcialmente aerobia y anaerobia donde la descomposición la llevan a cabo bacterias facultativas y una zona inferior anaeróbica similar a un lecho de lodos activados. En este proceso, los sólidos sedimentan formando este lodo, mientras los componentes orgánicos disueltos y coloidales se oxidan por acción de bacterias aerobias y facultativas que emplean el oxígeno generado en la superficie por las algas. El dióxido de carbono producido es fuente de carbono también para las algas. La descomposición anaeróbica en el fondo produce componentes orgánicos disueltos y gases como dióxido de carbono, hidrógeno y metano, los que se oxidan o liberan a la superficie. Son factores limitantes, para este tipo de tratamiento, la carga orgánica, el nivel de mezclado de los Riles en la laguna, el pH, la temperatura para las lagunas aerobias y los factores climáticos para las lagunas facultativas, como lo son el viento y las lluvias (Metcalf & Eddy, 1995).

Los sistemas aeróbicos, como los anaeróbicos, tienen una eficiencia del 70 – 90% de remoción para DBO. En el caso de las lagunas aireadas, se habla de un 90% de reducción de la DBO; del 90 – 95% para los lodos activados y un 85% para los filtros biológicos (Zaror, 1997).

3.2.3 Procesos químicos.

Son procesos mediante los cuales se puede eliminar los contaminantes gracias a la adición de productos químicos o al desarrollo de ciertas reacciones químicas. Son los Tratamientos Terciarios y se distinguen una serie de fenómenos como la precipitación química, la adsorción y la desinfección. En estos tratamientos se consigue la eliminación de un compuesto gracias a la adición de otra sustancia. Por ejemplo, la precipitación química busca alterar el estado físico de los sólidos y material en suspensión para facilitar su eliminación por sedimentación. En algunos casos, la alteración es pequeña y la eliminación se consigue al quedar atrapados dentro del precipitado formado por el propio coagulante (Metcalf & Eddy, 1995).

Las grasas y aceites presentes en los Riles de industrias de alimentos, son eliminadas mediante coagulación, para así mejorar la eficiencia de la cloración y determinar la factibilidad de reutilizar estas aguas en ciertos procesos. El método se basa en el hecho de que las partículas aún suspendidas en los Riles, que ya han pasado por un pre-tratamiento y sedimentación, poseen cargas eléctricas, generalmente negativas, lo que las hace repelerse entre sí, pero al agregar un agente neutralizante de estas cargas, las partículas se unen entre sí formando flóculos que pueden ser flotados y filtrados para su eliminación. Un ejemplo de ello, lo constituye la adición de coagulantes químicos, como el sulfato de aluminio o el sulfato férrico a los Riles, mezclándolos rápidamente y por un breve período de tiempo (20 – 60

segundos). Luego, los flóculos se comienzan a unir entre sí lentamente en la superficie de las aguas (20 – 60 minutos). Si los Riles poseen mucha materia orgánica contaminante, es necesaria la ayuda de otros compuestos como los polielectrólitos, por ejemplo los de poliacrilamida y compuestos como el carbón activado, el cual se utiliza para eliminar productos orgánicos que generan olores y colores desagradables (Kiely, 1999).

Gracias a esto, la remoción de la DQO varía entre un 45 % para el polímero solo y un 75 % para la combinación con carbón activado, junto a la disminución de la turbidez de las aguas en más de un 90 % (Keng, 1994).

Otra importante aplicación de este proceso corresponde a la precipitación química del fósforo, que se consigue por la adición de sales de iones metálicos de múltiples valencias (calcio, aluminio, hierro), los cuales forman precipitados de fosfatos escasamente solubles (Metcalf & Eddy, 1995).

La adsorción corresponde al proceso químico definido como la concentración de un soluto en la superficie de un sólido (Ramalho, 1996), es por ello y buscando mayor calidad del efluente en los tratamientos de aguas residuales, se ha utilizado este proceso y el carbón activado como principal método, para eliminar materia orgánica disuelta como particulada, además de ser un método efectivo en el control de olores. La adsorción se produce en la superficie del gránulo de carbón y en sus poros. Para realizar el tratamiento se emplea una columna como medio de contacto del agua residual con el carbón activado. El agua se introduce por la parte superior y se extrae por la parte inferior. El carbón se encuentra suspendido por un sistema de drenaje en la parte inferior, el cual debe ser lavado a contra corriente para evitar las pérdidas de carga debido a la retención del material particulado en el interior de la columna de carbón. Como ya se mencionó antes, este método es de gran ayuda para complementar la precipitación química, por ejemplo (Metcalf & Eddy, 1995).

La desinfección de los efluentes tiene gran importancia debido a que es la última barrera contra la transmisión de enfermedades bacterianas y virales. La eficacia del proceso, depende del grado de pureza de las aguas logrado en los tratamientos previos, ya que por ejemplo, la presencia de compuestos oxidables y materia orgánica neutraliza a los desinfectantes, o los microorganismos que se unen a partículas, se logran proteger contra la desinfección (OMS, 1995).

Unda (2002), define la desinfección como el método que permite la destrucción de los agentes capaces de producir infección, mediante la aplicación directa de medios químicos o físicos.

La cloración es un proceso muy usado en el tratamiento de las aguas residuales urbanas y de Riles, los cuales se cloran por 15 – 30 minutos antes de su descarga a las aguas receptoras. Como objetivos principales se busca la desinfección, debido a la alta capacidad de oxidación de los compuestos químicos usados, destrucción e inhibición del crecimiento bacteriano (acción bactericida y bacteriostática), reducción de la DBO por oxidación de

componentes orgánicos y en algún modo, disminución de olores y colores en las aguas (Ramalho, 1996).

Los compuestos más utilizados son el cloro gas (Cl_2), el hipoclorito de sodio (NaOCl), el hipoclorito de calcio (Ca(OCl)_2) y el dióxido de cloro (ClO_2) (Metcalf & Eddy, 1995).

Dentro de las ventajas de la utilización de cloro gas, están el hecho de que sea un muy buen desinfectante, cuyo efecto residual se mantiene en las descargas impidiendo el nuevo crecimiento bacteriano y para el uso de hipoclorito de sodio, en forma líquida, el hecho de que se reducen los costos de capital al no tener que realizar inversión en un equipo tan sofisticado como para la administración de cloro gas y debido a que representa mayor seguridad para los operarios (Lau, 1997).

Sin embargo, el cloro dosificado en aguas residuales puede reaccionar con otros compuestos presentes, para el caso de los Riles por ejemplo, donde puede haber altas cargas de nitrógeno en forma de amoníaco y otras formas de materia orgánica combinada, el cloro disponible o ácido hipocloroso (HOCl), producto de la hidrólisis sufrida por el cloro gas al ser vertido en las aguas, reacciona con el amoníaco presente y forma otros compuestos conocidos como cloraminas (monocloramina, dicloramina y tricloruro de nitrógeno), las cuales poseen una velocidad de reacción muy lenta, lo que las hace perder su capacidad desinfectante, ya que se necesitan mayores tiempo de contacto para ello (Metcalf & Eddy, 1995).

Un método alternativo a la desinfección corresponde a la utilización de ozono y rayos U.V. Para el caso del ozono, este se utilizó por primera vez en Europa (Francia), a principios del siglo XX, demostrando sus capacidades desinfectantes sin alterar el sabor, olor ni el color de las aguas tratadas (Lau, 1997).

El método se basa en la aplicación por 5 – 10 minutos, de una descarga eléctrica al agua residual, al pasar ésta entre dos electrodos, el resultado es la producción de ozono (O_3), lo que generará radicales libres con gran poder oxidante y desinfectante. La ventaja que representa el ozono, es que no genera residuos o compuestos que puedan afectar la vida acuática al llegar el efluente a su cuerpo de agua receptor, además de elevar la concentración de oxígeno disuelto en él (Metcalf & Eddy, 1995).

La desinfección por rayos U.V, se debe a que no existe oxidación, sino que los rayos inducen cambios fotoquímicos en el ADN bacteriano, interfiriendo su replicación. La forma en que son aplicados, es a través de lámparas bajo un canal donde pasan las aguas, llamado canal de contacto. Aquí lo importante es que la longitud de onda sea la adecuada para la obtención del efecto germicida, siendo el rango adecuado de 250 – 265 nm. y el tiempo o período de contacto de 6 – 10 segundos. Las ventajas son varias, entre las que destacan la no adición de químicos al efluente, que a su vez no generan residuos tóxicos para el medio ambiente acuático, el corto período de tratamiento y la seguridad en su aplicación. Como desventajas se puede decir que se necesita de mantención y limpieza periódica para las lámparas, lo que sumado a los costos de operación del sistema, incrementan los gastos de funcionamiento de éste. Respecto al poder desinfectante, se debe cuidar que las aguas sean lo más depuradas

posibles, ya que la presencia de residuos particulados o materia orgánica aún presente, pueden evitar la llegada de los rayos a la células bacterianas y como el sistema no genera compuestos residuales, puede haber un crecimiento bacteriano posterior (Lau, 1997).

Otros procesos químicos de tratamiento de aguas residuales o procesos avanzados, son el intercambio iónico, que permite desmineralizar las aguas residuales, la osmosis inversa, que permite depurar aguas residuales al hacerlas fluir en un sistema de doble tubería y en un régimen de presión elevada (superior a su presión osmótica), donde a través de un tubo interior formado de material semipermeable, se traspa al tubo exterior el agua purificada mediante la osmosis forzada por esa presión, quedando los solutos acumulados como residuos en el tubo interior. El otro sistema avanzado corresponde a la electrodiálisis, que es un proceso de separación de partículas, debido a sus cargas eléctricas, las cuales son atraídas hacia compartimientos, donde una membrana catiónica o aniónica atrae las cargas opuestas, dejando en compartimientos de dilución el agua libre de partículas, como de nutrientes inorgánicos como el nitrógeno y el fósforo, siendo una posible etapa final en los procesos de tratamiento de aguas residuales (Ramalho, 1996).

3.3 EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS.

Los cambios que producen las descargas de Riles a los cuerpos de agua, se pueden evaluar por medio de los diferentes componentes que se distinguen en los procesos. Para ello se hace necesario conocer la naturaleza de los Riles de la industria de alimentos y así poder entender los problemas que generan en el medio ambiente, sobre los cuerpos de agua receptores y comprender los diferentes sistemas de tratamiento asociados. Por ejemplo, Turra (1995), clasifica el tipo de industrias por medio de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) de las Naciones Unidas (1969), a todas las actividades económicas y lo asocia a los componentes que la ley chilena considera en la Norma de Emisión D.S N° 90 (Chile, 2000), para cualquier actividad industrial.

Sin embargo, diferentes autores plantean una serie de clasificaciones y la mayoría realiza éstas en base a lo señalado por Metcalf & Eddy (1995), en donde clasifican los diferentes componentes de los Riles en físicos, químicos y biológicos. A continuación se presenta la adaptación de aquellos componentes.

3.3.1 Componentes físicos.

Para Metcalf & Eddy (1995), dentro de los componentes físicos, son importantes:

Sólidos totales (sólidos sedimentables +material en suspensión).

Temperatura.

Color y turbiedad.

Olor.

Sólidos totales se definen como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105°C. Dentro de la regulación chilena no figuran los sólidos sedimentables, que son aquellos que sedimentan en el fondo de un cono de Imhoff, posterior a 60 minutos; se expresan en mg/l y son una medida aproximada de la cantidad que se obtendrán en la decantación primaria del agua residual, así como tampoco incluye el material en suspensión, que corresponde a los sólidos incapaces de filtrarse en un volumen conocido de líquido y que se hace pasar por un filtro de tamaño de poro igualmente conocido. La fracción filtrable corresponde a la fracción coloidal y disuelta, los que a su vez corresponden a moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución en el agua. Esta fracción coloidal es imposible eliminarla por sedimentación, haciéndose necesaria la oxidación biológica o la coagulación acompañada de sedimentación. En función de su volatilidad a $550 \pm 50^\circ\text{C}$, los sólidos pueden ser clasificados en “volátiles” y “fijos”, cuando la fracción orgánica se oxida y desaparece en forma de gas y cuando la fracción inorgánica queda en forma de cenizas, a esa temperatura respectivamente.

La **temperatura** varía en los Riles, entre 10 y 21 °C, lo cual influye sobre el desarrollo de la vida acuática, sobre reacciones químicas y velocidades de reacción naturales. Además, el oxígeno disuelto es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Así, el aumento de las reacciones químicas, que lleva al aumento de la temperatura, más la reducción del oxígeno en las aguas es la causa del agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano, que lleva a mortalidad de la vida acuática, proliferación de plantas acuáticas y hongos, con la consiguiente descomposición de las aguas que generan **olores** desagradables. Como ejemplo, la actividad bacteriana tiene un rango óptimo para el desarrollo entre los 25 y 35 °C, la digestión aerobia y nitrificación se detienen a los 50 °C y las bacterias capaces de producir metano, cesan su actividad bajo los 15 °C.

Las aguas residuales son de un **color** grisáceo, pero a medida que aumenta el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado, junto al desarrollo de condiciones cercanas a la anaerobiosis, cambian a un color gris oscuro para llegar finalmente al negro, lo que les da la característica de agua séptica. Esta coloración negra se debe a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en anaerobiosis, con los metales presentes en el agua residual. La **turbiedad**, se emplea para indicar calidad de las aguas vertidas en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La materia coloidal, absorbe la luz e impide su transmisión, sin embargo no es posible decir que existe una relación entre turbiedad y concentración de sólidos en suspensión de un agua no tratada.

3.3.2 Componentes químicos:

Según Metcalf & Eddy (1995), los Riles no se tratan con el objetivo específico de eliminar los constituyentes inorgánicos que se incorporan durante el ciclo de uso. Las concentraciones incluso, aumentan debido a la evaporación natural del agua y la adición de otros compuestos empleados en los tratamientos, por ejemplo los químicos. Algunos de estos componentes, son:

pH.
Alcalinidad.
Nitrógeno.
Fósforo.
Compuestos tóxicos.
Metales pesados.
Gases.

Como componente químico, el **pH**, es de gran importancia tanto para los Riles como para las aguas naturales. El nivel de concentración de ion hidrógeno es estrecho (6,5 - 7,5), para el desarrollo de la vida biológica en forma óptima, como para los sistemas de tratamiento, en donde concentraciones inadecuadas pueden modificar los niveles de las aguas naturales, si no se corrige la concentración en el efluente antes de ser evacuado. La forma de expresar la concentración de ion hidrógeno es pH, definido como el logaritmo de la concentración de ion hidrógeno.

La **alcalinidad** está determinada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como calcio, magnesio, potasio o amoníaco, siendo los más comunes el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio. La alcalinidad ayuda a regular los cambios de pH producto de la adición de ácidos. Normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad adquirida por el tratamiento como por los materiales añadidos en él. Esta alcalinidad se determina por titulación con un ácido normalizado y se expresa como carbonato de calcio, CaCO_3 . Su concentración en las aguas residuales es importante en los casos que requieran de tratamiento químico, como así también en la eliminación biológica de nutrientes.

Nitrógeno y **fósforo** corresponden a los principales nutrientes o bioestimuladores. El contenido total en nitrógeno está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato. El método Kjeldahl determina nitrógeno orgánico, mediante eliminación del amoníaco al hervir la muestra acuosa, luego mediante un proceso de digestión el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco. El nitrógeno Kjeldahl total incluye ambas formas de nitrógeno, orgánico y amoniacal, ya que en este método no se elimina el amoníaco antes del proceso de digestión. En los Riles, el nitrógeno se halla combinado en forma de materia proteica y urea, pasando inmediatamente a la forma amoniacal. Así, es posible medir la edad de un agua residual en función de la proporción de amoníaco presente. Aeróbicamente, las bacterias pueden oxidar el nitrógeno amoniacal a nitritos y nitratos, ello sirve de herramienta para determinar el nivel de estabilización de los residuos, respecto a la demanda de oxígeno. En relación al fósforo, este es un componente esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Las aguas residuales pueden contener fósforo en forma de ortofosfatos, polifosfatos (cuya hidrólisis es un proceso bastante lento) y fosfatos orgánicos, de los cuales la industria de alimentos genera descargas ricas en fósforo orgánico, lo que lleva a un crecimiento excesivo de plantas y algas, razón por la cual es de interés limitar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de los Riles.

Los **compuestos tóxicos** son aquellos cationes tales como el cobre, la plata, el cromo, el arsénico, el boro, el potasio y el amoníaco, que son tóxicos para los microorganismos

encargados de un tratamiento biológico, y pueden llevar incluso a la muerte de ellos con la consiguiente detención del proceso. También pueden estar presentes algunos aniones tóxicos como cianuros y cromatos, provenientes de industrias del tipo metalúrgica y metálica. Los **metales pesados**, se hallan incluso a niveles trazas, siendo posible encontrar en los Riles níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio. Algunos de ellos son imprescindibles en el normal desarrollo de la vida biológica y su ausencia puede incluso, limitar el normal crecimiento de algas, por ejemplo, pero por su toxicidad en el medio ambiente como en el ser humano, los excesos interfieren con los usos que es posible dar a las aguas.

En los Riles, es posible encontrar **gases** de normal presencia en la atmósfera, como el oxígeno, el dióxido de carbono y el nitrógeno, también gases procedentes de la descomposición de la materia orgánica, en donde se libera gas, junto a la presencia de sulfuro de hidrógeno producto de la reducción de sulfatos a sulfitos por parte de microorganismos anaerobios. Las aguas residuales contienen compuestos olorosos en sí mismos o con tendencia a producirlos en los procesos de tratamiento.

3.3.3 Componentes biológicos:

Las componentes biológicos de los Riles a los que se refieren Metcalf & Eddy (1995), son la presencia de materia orgánica, como también de microorganismos indicadores, siendo de mayor importancia los coliformes fecales.

Materia orgánica (proteínas + hidratos de carbono + grasas + aceites).
Microorganismos indicadores (coliformes fecales).

Dentro de la **materia orgánica** en los Riles, cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables corresponden a combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno más la presencia en determinados casos de nitrógeno, junto a otros elementos, como azufre, fósforo o hierro. Es por ello que se pueden distinguir grupos de sustancias orgánicas, como proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%), grasas y aceites (10%).

Mediante ensayos de laboratorio es posible determinar la materia orgánica en los Riles. En general, se conocen dos grupos, aquellos para determinar altas concentraciones de contenido orgánico, superiores a 1 mg/l y los utilizados para determinar concentraciones a niveles trazas, entre 0,001 mg/l a 1 mg/l. Dentro del primer grupo encontramos los siguientes ensayos: demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). En el segundo grupo de ensayos, se encuentran métodos instrumentales como cromatografía de gases y la espectroscopia de masa.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), corresponde a la demanda por parte de los microorganismos, del oxígeno disuelto para su metabolismo y consiguiente depuración natural de cualquier cuerpo de agua. Los resultados de los ensayos de DBO₅ se utilizan para

determinar, en tratamientos futuros, la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente, dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetas las descargas.

En cambio la Demanda Química de Oxígeno (DQO), corresponde al proceso de oxidación química de las aguas. La DQO también se emplea para medir materia orgánica que contenga compuestos tóxicos para la vida biológica. Cabe señalar que la DQO suele ser superior a la DBO ya que existen mayor número de compuestos cuya oxidación tienen lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica.

Debido a que los organismos patógenos se encuentran en los residuos industriales líquidos en cantidades muy pequeñas, junto a su dificultad para aislarlos e identificarlos, se hace necesario contar con **microorganismos indicadores**, cuya detección se hace más fácil por el elevado número en que se presentan. Es por ello que los coliformes fecales constituyen el principal indicador y su presencia se determina por la capacidad de crecer a 44,5° C. Su detección se realiza por fermentación en tubos múltiples y el recuento que se hace de ellos es a través del sistema del número más probable (NMP). La presencia de coliformes fecales indica la existencia de microorganismos patógenos asociados que sí causan enfermedades, los cuales provendrían del tracto digestivo de humanos y/o animales (Metcalf & Eddy, 1995).

3.4 LEGISLACIÓN.

En los países desarrollados las leyes ambientales han evolucionado de manera tal que cubren zonas o regiones continentales con la misma legislación. Es el caso de EE.UU, por ejemplo, donde la normativa ambiental federal se aplica a todos los estados, salvo en algunos como California, donde la norma ambiental es más estricta. Europa, a través de la Comisión para la Unión Europea en Bruselas, fija normas para toda Europa y se repite el caso de los EE.UU, en donde existen países que aplican normativas más estrictas. Sin embargo, Europa como EE.UU aplican normas comunes debido a tratados suscritos en décadas anteriores, como el Acuerdo de Estocolmo (1972), sobre vertido de residuos/lodos al mar o la Cumbre de Río (1992), que trata de fijar objetivos de desarrollo sustentable. Además, para algunos países europeos, muchas normas derivan de aquellos más estrictos medio-ambientalmente como lo son Alemania, Dinamarca y Holanda, en otros países como los pertenecientes al Reino Unido existen normas desde principios de siglo, mientras en EE.UU, desde 1948 el Congreso norteamericano ha reaccionado frente a la contaminación derivada de la industrialización, creando leyes federales que han sido modificadas en múltiples ocasiones, siendo cada vez más estrictas (Kiely, 1999).

Los estándares de calidad en la Unión Europea para el medio acuático son aplicables al agua potable, fuentes de agua bruta, hábitat para peces, aguas de baño y aguas residuales, incluyendo las municipales como las industriales, fijando para éstas últimas valores previos al tratamiento secundario para DBO (25 mg/l), DQO (125 mg/l), sólidos suspendidos totales (35 mg/l), Fósforo (2 mg/l) y Nitrógeno total (10 – 15 mg/l), en la Directiva 91/271/CEE (Paraskevas, 2002).

Mientras, en EE.UU la principal regulación a las aguas residuales lo constituye la Clean Water Act (CWA) de 1972, con las modificaciones respectivas, además de establecer el Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes (de sus siglas en inglés NPDES), las cuales fijan límites mínimos tecnológicos al agua residual, previo al tratamiento secundario para DBO (45 mg/l), sólidos suspendidos (45 mg/l) y pH, en intervalo 6 –9 (Metcalf & Eddy, 1995).

En Chile, la Constitución Política del Estado (Chile, 1980), a través del artículo 19 N° 8, otorga el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, siendo deber del estado, velar por el cumplimiento de este derecho, ampliando el ámbito de protección al señalar que este deber se extiende a la preservación de la Naturaleza.

Por su parte el Código Sanitario (Chile, 1996), en su Título I, artículo 67, del libro III, amplía la competencia de la autoridad sanitaria, en razón a lo señalado también en el artículo 19 N° 9 de la Constitución Política del Estado (Chile, 1980), al hacerla responsable de la eliminación y control de los agentes del ambiente que atentan contra la salud, integridad, bienestar y salud integral física y mental de las personas.

En el Título II, artículos 69, 70, 71, 72 y 73 del mismo Código Sanitario (Chile, 1996), queda establecida la competencia del Servicio Nacional de Salud en la fiscalización de los servicios que proveen aguas y servicios sanitarios, que proveerán a la población, como a la industria, además de establecer la vigilancia sanitaria sobre las plantas depuradoras de aguas servidas, como sobre las descargas industriales o mineras en ríos, lagos, lagunas o cualquier otra fuente o masa de agua, destinada a proporcionar agua potable a alguna población, para riego o balneario, otorgando plena competencia al Servicio Nacional de Salud y / o autoridad sanitaria para suspender dichas descargas, sobre los cuerpos de agua.

En el Título III, artículo 82, del Código Sanitario (Chile, 1996), mediante su Decreto N° 594 (Chile, 1999), sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los puestos de trabajo, señala el Párrafo III, en los artículos 17, 18, 19 y 20, que no se podrán incorporar a los cursos de agua en general, relaves industriales o mineros, sin ser tratados previamente, dejando en claro también, qué se entiende por Residuo Industrial, diferenciándolo y no haciendo posible su asimilación a Residuos Domésticos. El tratamiento y disposición final de los residuos, debe ser aprobado y autorizado por la autoridad sanitaria, a la cual se deberán señalar la cantidad y calidad de los residuos industriales, diferenciándolos de los residuos industriales peligrosos.

Por su parte la Ley 19.300, Ley de Bases Generales del Medioambiente (Chile, 1994), en su título II, de los instrumentos de gestión ambiental, señala en su artículo 10, que los proyectos o actividades que causen impacto ambiental, deben someterse a un sistema de evaluación de impacto ambiental y figuran bajo esta afirmación las actividades que generan alteración de cuerpos o cursos naturales de aguas, tales como agroindustrias, mataderos, planteles de cría, etc., todos de dimensiones industriales, como lo especifica el Reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental (Chile, 2001), en el título I, artículo 3, letra L, así como también sistemas de tratamiento de aguas, servidas y de Riles, especificados en el

mismo reglamento, en el título I, artículo I, letra O. En el artículo 11 en tanto, se señala que los proyectos nuevos o actuales que deberán elaborar un estudio de impacto ambiental son aquellos que entre otros motivos presentan riesgo para la salud de la población, debido a la contaminación y calidad de los efluentes, emisiones o residuos o que presenten efectos adversos significativos sobre la contaminación y calidad de los recursos naturales renovables incluidos el suelo, el aire y el agua.

La Ley Orgánica de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) Ley N° 18.902 (Chile, 1990), otorga a este organismo el Control de los Residuos Industriales Líquidos. Por su parte, según Flores (2002), la Ley N° 3.133 (Chile, 1916), impone a los establecimientos que desarrollan actividades industriales o productivas, la prohibición de disponer en alcantarillados o cursos de agua, superficiales o subterráneos, los Riles o derivados de sus actividades, a menos que cuenten con un sistema de tratamiento para la neutralización o depuración previa de los efluentes que sean vertidos, y que dicho sistema cuente con la autorización otorgada por la autoridad para su funcionamiento. Dicha ley permaneció inoperante por un largo período, lo que fue resuelto poco después de la creación de la SISS (1990), mediante la dictación del Decreto Supremo N° 351, del Ministerio de Obras Públicas (Chile, 1992), actualmente reemplazado por la Norma de Emisión estipulada en el Decreto N° 90 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (Chile, 2000), que detalla los procedimientos correspondientes para la aplicación práctica de la Ley N° 3.133, definiendo los contenidos máximos de cada elemento contaminante posible de estar presente en los efluentes de los distintos establecimientos, según sea que se descarguen a cursos de agua, sistemas de alcantarillado o de forma subterránea.

Las descargas que superen determinados niveles contaminantes en sus efluentes, deben cumplir las disposiciones normativas estipuladas en el Manual de Procedimientos Estandarizados de Control y Fiscalización de Aguas Residuales (MAPRO) y fiscalizadas por la SISS y los Servicios de Salud (Flores, 2002). De acuerdo al origen de las descargas, se ha propuesto la siguiente clasificación:

- Actividades económicas (AE).
- Establecimientos industriales (EI).
- Plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS).

Por definición, AE es toda aquella actividad industrial que genera residuos líquidos como producto del desarrollo de su proceso productivo. En tanto, EI, es aquel donde las aguas residuales son generadas de forma similar a la anterior, pero éstas presentan un nivel de contaminación superior al equivalente a las aguas servidas de una población de 100 ó 200 personas, dependiendo del tamaño de la población abastecida por el servicio sanitario correspondiente y las PTAS, corresponden a las plantas capaces de tratar los residuos provenientes del alcantarillado de los servicios públicos de una comunidad o ciudad.

Para los Riles, el MAPRO (Flores, 2002) considera la realización de un catastro que identifique los EI que descargan efluentes líquidos en cursos y masas de aguas superficiales y/o subterráneas. A partir de éste, el Servicio de Salud deberá señalar los EI cuyas descargas

corresponden a una contaminación alta, media o baja, considerando los aumentos estacionales de producción, condiciones climáticas, cercanía a nuevas comunidades urbanas, manejo inadecuado de sus materias primas y productos, etc.

Según el MAPRO, los niveles contaminantes están definidos como:

- **Contaminación Alta (CA):** Efluentes que afectan directamente la salud de la población, como es la que se descarga aguas arriba de una captación de agua potable y/o que esas descargas generen un foco de insalubridad, atracción de vectores y/u olores molestos.
- **Contaminación Media (CM):** Efluentes que afectan indirectamente la salud de la población, como es la descarga a un curso de agua superficial afectando un uso posterior distinto a la captación de agua potable.
- **Contaminación Baja (CB):** Efluentes que potencialmente puedan afectar a la salud de la población y/o el medio ambiente.

Para las fiscalizaciones se elaborará un acta que comprometerá al establecimiento industrial a cumplir con ciertas actividades, como adoptar medidas de producción limpia, en las cuales, los servicios participantes de una primera fiscalización proponen a los E.I implementar medidas de producción limpia, mediante auditorías ambientales e implementación de tales medidas con plazos y programas de trabajo. En una segunda fiscalización se hará la exigencia de aplicar el procedimiento para la calificación de establecimiento industrial, tomando en cuenta estacionalidad y máxima producción.

3.5 PRODUCCIÓN LIMPIA.

El manejo de los desechos y los Riles, pone de manifiesto la necesidad de las industrias de lograr mayor eficiencia en el uso de las materias primas, disminuyendo las pérdidas e incrementando el valor de sus productos a través de la producción limpia. Este término se refiere al hecho de que tratando o interviniendo los procesos, no se genere contaminación y si lo hiciese, se intenta incorporar esa generación de residuos al producto fabricado, revalorizándolo. Así se trata de evitar la contaminación y no de procesarla, ya que si se compara prevención con descontaminación, las ventajas de la primera son manifiestas (Seoanez, 1998).

Esto supone además que el desarrollo creativo e innovador en los procesos que signifiquen el reuso y reciclaje del agua al interior de las industrias minimizarán el consumo de agua como las descargas de Riles a los cuerpos receptores (Birrerr, 1993).

Se estima que en los procesos tecnológicos de la industria de alimentos se pierden hasta un 20% de nutrientes, razón por la cual se debe considerar el manejo de los desechos como parte integral del sistema. Se deben revisar los diseños o hacer modificaciones que

resulten en una disminución de las pérdidas de materiales o disminuyan la carga contaminante de sus efluentes. Se deben buscar alternativas no contaminantes, en el proceso global como en operaciones unitarias, éstas deben ser técnicas sencillas y de bajo costo, poniendo énfasis en lo que significa generar ahorros en costos de capital, así como en elementos de importancia como lo es el agua. Así, los desechos se pueden separar de acuerdo a características establecidas que evitan separaciones posteriores, con los problemas que pudiesen generar sobre los distintos métodos de tratamiento y de forma importante, conservando el recurso agua, tanto en el proceso, como en las operaciones de limpieza, según sea posible reciclarla (dependiendo de las condiciones higiénicas) y disponiendo de sistemas automáticos que controlen su uso indiscriminado (Díaz, 1993).

Dentro de los objetivos específicos de la Política de Producción Limpia (Chile, 2001), está el perfeccionamiento y simplificación del marco regulatorio que incentive y facilite la prevención de la contaminación, lo que se explica en las líneas de acción, las cuales pretenden favorecer el enfoque preventivo de la regulación ambiental para lograr con ello minimizar los residuos en su origen, reutilizarlos, usar eficientemente la energía y junto con ello adoptar un marco regulatorio que incentive el uso de acciones ambientales preventivas, además de impulsar la cooperación público privada para el fomento a la producción limpia, como es el caso de la implementación de los Acuerdos de Producción Limpia (APL), los cuales se traducen como instrumentos voluntarios por parte de privados en la política ambiental, los que incluso aplicándose eficazmente pueden anticiparse a la legislación.

3.6 INDUSTRIAS DE ALIMENTOS.

Para González (1997), un tipo de industria de alimentos generadora de Riles es la industria láctea, que por su variedad de insumos, procesos y productos finales elimina grandes volúmenes con una alta carga de materia orgánica y sólidos suspendidos.

Los componentes en los Riles provenientes de las industrias lecheras son variados, en ellos se puede encontrar materia orgánica producto de residuos de leche derramada, los cuales son ricos en lípidos, aceites y grasas (Pannell, 2001).

También es posible encontrar materia inorgánica, donde es común la presencia de detergentes y desinfectantes, los que generan problemas en tratamientos posteriores, como la detención de los procesos de bio-oxidación en los tratamientos secundarios o el deterioro de estructuras metálicas por corrosión y la generación de espuma en los tratamientos como en el efluente, con esto se obtienen valores de requerimiento de DBO, que fluctúan entre 100 – 10.000 mg/L, el pH depende de los procesos, debido a la presencia o ausencia de detergentes, los sólidos suspendidos varían entre 45 – 130 mg/L y la descarga de nitrógeno tiene valores entre 1 – 20 g/100 L de leche (Walker, 2000).

Esta variación la explica Pannell (2001), al señalar que los riles de las industrias lácteas, donde se incluyen los líquidos provenientes de la limpieza y lavado de equipos, se descargan en forma intermitente, junto con la existencia (en algunos casos) de un cierto nivel

de recirculación de aguas, como las de refrigeración o las captadas de la condensación, lo que hace variar la cantidad como la composición de los Riles.

La disposición de Riles de plantas lecheras es un problema serio en muchas comunidades. Si ellos son evacuados por medio del alcantarillado de la ciudad, la acidez de los residuos lácteos en descomposición, interfiere en las reacciones químicas de tratamientos posteriores en plantas depuradoras de aguas servidas. Si los Riles son vertidos directamente a los cuerpos de agua provocan olores desagradables y afectan directamente la vida de las poblaciones acuáticas. Investigaciones señalan que las pérdidas de leche en muchas plantas, aún con un manejo cuidadoso de los procesos, van del 1 – 1,3 %, llegando directamente a los alcantarillados (Farrall, 1980).

Otro tipo de industria corresponde a las plantas procesadoras de carnes. En los Riles provenientes de mataderos, el volumen como la carga contaminante, dependen del tamaño de la planta, del número de animales faenados, del nivel de aprovechamiento de los sub-productos, como también del lavado y la limpieza de equipos. Estos Riles provienen de todas las secciones de un matadero, como la sala de faenamiento, donde se generan aguas residuales en el lavado de vísceras y en lavado de canales, son las llamadas vulgarmente “aguas de sangre”, también se generan aguas residuales en el enfriamiento de canales previo a la refrigeración, como ocurre con las aves (Keng, 1994) y en el lavado de los equipos de faena. También se incluyen en estos Riles, las aguas generadas en la limpieza de corrales y camiones de transporte, las cuales contienen desechos fecales en mayor proporción (Seoanez, 1998). Al mezclarse todas estas aguas, se obtienen Riles que poseen gran cantidad de grasas, proteínas, sólidos en suspensión y acentuado color rojo; el pH puede alcanzar niveles cercanos a 7, el que varía por la presencia o ausencia de detergentes y desinfectantes y la DBO puede llegar a 1200 – 1800 mg/L (Madrid, 1979). Es en estos Riles donde adquiere mayor importancia la presencia de Enterobacterias, provenientes del tracto digestivo de los animales faenados, ya que pueden llegar a proliferar y alcanzar los cuerpos de agua receptores, si no son tratados efectivamente (Díaz, 1993).

La industria procesadora de recursos marinos, se puede caracterizar desde el punto de vista del producto final que entrega, ya sea conservas, pescado fileteado o harinas (González, 1997). En la industria pesquera, el flujo de Riles, constituye uno de los mas altos del rubro industrial, por volumen y tipo de desechos, incluso es frecuente que sean eliminados directamente, sin ningún tipo de tratamiento (Díaz, 1993).

Para Ahumada y col. (1989), la industria pesquera genera Riles en tres áreas diferentes las cuales son: las actividades de la flota pesquera, las faenas de descarga y el proceso industrial. Dentro de las actividades de la flota pesquera se pueden identificar aguas provenientes de sentinas de los buques, de limpieza de bodegas y también descargas ocasionales de hidrocarburos provenientes de las faenas de carga de combustible a los buques. En las faenas de descarga se produce agua de sangre, producidas en las acumulaciones de pescado en las bodegas de los buques, las cuales son vaciadas directamente al mar. Asociado a ello, está el hecho de que al aumentar las capacidades de bodega, aumenta el tiempo de permanencia de la pesca en ellas, con un consecuente aumento en las cantidades de esta agua

de sangre. En el proceso industrial, los puntos generadores de contaminación corresponden a los pozos de almacenamiento de la pesca, con la degradación que se produce de ella, además de los Riles generados al pasar esta materia prima por el sistema de prensado, para obtener un mayor porcentaje de sólidos, los cuales son sometidos a centrifugación para separar de ellos el aceite. Los Riles obtenidos en estas etapas, se conocen vulgarmente como “agua de cola”. La composición promedio de los Riles provenientes de estos procesos industriales es de 90 % agua; 0,5 – 1 % proteínas; 1,5 – 1,8 % sales minerales y 4 – 7 % sólidos, fluctuando además, los requerimientos de oxígeno para su biodegradación entre los 450 – 5200 mg/L. Dentro de esta agua se observa la presencia de materia orgánica y grasas saponificables, las cuales forman un compuesto de baja solubilidad y gran adherencia, también es posible observar otros contaminantes tales como detergentes y desinfectantes provenientes del lavado y sanitización de las plantas.

En razón de la literatura revisada y considerando la responsabilidad estatal en la fiscalización del cumplimiento de la normativa existente sobre la disposición final de los Riles, el objetivo del presente trabajo es el diseño y propuesta de un instrumento para recopilar en forma sistemática, información necesaria para la evaluación ambiental de industrias de alimentos, en base a la legislación vigente.

4. MATERIAL Y MÉTODOS.

4.1 MATERIAL.

- Código Sanitario, el cual especifica que es el Servicio Nacional de Salud, el encargado de velar por la eliminación o control de factores, elementos o agentes del medio ambiente que afecten la salud, la seguridad y el bienestar de los habitantes.
- Ley N° 19.300, sobre bases generales del medio ambiente, que señala el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y la conservación del patrimonio ambiental, entre otras.
- Decreto Supremo N° 90, que establece la Norma de Emisión, para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
- Norma Chilena ISO – 14.010. Of. 97, Guías para auditoria ambiental y sus principios generales.
- Norma Chilena ISO – 14.011. Of. 97, Guías generales para auditoria ambiental. Procedimientos de auditoria y auditoria de sistemas de gestión ambiental.
- Documento de trabajo N° 8, de la unidad de capacitación del departamento de recursos humanos, del Servicio de Salud Valdivia, titulado “ Evaluación del aprendizaje y de la evolución”, el cual establece técnicas de observación directa para evaluación a través de encuestas.
- Ficha de Puntajes Totales de Deficiencias (PTD), para establecimientos escolares.
- Tesis de Grado: “Validación de una nueva ficha para inspección de locales de alimentos”, en la cual se propone una manera más objetiva de evaluar locales de alimentos, modificando la ficha PTD oficial.

4.2 MÉTODOS.

El Código Sanitario especifica que es el Servicio Nacional de Salud, el encargado de velar por la eliminación o control de factores, elementos o agentes del medio ambiente que afecten la salud, la seguridad y el bienestar de los habitantes (Chile, 1996).

Sin embargo, los inspectores-fiscalizadores carecen de un instrumento y de la metodología para recolectar la información necesaria en una evaluación o auditoria, por ejemplo, aunque sí se dispone de legislación actualizada, decretos y reglamentos, que regulan el manejo ambiental de residuos industriales líquidos.

En la actualidad el Servicio Nacional de Salud, por ejemplo, aplica una ficha de Puntajes Totales de Deficiencias (PTD), para evaluar locales de alimentos. En su forma, esta ficha consta de cuatro partes, siendo la primera, tercera y cuarta, de orden general y administrativo, mientras que la segunda parte se refiere a la calificación del local. Si bien es cierto esta ficha PTD basa sus puntajes en forma subjetiva, de acuerdo al criterio del evaluador, logra establecer una forma primaria de evaluación, al asignar puntajes en las características que la ficha propone. Debido a ello Beltrán (1999), valida una nueva ficha para inspección de locales de alimentos, pero esta vez para dejar de lado la subjetividad, establece que una forma más apropiada de evaluar es utilizando el sistema de Listas de Corroboración o Listas de Cotejo, en donde lo más importante resulta ser la forma de respuesta que tiene. Ello debido al tipo de juicio que se pide, el cual es un simple “SI – NO”, pero que refleja la presencia o ausencia de una determinada característica, o bien si un acto se efectuó o no, lo que otorga mayor objetividad. Una aplicación similar, es la que hace la Ficha de Puntajes Totales de Deficiencias (PTD), para establecimientos escolares.

Para este trabajo, se diseñó un instrumento que es similar a una ficha PTD modificada, como la utilizada en establecimientos escolares, pero en este nuevo instrumento se aplicaron las directrices señaladas en las Normas chilenas ISO – 14.010 e ISO – 14.011, que sirven de guía para las auditorias ambientales, además de los parámetros definidos como contaminantes que figuran en el D.S N° 90 (Chile, 2000). Con ello, es posible distinguir 5 partes en este instrumento, que son aspectos de tipo general, administrativo, específicos para tratamientos de Riles y datos de muestreo en el efluente, con solicitud de ciertos parámetros. Los aspectos generales y administrativos de la ficha diseñada (Registro de la ficha; Registro de la industria), se completan de acuerdo a la información que entrega la industria, mientras que las otras partes se contestan a modo de encuesta (Registro de los tratamientos; Registro del efluente; Registro del muestreo), contemplando los distintos sistemas de tratamiento de Riles que señala la literatura, además de los parámetros que fija el D. S N° 90, como contaminantes asociados a las descargas. Estas partes de la ficha diseñada se contestan a modo de una Lista de Cotejo, como lo señala el Documento de trabajo N° 8, del Servicio de Salud Valdivia (Chile, 1986) dejando claro la existencia o no de ciertas características que forman parte del proceso en general, el cual también genera información a partir de la toma de muestras, en el efluente. Junto a ello se confeccionó un instructivo de uso exclusivo para el personal encargado de realizar auditorias ambientales, que será personal competente en temas sanitarios como ambientales, que deberá utilizar y completar esta ficha de acuerdo a lo señalado en este instructivo.

En resumen, para la confección del instrumento propuesto como ficha para la evaluación de sistemas de tratamiento de Riles, en industrias de alimentos, y del instructivo para su correcto uso, se siguieron los siguientes pasos:

- Análisis de la legislación vigente y de la bibliografía disponible, sobre el tema de Riles.
- Análisis de las fichas PTD, actualmente en uso, como de la ficha PTD creada por Beltrán (1999).
- Diseño de una primera ficha propuesta, como de su instructivo.
- Revisión de la ficha diseñada y del instructivo correspondiente por un especialista en el tema.
- Corrección de términos, datos e información técnica, tanto en la ficha como en el instructivo.
- Revisión por el especialista, de una segunda versión de la ficha propuesta, como del instructivo.
- Última corrección de datos técnicos y de indicaciones realizadas en el instructivo.
- Diseño definitivo: “Ficha para la evaluación de sistemas de tratamiento de residuos industriales líquidos, en industrias de alimentos” e “Instructivo para el uso de Ficha para la evaluación de sistemas de tratamiento de Riles, en industrias de alimentos”.

La ficha diseñada, constituye un instrumento de recolección de información, que permite al organismo estatal que la aplique (Servicio Nacional de Salud, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección General del Territorio Marítimo, etc.), hacer una evaluación de la situación ambiental en la que se encuentra, de la cual se desprenden exigencias y se fijan plazos para hacer cumplir la legislación vigente. Para la correcta aplicación de este instrumento, se incluye además un instructivo de operación e interpretación correcta de todos los *ítems* considerados.

5. RESULTADOS.

El instrumento diseñado (Anexo 1), corresponde a una ficha propuesta para desarrollar una auditoría ambiental, la cual será implementada por profesionales-fiscalizadores con competencia en el tema sanitario y medio-ambiental, la cual servirá para verificar y contribuir al desempeño medio ambiental de las industrias de alimentos. En la inspección se debe completar todos los datos de la ficha, para ello, la información solicitada corresponde a los datos oficiales entregados por la industria, que serán registrados de acuerdo a lo señalado en el instructivo para el uso de la ficha (Anexo 2). Aquellos datos que necesiten una corroboración por parte del auditor o mediciones que deban hacerse en el lugar, deben completarse de la manera que se indique. Para detallar los resultados, esta ficha se puede separar en sus partes:

Cuadro N° 1. Registro de la Ficha.

FICHA N° _____ / _____ (Asignado por DPA)	
1. REGISTRO DE LA FICHA:	
Fecha de auditoría: ____ / ____ / ____.-	
Auditor: Sr. _____	RUN: _____
Cargo: _____	
Auditado: Sr. _____	RUN: _____
Cargo: _____	

Esta parte corresponde al registro de la misma, fecha del procedimiento, identificación del auditor ambiental y del auditado. Con esto se puede ordenar correlativamente en el tiempo los antecedentes de las auditorías practicadas y si el proceso se aplicase en varias oportunidades, situación que determinará el auditor ambiental líder, se conocerán los antecedentes, tanto del auditado como del auditor, para evitar que en todas las oportunidades que la empresa sea auditada, se repitan las mismas personas, todo lo cual servirá para mantener la imparcialidad y objetividad del procedimiento. El número de la ficha utilizada en la inspección, lo determina el DPA luego de recepcionar este documento en sus oficinas. Para ello, se anotará en un extremo la numeración del documento, el cual corresponderá a un número correlativo, siguiendo el orden de los documentos recepcionados anteriormente y asociado al año en curso, todo representado como una cifra separada del año por un guión.

Cuadro N° 2. Registro de la Industria.

2. DE LA INDUSTRIA:			
Nombre o razón social: _____			
RUT: _____		Giro: _____	
Ubicación: _____		Comuna: _____	
Tipo de industria: CARNES <input type="checkbox"/> LÁCTEOS <input type="checkbox"/> PESCADOS <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>			
N ° Res. Sanitaria: _____		CIIU: _____	
Máxima producción mensual: _____			
Lugar de descarga del efluente: _____		Verificación: _____	
Cuerpo de agua receptor: RÍO <input type="checkbox"/> LAGO <input type="checkbox"/> MAR <input type="checkbox"/>			
Nivel contaminante: BAJO <input type="checkbox"/> MEDIO <input type="checkbox"/> ALTO <input type="checkbox"/>			

En esta segunda parte de la ficha, luego de identificar a la industria, se detalla la parte legal de ella con información oficial entregada por la planta, en referencia al tipo de industria, para tener una visión general del proceso productivo, ubicación, N° de Resolución Sanitaria y código de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), lo cual permite tener un modelo estándar de actividad económica y que puede ser reconocido en forma internacional. También se debe registrar el nivel productivo, para relacionarlo con el tipo de Riles, lugar exacto donde son descargados, lo que debe ser corroborado gracias a la ayuda del sistema de posicionamiento global (GPS) y hacia qué cuerpo de agua son vertidos estos Riles. Ello nos entrega una visión general respecto al manejo de los desechos y la política ambiental de la industria hacia el medio ambiente, lo que podría afectar de igual manera a la población, hecho que se refleja al determinar el nivel contaminante de la industria.

Cuadro N° 3. Registro de lo Tratamientos.

3. DE LOS TRATAMIENTOS:	
Realiza tratamiento de Riles: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
Si la respuesta es afirmativa, continúe con este cuestionario. Si la respuesta es negativa, pase de inmediato al punto 4.	
Tipo de Tratamiento: Marque la (s) respuestas necesaria (s).	

Continuación Cuadro N° 3.

Primario o físico:	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Secundario o biológico:	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Terciario o químico:	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>

En esta primera parte, referida a los tratamientos, se busca determinar si hay o no tratamiento alguno para los Riles. En el caso de ser efectivo, se debe determinar cuál o cuales son los tratamientos realizados, en caso contrario, se debe pasar a contestar el punto 4 de la ficha. Esta parte, como las que siguen se contestan como una Lista de Cotejo.

Cuadro N° 4. Pre-tratamiento de Riles.

3.1 PRE-TRATAMIENTO:

Realiza Pre-tratamiento en los Riles: SI NO

¿Qué tipo de procesos utiliza?:

Cribas: SI NO

Reja de gruesos: SI NO

¿Realiza neutralización de pH?: SI NO

¿Con qué?:

Cal: SI NO

Ácidos: SI NO

¿Existe ecualización de flujo?: SI NO

En todo sistema de tratamiento de Riles, existen procedimientos mediante los cuales se deben minimizar las cargas contaminantes que se encuentran presentes en los vertidos, antes de pasar a otro proceso, ya sea mediante la eliminación física de los contaminantes o del ajuste del caudal o del pH, que corresponde a una propiedad química de los Riles, pero que toma importancia para tratamientos futuros. Como una manera de establecer un procedimiento ordenado en la clasificación de los sistemas de tratamiento y para evitar problemas en los

siguientes tratamientos, ya sea por inconveniencia u olvido en la implementación de este proceso, se debe establecer si existe o no pre-tratamientos de los Riles, además de determinar cuáles son los procesos involucrados en cada uno de los procedimientos que se realizan para ello, ya sea porque los contaminantes, gracias a su tamaño físico son eliminados en esta primera etapa a través de rejas o cribas, que no dejan pasar partículas superiores a los 0,2 mm, o como en el ajuste del pH, llevándolo desde la acidez o la alcalinidad al neutro por la adición de ácidos o cal respectivamente, o determinando el flujo del caudal (ecualización), que será tratado posteriormente por un proceso físico, biológico o químico. Con esto es posible aproximarnos de a poco al nivel de eficiencia del proceso en particular, como también encontrar una posible causa de fallo en el proceso en general, ya que este pasa ser un nivel de especial atención al encontrar deficiencias en los tratamientos posteriores y en sus valores de eficiencia.

Cuadro N° 5. Tratamiento Primario.

3.2 TRATAMIENTO PRIMARIO:			
Sedimentación: SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Flotación: SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
¿Elimina Lodos?: SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Características del Lodo: Humedad: ____ %.			
Nitrógeno: ____ %.			
Fósforo: ____ %.			
La disposición final de Lodos es a vertedero autorizado: SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
¿Cuál? (Indique nombre y ubicación): _____			

¿Existe reutilización de Lodos?: SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
¿En qué?: _____			

Esta parte de la ficha busca profundizar en los procesos utilizados para eliminar físicamente a los contaminantes, que en la mayoría de las industrias de alimentos, constituyen materia orgánica. Esta puede eliminarse, ya que al ser “flotada” por microburbujas inyectadas forzadamente, forman un lodo que se puede eliminar por acción mecánica. Lo mismo ocurre al hacer sedimentar estos contaminantes, ya que al sedimentar las partículas contaminantes, el

lodo formado se elimina desde el fondo de los reactores por medio de palas o rasquetas. Sin dudas, en esta etapa un punto de importancia lo constituye el hecho de que los lodos al ser eliminados, deben cumplir con ciertos requisitos, como el ser incinerados y analizados previo a su disposición final. Es aquí donde se debiera dejar estipulado, en base a la información oficial de la industria, cuál es esta disposición final de los lodos que son eliminados, si eso es efectivo, debe registrarse el lugar de destino y la composición de ellos, tanto en humedad, nitrógeno y fósforo, lo cual los podría convertir en abono y si acaso llegaran a destinarse a la reutilización, debe indicarse en qué.

Cuadro N° 6. Tratamiento Secundario.

3.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO:			
Procesos aeróbicos:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Procesos anaeróbicos:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Lagunaje:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Procesos aeróbicos: Lodos activados:		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Lagunas aireadas:		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Reactores discontinuos secuenciales (SBR):		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Filtro percolador:		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Bio-discos:		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Otros: _____			

Procesos anaeróbicos: Digestión anaerobia:		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Otros: _____			

Lagunaje: Tipo de lagunas: Aeróbicas:		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
N°: _____			
Facultativas:		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
N°: _____			

En esta sección de la ficha se debe determinar los procesos biológicos que son utilizados en la planta de tratamiento de Riles. Se mencionan todos los tipos de procesos involucrados, tanto aeróbicos como anaeróbicos y las combinaciones de ellos, ya sea de los procesos que utilizan “cultivos en suspensión” o aquellos que usan “cultivos en medio fijo”, al igual que la utilización del proceso de lagunaje. En algunos procesos queda abierta la posibilidad de señalar algún método, procedimiento o proceso que no haya sido definido en este trabajo, que pueda de igual manera servir eficientemente en la depuración de los Riles, como así también se debe especificar el número de lagunas que se utilizan en el proceso de lagunaje.

Cuadro N° 7. Tratamiento Terciario.

3.4 TRATAMIENTO Terciario:			
Precipitación Química:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Elimina olores:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Desinfección:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Existen procesos avanzados:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Precipitación Química: Productos usados:			
Sulfato de Aluminio:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Sulfato Férrico:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Polielectrólitos:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Eliminación de olores: Adsorbentes:	Carbón activado:	SI	<input type="checkbox"/>
		NO	<input type="checkbox"/>
	Otro:	_____	
Desinfección: Cloro gas:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Hipoclorito de Sodio:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Luz U.V.:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Ozono:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Procesos avanzados: Intercambio iónico:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Osmosis inversa:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Electrodialisis:	SI	<input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

En esta parte se deben registrar los procesos químicos destinados a la depuración de los Riles. Para ello se mencionan los procesos involucrados en la eliminación física del contaminante, por medio de la precipitación química por ejemplo, como de los productos utilizados en ello. Luego se detallan los procesos involucrados en el más importante procedimiento de depuración de las aguas, la desinfección, que tiene por objetivo impedir la llegada a los cuerpos de agua de microorganismos patógenos que pueden desarrollarse y transmitirse a las personas, constituyendo un foco de infección de algunas y serias enfermedades que afectan a la población. Esta desinfección se puede realizar por medio de una variada gama de productos químicos, también detallados. Para finalizar, se debe registrar si la planta cuenta con procesos químicos avanzados en el tratamiento de Riles, los cuales pueden entregar aguas depuradas a tal nivel, que incluso pueden separar nutrientes inorgánicos, como nitrógeno y fósforo, que provienen de tratamientos anteriores y que pudiesen afectar el medio acuático donde serán vertidos los Riles.

Cuadro N° 8. Del Efluente.

4.DEL EFLUENTE:

De acuerdo a lo señalado en el D. S N° 90, se obtuvo 1 (una), muestra homogeneizada identificada con el nombre de la industria, el nombre del muestreador y la fecha del muestreo, para su posterior análisis de laboratorio.

Marque el (los) análisis solicitado (s):

- | | | |
|---------------------|--------------------------|-------|
| DBO ₅ | <input type="checkbox"/> | |
| Sólidos Suspendidos | <input type="checkbox"/> | |
| Aceites y Grasas | <input type="checkbox"/> | |
| Coliformes totales | <input type="checkbox"/> | |
| Nitrógeno total | <input type="checkbox"/> | |
| Fósforo | <input type="checkbox"/> | |
| pH | <input type="checkbox"/> | |
| Temperatura | <input type="checkbox"/> | |
| Metales (Indique) | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Otros (Indique) | <input type="checkbox"/> | _____ |

Esta parte de la ficha determina la toma de una muestra homogeneizada. Gracias a esta muestra será posible solicitar el análisis de los parámetros descritos en los antecedentes de este trabajo. Por tratarse de industrias de alimentos y poseer características similares en los Riles se sugiere la evaluación de DBO₅, sólidos suspendidos, aceites y grasas, Coliformes fecales, Nitrógeno total, Fósforo, pH y temperatura. Además, el auditado solicitará la determinación de otros componentes en estos Riles, de acuerdo a lo estipulado por la legislación de otros mercados. Ello se define en el casillero “Metales” y “Otros”, indicando los análisis en el espacio correspondiente. Estos ensayos se realizarán en base a lo señalado en el D. S N° 90 y a lo descrito en el Standard methods for the examination of the water and wastewater (A.P.H.A, 1995)

Cuadro N° 9. Del Muestreo.

<p>5. DEL MUESTREO:</p> <p>5.1 TIEMPO DE DESCARGA DEL CAUDAL:</p> <p>Caudal de más de cuatro horas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>Caudal de menos de cuatro horas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>5.2 DATOS DE LA TOMA DE MUESTRAS:</p> <p style="text-align: center;">DATOS DE TOMA DE MUESTRAS PUNTUALES.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">MUESTRA N°</th> <th style="width: 15%;">HORA</th> <th style="width: 25%;">VOLUMEN DEL CAUDAL</th> <th style="width: 25%;">TEMPERATURA</th> <th style="width: 15%;">pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					MUESTRA N°	HORA	VOLUMEN DEL CAUDAL	TEMPERATURA	pH																									
MUESTRA N°	HORA	VOLUMEN DEL CAUDAL	TEMPERATURA	pH																														
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"> _____ Firma y RUN auditado. _____ Firma y RUN auditor </p>																																		

En esta última parte de la ficha, se deja establecido el tiempo de descarga del caudal y los datos de la toma de las muestras puntuales que formarán la muestra homogénea. Aquí se debe establecer el número de muestras tomadas, de acuerdo al tiempo definido de descarga del caudal, hora de la toma de cada una de las muestras, volumen del caudal, temperatura y pH en las muestras. Para finalizar, se pueden hacer las observaciones necesarias, en el espacio indicado para ello.

Con estos antecedentes y luego de anexar los resultados de los análisis solicitados, cuando ya se encuentren procesados, se procede a la elaboración de un informe que será remitido a las partes correspondientes, al auditado y al auditor ambiental líder. En este informe se debe establecer la condición de la industria, hecho que se concluye posterior al análisis de toda la información revisada y presentada por el equipo técnico auditor. La aprobación o reprobación de la industria depende en gran medida del cumplimiento de la Normativa legal, el D. S N° 90 (Chile, 2000), de los límites máximos permitidos para las descargas y de lo señalado por el Mapro (Flores, 2002) en relación al nivel contaminante, ya que es de directa relación con la Salud Pública vale decir, de significancia hacia la salud de las personas, como a la mantención de los cuerpos de agua receptores, los cuales no deben ser afectados por el vertimiento de estos Riles ya tratados.

6. DISCUSIÓN.

Hoy en día, un rol importante de los Organismos Estatales en beneficio de las sociedades de todo el mundo, es mantener el medio ambiente libre de contaminación. Para ello, deben hacer cumplir las normativas legales existentes y actuar a manera de prevenir los posibles daños que se puedan causar a la salud de las personas como las alteraciones que puedan crearse en el medio ambiente, debido al constante crecimiento poblacional e industrial que lleva consigo una serie de problemas ecológicos y sanitarios.

La experiencia de países desarrollados, nos entrega la pauta en la importancia de esta prevención. El caso más dramático quizás, lo constituya lo ocurrido en Japón hacia 1965, donde la aparición de una extraña enfermedad, más tarde conocida como “la enfermedad de Minamata”, fue reflejo de que el amplio desarrollo urbano e industrial, sin control alguno, llevaron a la aparición de esta enfermedad, comprobadamente atribuida a la ingesta y absorción de metil-mercurio proveniente de desechos industriales y presente en el agua que abastecía a la población. Ello hace que en 1967 se promulgase la Ley de Prevención de la Contaminación Ambiental, cuando ya era demasiado tarde y las compensaciones a los ciudadanos afectados era mucho más alta que haber invertido en prevención y control (Matsuo, 2000).

Matus y col. (2000), coincide con Borregard (1999), en que en Chile aproximadamente el 65 % de los Riles son descargados directamente al alcantarillado doméstico. Esta situación también se repite en otros lugares del mundo, como lo indica Johnston (1993), quien señala que en el Reino Unido, como una parte del sistema de control de la contaminación, está el hecho de que las industrias se conectan al alcantarillado para evacuar sus desechos, pero a la vez indica que el inapropiado tratamiento y disposición a este alcantarillado es el principal factor que atenta contra la salud y confort de las personas, en lugares donde los sistemas de alcantarillado municipal son inadecuados. Este hecho lo detalla ampliamente Matus y col. (2000), en su estudio sobre la contaminación del estero Las Cruces, en la comuna de Pudahuel, Chile. Aquí se señala la responsabilidad que le compete a los Servicios de Salud en el monitoreo y control de los niveles de contaminación en los cuerpos de agua, para prevenir los efectos nocivos que puedan tener sobre la salud de las personas.

La necesidad de contar con una política ambiental adecuada, se basa en la constante expansión del sector industrial hacia otros mercados con regulaciones más estrictas para este tipo de temas. Hasta el momento, como señala Borregard (1999), los problemas de contaminación son enfrentados a través de mecanismos de Comando y Control, representados por Normas de emisión y calidad ambiental. Este hecho hace necesario además, que los organismos encargados de establecer estos mecanismos, posean sistemas evaluadores eficientes para llegar a través de auditorías ambientales a todo el sector industrial que debiese ser fiscalizado.

Con la información obtenida de la literatura acerca del tema de Riles, es posible decir que este tema está suficientemente documentado, que de manera alguna existen los recursos destinados a realizar una auditoria ambiental y que es el Departamento de Programas sobre el Ambiente (DPA), el encargado de establecer un procedimiento como este con instrumentos de utilidad, en donde debe ser un hecho de justificada razón para las industrias el ser auditadas en nuestro país y por un organismo oficial, para así asegurar su calidad frente a otros mercados, con regulaciones y políticas medio ambientales más estrictas, además de posicionar a estas industrias en nuestro país como “amigables con el medio ambiente”.

La auditoria ambiental busca determinar conformidad del auditado con los criterios señalados por el auditor ambiental líder, respecto a implementación, mantención, mejoras y continuidad en los sistemas de manejo ambiental. Para el caso de Riles, se debe entender que los denominados Tratamientos, forman parte de un sistema global que incluye estructura organizacional, actividades de planificación, prácticas y procedimientos para mantener políticas ambientales adecuadas a lo estipulado en la legislación.

La objetividad, independencia y competencia en este tema se mantiene al representar el Servicio Nacional de Salud un Organismo Estatal, que debe hacer cumplir los derechos constitucionales de las personas por sobre cualquier otro tipo de razón o conveniencia.

Para el caso del instrumento diseñado como ficha para la evaluación de sistemas de tratamiento de Riles, se puede decir que ésta corresponde desde su tercer *ítem* a una Lista de Corroboración, en donde los procesos presentes en el tratado y vertimiento de efluentes pueden ser características de un producto completo y se puede establecer una forma de evaluación de manera objetiva, dependiendo si se encuentra presente una característica o no o si un acto se realizó o no. Junto a esto se cuenta con la posibilidad de hacer más específico el análisis del funcionamiento de la planta, al tomar muestras de los efluentes para su análisis, lo que nos indicará el nivel de eficiencia del proceso completo.

La información que reúne la ficha, permite analizar el proceso desde la manera en como se enfrenta el problema de contaminación que genera la industria, la forma de la que dispone el tratamiento de los desechos y su nivel de eficiencia, lo cual la hace o no cumplir los requerimientos asignados por la Norma de emisión y calidad ambiental.

Del presente instrumento elaborado, se puede concluir lo siguiente:

- La ficha contempla los aspectos de legislación ambiental necesarios para evaluar sistemas de tratamiento de Riles de industrias de alimentos.
- El sistema de Lista de Cotejo, empleado en la evaluación de los tratamientos, otorga objetividad y sensibilidad para detectar deficiencias.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- AHUMADA, R., A. RUDOLPH. 1989. Residuos líquidos de la industria pesquera: alteraciones ambientales y estrategias de eliminación. *Ambiente y Desarrollo*. 5 (1): 147 – 161.
- A.P.H.A; A.W.W.A; W.E.F. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION., AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION., WATER ENVIRONMENT FEDERATION. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th Ed. A.P.H.A., Washington, U.S.A.
- BARRA, R. 1997. Contaminación de aguas y suelos. Universidad de Concepción, centro EULA. Centro Universitario Internacional Europa-Latinoamérica de investigación y formación en Ciencias ambientales. Curso de especialización para funcionarios públicos, en tratamiento de residuos sólidos y líquidos. Puerto Montt, Chile.
- BELTRÁN, E. 1999. Validación de una ficha para inspección de locales de alimentos. Tesis. Escuela de Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Valdivia, Chile.
- BIRRER, S. 1993. Racionalización del uso del agua en la industria. X Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. AIDIS. Valdivia, Chile.
- BORREGARD, N., E. GONZÁLEZ., J. CASTILLO., R. O' RYAN., H. AGUILÓ.,C. FRIEDMANN., A. ZÚÑIGA., P. ABARCA., J.L. DE GUEVARA. 1999. Instrumentos económicos aplicados al ambiente. Los Residuos Industriales Líquidos. XIII Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. AIDIS. Antofagasta, Chile.
- CHILE. 1916. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. Ley N° 3.133. Neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales.
- CHILE. 1980. MINISTERIO DEL INTERIOR. Decreto Supremo N° 1.150. Constitución Política de la República.
- CHILE. 1986. MINISTERIO DE SALUD. Evaluación del aprendizaje y de la evolución: Técnicas de observación. Documento de trabajo N° 8. Unidad de capacitación. Departamento de recursos humanos. Servicio de Salud Valdivia.
- CHILE. 1990. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. Ley N° 18.902. Ley Orgánica de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

- CHILE. 1992. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. Decreto Supremo N° 351. Neutralización de residuos líquidos industriales descargados en masas, cuerpos de aguas o sistemas de recolección.
- CHILE. 1994. COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Ley N° 19.300. Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.
- CHILE. 1996. MINISTERIO DE JUSTICIA. Decreto N° 1191. Código Sanitario.
- CHILE. 1998. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh – ISO 14.010. Of. 97. 2ª ed. Guías para auditoria ambiental. Principios generales.
- CHILE. 1998. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh – ISO 14.011. Of. 97. 2ª ed. Guías generales para auditoria ambiental. Procedimientos de auditoria. Auditoria de sistemas de gestión ambiental.
- CHILE. 1999. MINISTERIO DE SALUD. Decreto Supremo N° 594. Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
- CHILE. 2000. MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. Decreto Supremo N° 90. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
- CHILE. 2001. COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto Supremo N° 95. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- CHILE. 2001. MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN. Consejo Nacional de Producción Limpia. Chile, país que produce limpio. Política de Producción Limpia 2001 – 2005.
- CID, H. 1997. Técnicas analíticas para el control ambiental de residuos sólidos y líquidos. Universidad de Concepción, centro EULA. Centro Universitario Internacional Europa-Latinoamérica de investigación y formación en Ciencias ambientales. Curso de especialización para funcionarios públicos, en tratamiento de residuos sólidos y líquidos. Puerto Montt, Chile.
- DÍAZ, O. 1993. Impacto ambiental ocasionado por la industria de alimentos. Conferencia. X° Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos y II° Simposio Internacional de Alimentos para Regímenes Especiales. Pucón, Chile.
- FLORES, O. 2002. Presentación de proyecto MAPRO (Manual de Procedimientos). MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. Superintendencia de Servicios Sanitarios. Puerto Montt, Chile.

- GONZÁLEZ, P. 1997. Descripción de las actividades generadoras de residuos líquidos y sólidos. Universidad de Concepción, centro EULA. Centro Universitario Internacional Europa-Latinoamérica de investigación y formación en Ciencias ambientales. Curso de especialización para funcionarios públicos, en tratamiento de residuos sólidos y líquidos. Puerto Montt, Chile.
- HOOD, K., S. ERNST., G. RAMIREZ. 1998. Aspectos sanitarios relevantes en centros de acopio lechero de la provincia de Valdivia. 1995 – 1996. Resúmenes X° Congreso Nacional de Medicina Veterinaria. Valdivia, Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 30 (Extraordinario): 33 – 34.
- JOHNSTON, P. A., M. MacGARVIN., R. L. STRINGER., S. TROENDLE., R. J. SWINDLEHURST. 1993. Sewage: Towards realistic environmental protection. *Water Science and Technology*. 27 (5-6): 481 – 491.
- KENG, C. NG., CH.C. HUXSOLL., L.S. TSAI. 1994. Treatment of poultry chiller water by flocculation. *Journal of Food Process Engineering* 17 (4): 455 – 467.
- KIELY, G. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Mc Graw-Hill Ed., Madrid, España.
- LAU, P. J. 1997. Applying Desinfection Alternatives to Wastewater Treatment. Disponible en: www.pollutionengineering.com , consultado el 08 de Mayo 2002.
- LESCHBER, R. 2002. International Report: Sludge management and related legislation. *Water Science and Technology*. 46 (4 - 5): 367 – 371.
- MADRID, A. 1979. Aprovechamiento integral de subproductos de matadero. G.D.A Asociados, S.A., Madrid, España.
- MATSUO, T. 2000. Japanese experience in water pollution control and wastewater treatment technologies. *Water Science and Technology*. 42 (12): 163 – 172.
- MATUS, N., Y. CAVIERES. 2000. Descargas de Residuos Líquidos Industriales a cursos de agua superficiales y su impacto en el medio ambiente y la salud: Estudio de caso del Estero Las Cruces, comuna de Pudahuel, Santiago, Chile. XXVII Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ABES. Porto Alegre, Brasil.
- METCALF & EDDY, INC. 1995. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen I. 2ª Ed. McGraw-Hill. Madrid, España.
- NACIONES UNIDAS. 1969. Publicación: Clasificación Industrial Internacional Uniforme a todas las actividades económicas. Informes estadísticos. Serie M, N°4, Rev. 2. Nueva York, U.S.A.

- O.M.S. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 1995. Guías para la calidad del agua potable. Vol. I: Recomendaciones. 2ª Ed. Ginebra, Suiza.
- PANNELL, S. 2001. Dilute your water costs. *Dairy Industries International*. 66 (9): 27.
- PARASKEVAS, P. A., D.L. GIOKAS., T.D. LEKKAS. 2002. Wastewater management in coastal urban areas: the case of Greece. *Water Science and Technology*. 46 (8): 177 – 186.
- QUIROGA, M., I. KASAHARA., S. KAISER. 1983. Las aguas residuales de la Industria de Alimentos y su efecto en la contaminación ambiental. *Alimentos*. 8 (4): 46-51.
- RAMALHO, R.S. 1996. Tratamiento de aguas residuales. Ed. Reverté, S.A. Barcelona, España.
- SEOANEZ, M. 1998. Ecología Industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa. Manual para responsables medioambientales. 2ª Ed. Mundi-prensa. Barcelona, España.
- TURRA, N. 1995. Análisis crítico de planta de tratamiento de Riles para una industria procesadora de salmones. Tesis. Escuela de Construcción Civil. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Valdivia, Chile.
- UNDA, F. 2002. Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. Linusa – Noriega Ed., D.F., México.
- WALKER, S. I. 2000. Water Charges: the Modgen formula explained? *International Journal of Dairy Technology*. 53 (2): 37 – 40.
- WALKER, S. I. 2001. Waste water treatment in the dairy industry. *International Journal of Dairy Technology*. 54 (2): 78 – 80.
- ZAROR, C. 1997. Tratamiento de Residuos Líquidos y Sólidos. Estrategias de Minimización de Residuos Líquidos y Sólidos. Universidad de Concepción, centro EULA. Centro Universitario Internacional Europa-Latinoamérica de investigación y formación en Ciencias ambientales. Curso de especialización para funcionarios públicos, en tratamiento de residuos sólidos y líquidos. Puerto Montt, Chile.

8. ANEXOS.

8.1 ÍNDICE DE ANEXOS.

	Pág.
1. ANEXO 1: “Ficha para la evaluación de sistemas de tratamiento de Riles, en industrias de alimentos”	44
2. ANEXO 2: “Instructivo para el uso de Ficha para la evaluación de sistemas de tratamiento de Riles, en industrias de alimentos”	50

ANEXO 1. FICHA PARA LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE RILES, EN INDUSTRIAS DE ALIMENTOS.

FICHA N° _____ / _____
(Asignado por DPA)

1. REGISTRO DE LA FICHA:

Fecha de auditoria: ____ / ____ / ____.-

Auditor: Sr. _____ RUN: _____

Cargo: _____

Auditado: Sr. _____ RUN: _____

Cargo: _____

2. DE LA INDUSTRIA:

Nombre o razón social: _____

RUT: _____ Giro: _____

Ubicación: _____ Comuna: _____

Tipo de industria: CARNES LÁCTEOS PESCADOS OTROS

N ° Res. Sanitaria: _____ CIU: _____

Máxima producción mensual: _____

Lugar de descarga del efluente: _____ Verificación: _____

Cuerpo de agua receptor: RÍO LAGO MAR

Nivel contaminante: BAJO MEDIO ALTO

3. DE LOS TRATAMIENTOS:

Realiza tratamiento de Riles: SI NO

Si la respuesta es afirmativa, continúe con este cuestionario. Si la respuesta es negativa, pase de inmediato al punto 4.

Tipo de Tratamiento : Marque la (s) respuesta (s) necesaria (s).

Primario o físico: SI NO

Secundario o biológico: SI NO

Terciario o químico: SI NO

3.1 PRE-TRATAMIENTO:

Realiza Pre-tratamiento en los Riles: SI NO

¿Qué tipo de procesos utiliza?:

Cribas: SI NO

Reja de gruesos: SI NO

¿Realiza neutralización de pH?: SI NO

¿Con qué?:

Cal: SI NO

Ácidos: SI NO

¿Existe ecualización de flujo?: SI NO

3.2 TRATAMIENTO PRIMARIO:

Sedimentación: SI NO

Flotación: SI NO

¿Elimina Lodos?: SI NO

Características del Lodo: Humedad: ____ %.

Nitrógeno: ____ %.

Fósforo: ____ %.

Disposición final de Lodos a vertedero autorizado: SI NO

¿Cuál? (Indique nombre y ubicación): _____

¿Existe reutilización de Lodos?: SI NO

¿En qué?: _____

3.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO:

Procesos aeróbicos: SI NO

Procesos anaeróbicos: SI NO

Lagunaje: SI NO

Procesos aeróbicos: Lodos activados: SI NO

Lagunas aireadas: SI NO

Reactores discontinuos secuenciales (SBR): SI NO

Filtro percolador: SI NO

Bio-discos: SI NO

Otros: _____

Procesos anaeróbicos: Digestión anaerobia: SI NO

Otros: _____

Lagunaje: Tipo de lagunas: Aeróbicas: SI NO

Nº: _____

Facultativas: SI NO

Nº: _____

3.4 TRATAMIENTO TERCIARIO:

Precipitación Química: SI NO

Elimina olores: SI NO

Desinfección: SI NO

Existen procesos avanzados: SI NO

Precipitación Química: Productos usados: Sulfato de Aluminio: SI NO

Sulfato Férrico: SI NO

Polieléctrolitos: SI NO

Eliminación de olores: Adsorbentes: Carbón activado: SI NO

Otro: _____

Desinfección: Cloro gas: SI NO

Hipoclorito de Sodio: SI NO

Luz U.V: SI NO

Ozono: SI NO

Procesos avanzados : Intercambio iónico: SI NO
Osmosis inversa: SI NO
Electrodiálisis: SI NO

4. DEL EFLUENTE:

De acuerdo a lo señalado en el D. S N° 90, se obtuvo 1 (una), muestra homogeneizada identificada con el nombre de la industria, el nombre del encargado de tomar la muestra y la fecha del muestreo, para su posterior análisis de laboratorio.

Marque el (los) análisis solicitado (s):

DBO ₅	<input type="checkbox"/>	
Sólidos Suspendidos	<input type="checkbox"/>	
Aceites y Grasas	<input type="checkbox"/>	
Coliformes totales	<input type="checkbox"/>	
Nitrógeno total	<input type="checkbox"/>	
Fósforo	<input type="checkbox"/>	
pH	<input type="checkbox"/>	
Temperatura	<input type="checkbox"/>	
Metales (Indique)	<input type="checkbox"/>	_____
Otros (Indique)	<input type="checkbox"/>	_____

5. DEL MUESTREO:

5.1 TIEMPO DE DESCARGA DEL CAUDAL:

Caudal de más de cuatro horas: SI NO

Caudal de menos de cuatro horas: SI NO

5.2 DATOS DE LA TOMA DE MUESTRAS:

DATOS DE TOMA DE MUESTRAS PUNTUALES.

MUESTRA N°	HORA	VOLUMEN DEL CAUDAL	TEMPERATURA	pH

Observaciones: _____

Firma y RUN auditado.

Firma y RUN auditor.

ANEXO 2. INSTRUCTIVO PARA EL USO DE FICHA PARA LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE RILES, EN INDUSTRIAS DE ALIMENTOS.

Información Básica.

En base al conocimiento de la legislación y del tema sanitario y medio-ambiental, se deberá completar la ficha con los datos requeridos sin dejar respuestas en blanco. En su inspección deberá completar todos los datos de la ficha, para ello, la información solicitada corresponderá a los datos oficiales entregados por la industria. Aquellos datos que necesiten una corroboración por su parte, o mediciones que deban hacerse en el lugar, deberá completarlos de la manera que se le indique. En la sección de los tratamientos, deberá completar cada casillero con su adecuada respuesta, aunque ésta sea negativa. No debe aceptar datos o información de análisis sobre componentes en los Riles, realizados por la industria. Debe señalar la toma de muestra, desde el efluente para su posterior análisis. Al finalizar puede hacer diferentes observaciones a los procesos como al sistema en general.

Materiales necesarios para realizar la auditoria:

- 1 bidón estéril de 5 L.
- 8 matraces estériles de 500ml.
- Peachímetro.
- Termómetro.
- Sistema de posicionamiento global.
- Caudalímetro.
- Etiqueta del envase de muestreo.

Ítem 1. Registro de la Ficha.

- Debe comenzar registrando la fecha de la auditoria, su nombre, RUN y cargo en el servicio auditor e identificar de la misma manera a la persona encargada de contestar esta encuesta en la industria.

- La numeración de la ficha se realizará una vez ingresados los documentos a las oficinas del Departamento de Programas sobre el Ambiente (DPA). Esta cifra corresponde al número ordinal de ingreso del documento, separado por un guión del año en curso.

Ítem 2. De la Industria.

- Complete los datos requeridos en esta sección para identificar la industria, por su nombre y datos legales de la empresa.

-Registre qué tipo de industria es. Para ello, se le presentan cuatro alternativas, CARNES - LÁCTEOS - PESCADOS – OTROS. Elija una.

- Solicite al encargado de la planta de tratamiento el código de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) para esta industria, con lo cual se logra establecer un patrón de referencia a nivel internacional a todas las actividades económicas.

- La máxima producción mensual, indicada por la empresa permite determinar el nivel productivo.

- Indique el lugar de destino de las descargas que son vertidas, con la información que le entregue la industria.

- Verifique e indique, con la ayuda del sistema de posicionamiento global, las coordenadas del lugar indicado por la industria, como punto de descarga del efluente.

- Registre el cuerpo de agua receptor. Para ello, se le presentan tres alternativas, RIO – LAGO – MAR. Elija una.

- Registre el nivel contaminante. Para ello se le presentan tres alternativas, BAJO – MEDIO – ALTO. De acuerdo a lo señalado por el Mapro, elija una de ellas.

Ítem 3. De los Tratamientos.

- Establezca la existencia o no de tratamiento alguno, si la respuesta es afirmativa continúe con el cuestionario y defina cuál(es) tratamiento(s), están presentes.

- Si la respuesta es negativa, pase de inmediato al punto 4.

- Cada tipo de tratamiento se encuentra separado de acuerdo a los procesos involucrados en ellos y han sido categorizados como tratamientos primarios, que corresponden a los procesos físicos, tratamientos secundarios, que son los procesos biológicos y tratamientos terciarios que son los procesos químicos.

3.1 Pre-Tratamiento:

- Debe establecer si existe o no pre-tratamiento de los Riles.

- Al determinar que existe eliminación física de contaminantes, debe indicar cuál es el método utilizado, ya sea por la utilización de rejas o cribas, para eliminar sólidos de diámetros superiores a 0,2 mm.

- También debe establecer si existe neutralización del pH o no. Si existiese, debe establecer la forma de hacerlo, ya sea por adición de ácidos o álcalis, como la cal.

- Por último, debe establecer si se ecualiza el flujo de Riles a tratar o no.

3.2 Tratamiento Primario:

- Defina la existencia o no de tratamiento(s) primario(s).
- Gracias a los datos oficiales entregados por la industria, establezca si existe eliminación de los lodos extraídos.
- Indique el análisis de ellos, determinando sus niveles de humedad, nitrógeno y fósforo, lo que hace posible su utilidad como fuente de nutrientes.
- Señale el lugar definitivo donde serán depositados, que debe corresponder a un vertedero autorizado por la autoridad sanitaria.
- Defina su reutilización, indicando en qué actividad se realiza.

3.3 Tratamiento Secundario:

- Establezca la presencia o no de algún proceso biológico, ya sea aeróbico, anaeróbico o por intermedio de lagunaje.
- Si existieran otro procesos no señalados en el presente documento, se deben establecer cuales son y su descripción será breve.
- Detalle los tipos de procesos establecidos, si acaso son aeróbicos, anaeróbicos o sistemas de lagunaje, indicando para este último el número de lagunas utilizadas.

3.4 Tratamiento Terciario:

- Establezca la manera de eliminar químicamente, los contaminantes.
- Detalle los procesos utilizados. Si se utilizan otro tipo de procesos o productos en ellos, señálelos brevemente.
- En caso de existir procesos avanzados de tratamiento de Riles, señálelos.

Ítem 4. Del Efluente.

- Marque en la ficha los casilleros correspondientes a los análisis que solicitará al laboratorio, según lo señalado en el D. S N° 90.
- Indique, en el espacio señalado para Metales y Otros, los requerimientos del auditado para cumplir con normas exigidas por mercados externos.

- Considere que temperatura y pH del efluente se medirá al momento de tomar la muestra.

Ítem 5. Del Muestreo:

- Indique el tiempo de descarga del caudal.

- De acuerdo a lo señalado por el D. S N° 90, se obtendrá una muestra homogénea del lugar de descarga del efluente.

- En caso que la descarga sea de un tiempo superior a las cuatro horas, la muestra homogénea se compone de cuatro muestras puntuales, tomadas cada dos horas.

- En el caso de descargas inferiores a las cuatro horas, se tomarán tres muestras puntuales.

- Cada muestra puntual estará constituida por dos submuestras, de igual volumen (500 ml), tomadas por medio de matraces estériles, desde la superficie e interior, respectivamente, del fluido del efluente. Todo ello se lleva a un bidón de 5 L estéril, en donde se obtiene el homogeneizado de muestras.

- En cada muestra puntual se debe registrar el caudal del efluente. Si la industria posee caudalímetro, el volumen del efluente registrado en los datos de toma de muestras puntuales, debe ser el indicado por este caudalímetro. En el caso contrario, debe indicarse el volumen registrado en el caudalímetro del auditor.

- Deberá medir en el momento de tomar las muestras, la temperatura de ellas, como así también el pH por medio de termómetro y peachímetro, respectivamente.

- Registre en los datos de toma de muestras puntuales, el número de cada muestra puntual, la hora en que fue tomada, el volumen de la descarga, la temperatura y el pH registrados anteriormente.

- Con la información registrada, identifique el bidón con su respectiva etiqueta, en la cual se señala el nombre de la industria, el nombre del encargado de tomar la muestra, la fecha del muestreo y los análisis solicitados, idénticos a los señalados en el ítem 4 (Del Efluente), de la ficha.

-Para finalizar la auditoria en el lugar, anote todas las observaciones al final de la ficha, en el espacio destinado para ello y concluya el procedimiento registrando su firma y RUN, junto a los mismos del auditado.

9. AGRADECIMIENTOS.

A la Dra. Erika Gesche R., por su valiosa ayuda, constante guía y apoyo para llevar a cabo este trabajo.

Al Dr. Guillermo Ramírez A., por su ayuda, consejo y buena disposición durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Rodrigo Durán M. y Sra., por su constante interés, apoyo, guía y comprensión en la realización de este trabajo.

A Silvana, por su apoyo y amor en estos años.

A mis amigos Karim y Diego, por su valioso apoyo.

A mis compañeros, Jorge y Marcela, Pablo, Jorge L, Cristian, Joel, Marcelo y Eduardo, por su apoyo y la amistad fundada en estos años de carrera.

A todas aquellas personas que sabiendo del desarrollo de este trabajo, manifestaron sus buenos deseos en el término de éste.