

800.2209  
C. 2209  
2003

INFORME TECNICO FINAL  
CODIGO PROYECTO: 201-2948

**TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS  
PROVENIENTES DE DESTILERÍAS PISQUERAS  
MEDIANTE EVAPORACIÓN FORZADA.**

Empresa beneficiaria : Cooperativa Agrícola Control Pisquero de Elqui y Limari Ltda.  
Entidad ejecutora : Cooperativa Agrícola Control Pisquero de Elqui y Limari Ltda.

Julio 2003

## INDICE

	Pág.
1. Resumen Ejecutivo .....	1
1.1 Antecedentes de la empresa .....	1
1.2 Resumen del proyecto .....	1
1.3 Resultados y conclusiones .....	2
2. Especificación del proyecto .....	3
2.1 Objetivos técnicos del proyecto .....	4
2.2 Alternativa tecnológica propuesta .....	4
3. Metodología y plan de trabajo .....	5
3.1 Metodología .....	5
3.2 Plan de trabajo .....	7
4. Discusión de resultados .....	8
5. Conclusiones .....	10
6. Impacto asociado al proyecto .....	10
Referencias .....	12
Anexos .....	

## **1. RESUMEN EJECUTIVO.**

### **1.1 Antecedentes de la empresa.**

La gran crisis económica de 1930, fué causa de inestabilidad para empresas del tipo familiar como lo eran hasta el momento las relacionadas a la actividad pisquera. Así es como en 1931, nueve de estas empresas se unen informalmente con el objetivo de establecer un “control” de calidad y producción. Finalmente, el 26 de Octubre de 1933 esta organización de agricultores del Elqui adopta la forma de cooperativa formándose legalmente la “Cooperativa Agrícola Control Pisquero de Elqui Limitada”. Posteriormente se ampliaría hacia el valle del Río Limarí.

Actualmente, está constituida por aproximadamente 900 socios, con una producción de 53 millones de kilos de uva y 3500 Hectáreas de plantación.

El personal de le empresa es de 480 personas que laboran en 7 plantas productoras de alcohol entre la III y IV región, 10 oficinas a lo largo del país y la planta embotelladora y Casa Matriz en la Serena.

La participación de mercado de la empresa es de un 40%. La comercialización es del tipo directa con fuerza de venta propia y cobertura nacional. Los principales canales son Supermercados, mayoristas y botillería.

Las marcas más vendidas son: Pisco Control (Segmento D), Pisco Campanario, Pisco La Serena (Segmento C2 y C3) con sus respectivas líneas Sour; Pisco Tres Erres (Segmento C2); Pisco Mistral, Pisco Gran Control de Guarda (Segmento ABC1).

### **1.2 Resumen del proyecto.**

Al termino de la destilación batch de vinos pisqueros se genera un liquido residual en los alambiques, agotado en alcohol, el cual se denomina vinaza. Dicho ril tiene pH ácido (3,0-3,6), alta temperatura de descarga (80-90°C) y alta DBO<sub>5</sub> (20.000 mgr/lit).

El sistema anaeróbico utilizado en el exterior y recomendado por literatura es inaccesible desde un punto de vista económico.

En el presente proyecto se plantea un sistema innovativo piloto de tratamiento basado en una evaporación forzada por pulverización de la vinaza. Esto se lleva a cabo en un estanque impermeabilizado y cerrado perimetralmente. En el, la vinaza es pulverizada por boquillas con el objetivo de evaporar el agua incrementando la tasa natural. Aquella fracción de liquido que no se alcanza a evaporar instantáneamente, vuelve al estanque con oxígeno incorporado desde el aire en forma natural. Esto permite que el ril conserve las características de la vinaza fresca durante todo el periodo de tratamiento.

### **1.3 Resultados y conclusiones.**

La tasa de evaporación forzada promedio lograda ( $10,3 \text{ m}^3/\text{día}$ ) permite evaporar toda la vinaza de la temporada, resultando un sólido residual al termino del período.

La estabilidad encontrada en las características fisicoquímicas (pH, Oxígeno disuelto, potencial redox) y microbiológicas (DBO<sub>5</sub>, DQO, recuento de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos) que presenta el ril a lo largo del proceso, son consecuentes con la observación sensorial de ausencia de malos olores y de reacciones de descomposición.

El estudio realizado sobre los sólidos residuales generados al final de temporada indica que estos son utilizables como mejoradores de suelo por su contenido en nutrientes.

En conclusión se comprueba que el sistema propuesto es factible técnicamente de tratar el ril denominado vinaza. Al mismo tiempo las inversiones asociadas lo hacen factible económicamente de implementar en las plantas productoras de alcohol.

## **2. ESPECIFICACIÓN DEL PROYECTO.**

Una vez terminada la fermentación del mosto de uva, el vino producido se somete a una destilación. Esta etapa realizada en procesos batch, con volúmenes unitarios de 1400 lt, tiene por objetivo separar el alcohol. Como resultado, al término de dicha etapa, en el alambique permanece un residuo líquido correspondiente al vino ya sin alcohol, denominado vinaza. Los volúmenes descargados por batch, el que dura entre 10 a 12 horas, son aproximadamente de 1000 lt por alambique.

En la Cooperativa Control Pisquero existen 9 plantas distribuídas, para la III y IV Región, entre los valles del Choapa y Huasco, concentrándose en el Valle del Limari alrededor del 70% de la uva pisquera.

Con un potencial de destilación de 40 millones de litros de vino, la cantidad de vinaza a generar en el total de plantas asciende aproximadamente a los 30 millones de litros. Las capacidades de destilación varían entre los 4 y 24 alambiques por planta.

El período de destilación de vinos comprende aproximadamente del mes de Abril a Noviembre.

Las características de este RIL que no cumplirían con las Normas Técnicas de Descarga que están contenidas en documento emitido por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, son principalmente:

- pH . Los valores son del orden de 3-3,6 , correspondiente a rango ácido.
- Temperaturas de descarga del orden de 80-90 °C.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: del orden de 20.000 ppm.

En la industria pisquera en general, lo que tradicionalmente se ha hecho es almacenar el RIL en estanques o bien esparcirlo en terrenos eriazos. El almacenamiento tiene el inconveniente de generación de malos olores, eventuales infiltraciones en un área muy pequeña de terreno y el riesgo de contaminar cursos de aguas superficiales próximos a estos estanques. Por otro lado, esparcir la vinaza con camiones cisternas no constituye una solución, dado al riesgo de contaminación por infiltración a napas subterráneas. Adicionalmente, se puede producir una saturación del terreno debido a las sales y sólidos depositados requiriéndose un manejo de grandes áreas y un tránsito vehicular permanente para el traslado de la vinaza.

El sistema anaeróbico utilizado en el exterior y recomendado por literatura es inaccesible desde un punto de vista económico.

Luego, se requieren alternativas accesibles económicamente y que sean efectivas desde un punto de vista técnico. La evaporación forzada de la vinaza, mediante una pulverización por atomización parece ser una alternativa, pero no ha sido probada.

## **2.1 Objetivos Técnicos del proyecto.**

Se propone una nueva alternativa para el tratamiento de la vinaza. Esta consiste en una evaporación forzada por pulverización.

Los **objetivos** del proyecto son:

- (1) Caracterizar el sistema de tratamiento de vinaza a nivel industrial .
- (2) Controlar y manejar las variables incidentes para que el sistema sea técnica y económicamente factible de tratar el total del efluente generado por una planta de destilación.
- (3) Establecer el carácter descontaminante del tratamiento propuesto.

Los **indicadores de éxito** son:

- (1) Tasa de evaporación mínima a lograr dadas las condiciones ambientales (Planta Piloto de Pisco Elqui) para que la capacidad volumétrica del estanque de recepción no sea superada durante toda la temporada de destilación. La tasa promedio requerida es 10 m<sup>3</sup>/día, asumiendo que se debe evaporar toda la vinaza de la temporada en 10 meses.
- (2) Ausencia de malos olores y descomposición orgánica. Se debe comprobar que el líquido no entre en etapa de descomposición que pueda generar malos olores.

Esto se evalúa a través de:

- Análisis microbiológico: no exista aumento de población de bacterias anaeróbicas.
- pH: se mantengan las condiciones originales.
- DBO<sub>5</sub> , DQO : mantención o disminución.
- Oxígeno disuelto: mantención o aumento.
- Potencial redox: mantención o aumento del potencial oxidante en el medio.

## **2.2 Alternativa Tecnológica propuesta.**

Se plantea un sistema piloto de tratamiento basado en una evaporación forzada por pulverización de la vinaza.

El sistema se inicia con un tratamiento primario para reducir la cantidad de sólidos en suspensión y la DBO<sub>5</sub>, por medio de un sedimentador. Desde estas lagunas , la vinaza es succionada y levantada con bombas de alta presión y alto caudal. Se lleva por una red de conducción hasta boquillas especiales que se encuentran sobre el mismo estanque. De allí la vinaza sale pulverizada y la fracción que no se alcanza a evaporar en la caída es recepcionada en el estanque. Para evitar riesgos de difusión al ambiente, el sector circundante a las lagunas es cerrado.

Los **fundamentos teóricos** indican que el comportamiento del proceso depende de:

- El tamaño de las gotas. Lo determina una adecuada elección de la boquilla pulverizadora y sistema de impulsión, de tal manera de asegurar que la boquilla no se obstruya por la presencia de los sólidos, y que su capacidad de atomización y de flujo volumétrico procesado sea máxima.

- Condiciones ambientales. Es decir, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa. Al respecto, las condiciones climáticas de la región potencian las capacidades del sistema de tratamiento expuesto.

Sin embargo, el presente procedimiento simultáneamente al aumentar la tasa de evaporación, satisface parcialmente la DBO, aumenta el oxígeno disuelto instantánea y permanentemente, y enfría el RIL. Las temperaturas alcanzadas y la oxigenación parcial, unidos al pH ácido de la vinaza, le deben conferir al sistema suficiente estabilidad temporal para que la evaporación se lleve a cabo sin problemas de olores, durante todo el período de destilación.

Al término de la temporada de destilación se obtiene un sólido que por su origen debe ser rico en nutrientes, y por lo tanto es utilizable en el enriquecimiento de suelos.

### **3. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.**

#### **3.1 Metodología.**

##### **(a) Recolección de datos.**

##### **(a.1) RIL Vinaza.**

Los parámetros utilizados para caracterizar el estado del RIL fueron:

- Temperatura.
- pH.
- Oxígeno Disuelto.
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y/o demanda química de oxígeno (DQO).
- Potencial de oxidoreducción.
- Volumen de descarga y acumulado.
- Análisis microbiológico.

La temperatura del líquido, pH y Potencial redox se midieron con un intervalo de 15 minutos, usando Data Logger. El oxígeno disuelto se midió tres veces al día dado que el sensor resultó ser demasiado sensible como para estar sumergido permanentemente en la vinaza.

La DBO<sub>5</sub> y DQO se midió una vez a la semana.

El análisis microbiológico se realizó 1 vez por semana. Consistió en termófilos aerobios y anaerobios, y en mesófilos aerobios y anaerobios.

Adicionalmente se caracterizaron las condiciones ambientales diarias dentro del estanque en términos de la humedad relativa, temperatura ambiente y velocidad del viento. La humedad y temperatura se leyeron cada 15 minutos y la velocidad del viento tres veces al día.

Las condiciones ambientales externas al estanque fueron obtenidas de la estación meteorológica existente dentro de la misma planta, ubicada a 300 mt de distancia.

#### **(a.2) Sólido residual.**

La etapa de caracterización del sólido se llevó a cabo con un diseño experimental que estudió:

- 3 tipos de suelos: arcilloso, media y arenoso.
- 2 tipos de cultivos: nehuén y strigosa.
- 6 diferentes dosis de residuo sólido: 0, 40, 80, 120, 160 y 200 Kg de Nitrógeno equivalente/ha.
- 3 repeticiones

#### **(b) Análisis de resultados**

Se realizó un seguimiento de tales variables y se establecieron los balances de masa que permitieron establecer cuantitativamente a través del tiempo la eficiencia del sistema para evaporar y la calidad del ríl que permanece sin evaporar. De acuerdo a los cambios climatológicos y características de la vinaza se identificó la mayor o menor incidencia de las mismas variables en la optimización del sistema.

Los parámetros fueron tabulados y graficados en función del tiempo. Se calcularon valores promedios por períodos de tiempo, desviaciones estándar, máximos y mínimos, para establecer tendencias y rangos de variación.

Los resultados de caracterización de sólidos y uso en suelos se evaluaron en términos de los respectivos análisis foliares y de suelo, de las curvas de producción y análisis de varianza de los valores de Materia Verde.

Las referencias bibliográficas consultadas corresponden a las originalmente reportadas en la presentación de postulación. Esto debido a que no se encontraron antecedentes nuevos.

### 3.2 Plan de trabajo.

La Planta Piloto se ubicó en la Planta de Pisco Elqui a escala industrial. Esto es, para tratar la totalidad de la vinaza generada por dicha Planta: 18 m<sup>3</sup> /día.

El estanque de tratamiento está impermeabilizado con láminas de 1 mm de espesor de polietileno de baja densidad. Las dimensiones del estanque son aproximadamente 38 mt x 25 mt x 2 mt. El sistema de conducción interno del estanque, impulsión, tendido eléctrico e instalación de boquillas se encontraban instalados previo al inicio del proyecto. Solamente faltaba el sistema de conducción desde la sala de destilación hasta el estanque de tratamiento.

Luego, el programa de ejecución consistió básicamente en la caracterización del comportamiento del sistema (RIL, sólido) con la siguiente secuencia temporal:

- Instalación del sistema de conducción de vinaza desde la sala de destilación al estanque de tratamiento. (Mes 1) (Marzo 2002)
- Puesta en marcha del sistema de tratamiento. ( Mes 1 – Mes 2) (Marzo – Abril 2002)  
Esta etapa consistió en la marcha blanca del sistema a fin de ajustar su funcionalidad.
- Funcionamiento y caracterización del comportamiento del sistema de tratamiento en base a la medición de parámetros fisicoquímicos, bioquímicos y ambientales; realización de cálculos de rendimiento ( Mes 4 - Mes 7) (Junio – Septiembre 2002)  
La medición y recolección de parámetros para caracterizar el sistema se realizó tanto en terreno como en laboratorio.
- Evaporación total de la vinaza. Al término de la destilación se llevó a cabo la evaporación total de la vinaza y el posterior deshidratado de los sólidos residuales. (Mes 8 Mes – Mes 12) (Octubre 2002 – Febrero 2003)
- Caracterización de los sólidos subproductos del tratamiento y realización de pruebas dirigidas a determinar su potencial uso. ( Mes 13 - Mes 16) (Marzo – Junio 2003)
- Cálculo y resultados finales (Mes 16 ) (Junio 2003)

Algunos de estos análisis se realizaron en laboratorios de la Universidad de La Serena, debiendo disponerse de reactivos específicos. En otros casos se recurrió a contratar servicios externos (ESSCOLAB, Laboratorio Central ULS).

Se adjunta Carta Gantt, con las actividades realizadas por mes.

#### **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

Las DBO<sub>5</sub>, DQO y microorganismos son graficados en función del tiempo (Gráficos 1.a , 1.b y 1.c) y tabulados (Tabla 1).

Las condiciones ambientales del sector son presentadas en la Tabla 2.a, 2.b y 2.c.

En la tabla 3 se presentan los factores ambientales promedio del exterior y al interior del estanque.

En la Tabla 4 se resume el calculo de la tasa promedio de evaporación lograda, por quincena de mes.

En los gráficos 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se representan, en función del tiempo, las variables pH, Oxígeno Disuelto, potencial redox, temperatura, velocidad del viento y humedad relativa al interior del estanque de tratamiento. A estas se les calcula su promedio, desviación estándar, valores mínimos y máximos.

Se anexan fotos correspondientes al sistema trabajando.

Los resultados obtenidos a partir del comportamiento de los parámetros medidos durante el periodo de trabajo del sistema comprendido entre el 24 de Junio y el 29 de Septiembre del año 2002, fueron los siguientes:

- 4.1 pH.** Del gráfico 2 adjunto se observa que el pH se mantiene estable con pequeñas variaciones en el rango 2,8 – 3,5, con un promedio de 3,1, desviación estándar de 0,12, valor máximo 3,65 (3/9/2002) y valor mínimo 2,84 (27/6/2002). Los valores más ácidos corresponden a los primeros y a los últimos días de acumulación. La basificación observada se concentra en el mes de Agosto e inicios de Septiembre, coincidiendo con los mayores volúmenes de vinaza acumulada en el estanque. Sin embargo, aún constituye una barrera natural efectiva para la proliferación de microorganismos. Esto dado la baja población de mesófilos aeróbicos y la nula presencia de microorganismos anaeróbicos hasta esa fecha (Tabla 1 y gráfico 1.c).
- 4.2 Oxígeno disuelto.** En el gráfico 3 adjunto la mayor variación puntual (23-24/7/2002), está aparentemente asociadas a los eventos de mayor pluviometría. En promedio el valor está en el rango de 0,7 ppm con una desviación estándar de 0,48. El valor máximo medido fue de 4,25 (24/7/2002) y el menor fue de 0,06 (10/8/2002). Sin embargo, estos valores son absolutamente puntuales pero muy desviados del promedio originando una alta desviación estándar. Por otro lado, la vinaza fresca es descargada al estanque con valores del orden de 3,9 ppm. Esto es importante dado que la vinaza acumulada que retorna al estanque después de ser pulverizada, lo hace con un contenido aproximado de oxígeno de 4,6 ppm. Esto indica la efectividad del sistema para oxigenar el líquido que no alcanza a ser evaporado en la caída. En este parámetro se reconstituyen las condiciones del ril recién generado.
- 4.3 Potencial de oxido-reducción.** En el gráfico 4 adjunto se concluye que no existen grandes fluctuaciones de este parámetro, excepto en casos puntuales entre el 12 y el 14/8/2002. Se observa una tendencia a la disminución, pero con valores mayoritariamente siempre sobre los 80 mv. El promedio calculado fue de 113,5mv con una desviación estandar de 14,5, valor máximo 160,8 (24/7/2002) y valor mínimo 41,2 (12/8/2002).

**4.4 DBO y DQO.** De la Tabla 1 adjunta se observa que no existen grandes variaciones de DBO<sub>5</sub> entre el rango 15.000 – 27.000 mg/lit , durante casi la totalidad del período de trabajo del sistema. Si se presenta una tendencia al aumento con dos valores máximos: el 5/09/2002 se lee 35.693 mg/lit coincidiendo con que el sistema estuvo detenido desde el 4/09 al 6/09/2002 por mantención; sin embargo, al entrar en funcionamiento nuevamente este valor baja a rango de 23.000 mg/lit. Un día después que el sistema termina de trabajar en la temporada alcanza un valor de 54.500 mg/lit.

Este efecto está influenciado mas que nada por el aumento esperado de la concentración de sólidos al irse agotando la cantidad de vinaza en el estanque. No hay reacciones de descomposición observadas ni sensorialmente , ni cuantitativamente, esto confirmado por la cantidad de microorganismos medidos (Tabla 1).

La DQO es mucho mas estable en su comportamiento con rangos entre 25.000 y 35.000 mg/lit. Los máximos observados corresponden a los mismos registrados en la DBO, con valores de 46.700 y 81.600 mg/lit, y cuyo origen ya han sido explicados.

Estos parámetros indican y confirman que durante la temporada de destilación es posible mantener las características de la vinaza fresca, sin que se generen reacciones de descomposición, ni malos olores.

**4.5 Tasa de evaporación.** De la Tabla 4 se calcula una tasa promedio de 31,7 lt/boquillaxdía al final de la temporada. Con una cantidad de 325 boquillas, esto corresponde a 10,3 m<sup>3</sup>/día por evaporación forzada. La tasa de evaporación natural promedio del período corresponde a 1,7 m<sup>3</sup>/día. Por lo tanto, resulta una tasa total promedio de evaporación igual a 12 m<sup>3</sup>/día.

Debe hacerse notar que durante la mayor parte del período de trabajo la tasa de evaporación forzada estuvo sobre los 40 lt/boquillaxdía. Solamente durante la última quincena dicha tasa baja, cuando ya no hay generación de vinaza y el sólido de la temporada comienza a concentrarse.

El aumentar o disminuir la capacidad de evaporación pasa por aumentar o disminuir el número de boquillas, confiriéndole al sistema características de modularidad. Esto permite fácilmente calcular e implementar el sistema para diferentes tamaños de planta.

En las Tablas 2.a, 2.b, 2.c, 3 y en los gráficos 6 y 7 se presentan las condiciones ambientales existentes en el exterior y en el interior del estanque. El resumen informado en la tabla 3 de valores promedio por quincena indica en primer lugar la efectividad del cierre perimetral para controlar el viento y por consecuencia impedir la difusión al entorno. En segundo lugar, está el aumento de humedad relativa dentro del estanque con respecto al exterior indicando precisamente el efecto buscado de evaporación del sistema.

**4.6 Caracterización de sólidos.** De todas las pruebas realizadas el mejor resultado obtenido corresponde a suelo arcilloso por su efecto de mayor capacidad tampón, con una producción de materia verde de cultivo strigosa de 78,3 g MV/4 dm<sup>3</sup>. La dosis corresponde a 106,8 Kg N/ha.

El contenido encontrado en macronutrientes en el sólido es de 3,71% N total, 0,2% N soluble, 0,46% P y 1,09 % K. Los valores de NPK foliares,

así como los niveles de calcio y magnesio obtenidos por análisis de la materia verde se observan normales. De igual modo se observa esto para las muestras de suelo correspondientes al material vegetal cortado. Situación similar se encuentra con los valores de hierro, manganeso y zinc. La concentración de cobre soluble detectada es de 2392 mg/Kg residuo. Sin embargo, las muestras foliares presentan bajos valores de cobre absorbido.

Se confirma la utilización del sólido como fertilizante. Adicionalmente se puede aumentar la solubilidad del nitrógeno disolviendo previamente el sólido en solución ácida. Debido a esto, naturalmente surge como alternativa futura aplicar la vinaza en estado concentrado (sólidos altamente concentrados en solución ácida al final del tratamiento de evaporación).

## **5. CONCLUSIONES.**

5.1 La tasa de evaporación forzada lograda es de 31,7 ltxboq/día

5.2 Las variables fisicoquímicas, bioquímicas y microbiológicas indican estabilidad del ril durante el periodo de funcionamiento del sistema.

5.3 Los sólidos residuales de la vinaza pueden ser utilizados como mejorador de suelos.

5.4 El sistema propuesto es capaz de tratar el total de la vinaza generada por la Planta de Pisco Elqui.

5.5 Los parámetros de éxito planteados fueron alcanzados.

5.6 El sistema es aplicable a otras plantas dadas sus características modulares de diseño (dimensiones de estanque, número de boquillas) y lo accesible de su inversión frente a las alternativas tecnológicas que ofrece el mercado.

## **6. IMPACTO ASOCIADO AL PROYECTO.**

Dicho sistema ha demostrado ser factible técnicamente de solucionar el problema de tratamiento de riles. Adicionalmente, es factible económicamente de ser implementado en todas las plantas productivas de la Cooperativa.

No desarrollar e implementar una solución para el problema contaminante de las vinazas se traduce en impactos negativos como:

- Continuas multas y eventual cierre de las plantas. Esta última situación tiene un impacto negativo dramático en la rentabilidad de esta o cualquier empresa.
- Desventaja de competitividad con productos importados que ingresan al mercado nacional y con productos similares en el mercado externo. Hasta el momento solo puede ser evaluado como costo imagen. Sin embargo, los tratados internacionales de libre comercio en algún momento se traducirán en barreras medio-ambientales para la introducción de productos.

Por otro lado, es recomendable no olvidar comparar el tratamiento propuesto con el mayor costo de las alternativas tecnológicas existentes. Algunas de ellas probadas pero con costos prohibitivos de acceder.

Dada esta factibilidad técnica y económica del sistema de tratamiento estudiado, Control Pisquero se ha propuesto implementar dicho sistema en la totalidad de sus plantas productoras de alcohol.

Adicionalmente, se esta sometiendo la Planta de Pisco Elqui al Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) a través de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Dicha declaración se estará entregando en COREMA en el mes de Julio 2003.

La rendición de gastos se realiza en detalle en el Informe Financiero anexo.

## REFERENCIAS.

- 1.- Jenicek, P. et al. Water Science and Technology. 1994, 30 : 3 , 157-160.
- 2.- Damos, J. et al. Acta biotecnologica. 1994, 14 : 3 , 283-292.
- 3.- Lettinga, G. et al. Renewable energy : sources for fuels and electricity. 1993, 817-839.
- 4.- Driessen, W. et al. Water science and technology. 1994, 30 : 12 , 193-201.
- 5.- Rochard, J. et al. Los efluentes vinícolas. Técnicas de reducción de la carga contaminante. I Seminario Franco- Chileno. Ciencias y Tecnologías del vino. 1996.
- 6.- Comunicación interna con Dipl. Ing. P. Siggelkow. Solar Institut Jülich. Alemania.
- 7.- Effluents de distillerie. Chambre D'Agriculture - BNIC. Septiembre 1994. France.
- 8.- Proposición técnica a Pisco Control de sistema de tratamiento anaeróbico para vinaza. ADI Systems Inc. 1994.
- 9.- Orientaciones para la evaluación de impacto ambiental de proyectos de saneamiento. [http:// www.conama.cl](http://www.conama.cl)
- 10.- Documento interno Pisco Control.
- 11.- Informe emitido por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA. La Serena. 1999.
- 12.- Investigación agraria. Producción y protección de vegetales. 1993 , 8 : 1, 37-48.
- 13.- Journal of the Science of Food and Agriculture. 1993 , 61 : 2 , 155-160.
- 14.- Journal of enviromental Biology. 1994, 15 : 3 , 171-175.
- 15.- Sugarcane : agro industrial alternatives. 1995 , 401-403. Oxford Publishing Co. New Delhi . India.
- 16.- Water Science and Technology. 1989 , 21 : 12 , 1853-1856.
- 17.- Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1993 , 22 : 5 , 876-883.
- 18.- Livestock. Research for Rural Development. 1991 , 3 : 1 , 41-46.

**ANEXO . Programa de ejecución realizado del proyecto**

Actividad 1. Instalación del sistema de conducción de vinaza.

Actividad 2. Puesta en marcha del sistema

Actividad 3. Funcionamiento y caracterización del sistema de tratamiento. Mediciones, recolección de datos y cálculos.

Actividad 4. Evaporación total de la vinaza y deshidratado del sólido residual.

Actividad 5. Caracterización de los sólidos residuales

Actividad 6. Cálculos y resultados finales.

Actividades	Periodos															
	Periodo 1						Periodo 2									
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Actividad 1																
Actividad 2																
Actividad 3																
	Informe Avance 1															
Actividad 4																
Actividad 5																
Actividad 6																
							Informe Final									

Mes 1: Marzo 2002

Mes 16: Junio 2003

Tabla1. Caracterización bioquímica y microbiológica de la vinaza en el estanque

Fecha	DBO5 (mg/lt)	DQO (mg/lt)	Termófilos aerobios (UFC/ml)	Termófilos anaerobios (UFC/ml)	Mesófilos aerobios (UFC/ml)	Mesófilos anaerobios (UFC/ml)
27/06/02	19000					
03/07/02	18000	36500	Negativo	Negativo	9,00E+03	Negativo
11/07/02	17500	44000	Negativo	Negativo	9,00E+03	Negativo
18/07/02	27000	44100	Negativo	Negativo	1,60E+04	Negativo
25/07/02	15000	24900	Negativo	Negativo	2,90E+04	Negativo
02/08/02	22500	33500	Negativo	Negativo	2,90E+04	Negativo
09/08/02	24242	38500	Negativo	Negativo	2,90E+04	Negativo
19/08/02	24242	44800	Negativo	Negativo	6,40E+04	Negativo
23/08/02	27387	40300	Negativo	Negativo	8,70E+04	Negativo
30/08/02	24242	38400	Negativo	Negativo	9,50E+04	Negativo
05/09/02	35693	46700	Negativo	Negativo	2,10E+05	Negativo
13/09/02	27273	34700	Negativo	Negativo	8,70E+05	Negativo
23/09/02	22500	34700	Negativo	Negativo	4,90E+05	Negativo
30/09/02	54545	81600	Negativo	Negativo	9,10E+05	Negativo

Tabla 2.a Condiciones ambientales. Julio 2002

Fecha	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura Bulbo Húmedo (°C)	Recorrido del viento (Km/día)	Evaporación natural (mm)	Velocidad del viento (m/sg)
01/07/02	14,0	4,2	68,3	6,7	32,84	1,8	0,38
02/07/02	11,6	7,4	83,0	8,6	12,80	1,8	0,15
03/07/02	16,2	3,8	55,7	5,3	19,36	2,0	0,22
04/07/02	10,4	5,0	64,3	4,5	38,13	2,0	0,44
05/07/02	10,0	4,4	67,0	4,4	44,87	1,0	0,52
06/07/02	15,2	2,6	54,7	4,7	45,42	2,0	0,53
07/07/02	21,6	6,0	28,7	6,2	33,84	3,1	0,39
08/07/02	22,2	7,8	27,0	6,1	36,18	3,1	0,42
09/07/02	23,2	7,8	27,7	6,7	31,18	3,0	0,36
10/07/02	23,4	8,4	24,7	6,7	32,98	2,2	0,38
11/07/02	23,4	9,2	28,0	6,3	29,02	4,0	0,34
12/07/02	25,2	11,0	27,7	6,9	27,81	4,2	0,32
13/07/02	26,4	10,4	27,3	7,7	34,51	2,0	0,40
14/07/02	26,4	11,0	26,7	6,9	29,46	4,0	0,34
15/07/02	26,4	9,2	25,7	8,3	29,13	4,0	0,34
16/07/02	26,0	10,2	27,7	8,6	25,74	4,0	0,30
17/07/02	26,0	11,2	27,3	9,1	32,43	4,0	0,38
18/07/02	25,4	10,8	27,0	9,5	40,65	3,0	0,47
19/07/02	18,8	11,6	34,7	8,1	37,77	2,0	0,44
20/07/02	17,0	8,0	60,3	7,5	38,65	1,0	0,45
21/07/02	13,0	2,2	58,0	4,4	49,04	2,0	0,57
22/07/02	13,6	7,2	42,0	4,9	89,04	1,0	1,03
23/07/02	9,0	4,4	93,3	3,4	73,88	1,2	0,86
24/07/02	12,0	1,6	55,0	2,7	42,43	0,2	0,49
25/07/02	16,7	1,0	33,3	4,2	31,44	2,0	0,36
26/07/02	16,8	2,4	35,3	2,7	37,71	2,0	0,44
27/07/02	22,0	3,0	33,3	6,1	41,12	2,0	0,48
28/07/02	26,0	8,2	36,7	8,1	28,98	3,0	0,34
29/07/02	17,0	3,2	68,4	6,5	36,04	1,0	0,42
30/07/02	11,2	4,2	72,0	5,7	51,45	2,0	0,60
31/07/02	13,2	2,0	47,0	3,7	46,09	1,2	0,53
Promedio 1a Quincena	19,7	7,2	42,4	6,4	31,8	2,7	0,4
Promedio 2a Quincena	17,7	5,7	47,0	6,0	43,9	2,0	0,5

Tabla 2.b Condiciones ambientales. Agosto 2002

Fecha	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura Bulbo Húmedo (°C)	Recorrido del viento (Km/día)	Evaporación natural (mm)	Velocidad del viento (m/sg)
01/08/02	17,4	1,8	34,3	4,3	35,05	3,1	0,41
02/08/02	23,0	3,2	27,0	6,7	31,40	3,0	0,36
03/08/02	13,8	4,0	53,7	5,3	29,01	3,0	0,34
04/08/02	17,4	4,0	38,3	3,7	38,05	2,0	0,44
05/08/02	14,8	7,0	39,0	5,6	29,54	1,0	0,34
06/08/02	23,8	8,2	40,3	9,1	37,66	3,0	0,44
07/08/02	20,8	7,8	59,0	8,7	22,77	2,0	0,26
08/08/02	21,6	7,6	49,7	7,7	35,66	4,0	0,41
09/08/02	28,0	8,8	31,0	8,1	26,70	4,0	0,31
10/08/02	29,0	11,4	28,7	9,9	29,57	4,0	0,34
11/08/02	29,8	12,4	28,3	10,2	25,98	4,4	0,30
12/08/02	29,6	12,6	25,3	10,4	27,45	4,3	0,32
13/08/02	27,2	11,8	31,3	9,2	101,83	3,2	1,18
14/08/02	26,4	11,0	30,7	9,5	31,64	4,0	0,37
15/08/02	28,8	10,0	26,7	9,7	34,64	5,2	0,40
16/08/02	27,4	9,2	29,3	8,3	31,57	3,3	0,37
17/08/02	19,2	11,4	53,3	12,5	28,23	2,0	0,33
18/08/02	10,0	6,0	81,3	5,5	13,76	0,5	0,16
19/08/02	12,8	2,4	62,0	5,0	38,21	2,8	0,44
20/08/02	18,0	1,6	38,3	3,9	35,15	3,0	0,41
21/08/02	23,0	8,0	36,3	8,1	36,16	5,2	0,42
22/08/02	16,8	10,0	46,3	8,6	28,68	1,0	0,33
23/08/02	20,0	12,0	47,0	10,6	23,35	2,0	0,27
24/08/02	23,0	12,2	44,0	10,2	14,34	2,0	0,17
25/08/02	25,0	9,2	49,0	10,7	30,67	4,2	0,35
26/08/02	21,0	10,6	59,3	11,1	28,32	3,2	0,33
27/08/02	14,8	9,2	86,0	6,5	14,36	2,4	0,17
28/08/02	13,6	0,8	60,0	4,2	19,65	5,1	0,23
29/08/02	19,6	2,4	39,0	5,7	43,21	2,2	0,50
30/08/02	20,8	3,8	44,0	6,3	27,92	4,2	0,32
31/08/02	23,8	6,1	31,0	5,9	20,62	2,1	0,24
Promedio 1a Quincena	23,4	8,1	36,2	7,9	35,8	3,3	0,4
Promedio 2a Quincena	19,3	7,2	50,4	7,7	27,1	2,8	0,3

Tabla 2.c Condiciones ambientales. Septiembre 2002

Fecha	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura Bulbo Húmedo (°C)	Recorrido del viento (Km/día)	Evaporación natural (mm)	Velocidad del viento (m/sg)
01/09/02	26,0	7,2	29,7	7,7	23,64	5,1	0,27
02/09/02	27,4	9,2	31,0	9,4	27,08	4,3	0,31
03/09/02	26,6	11,8	31,7	10,3	33,66	5,3	0,39
04/09/02	23,6	10,4	37,7	8,9	20,04	3,0	0,23
05/09/02	17,4	10,2	54,7	7,3	27,21	2,4	0,31
06/09/02	21,6	6,4	41,0	5,5	19,03	4,1	0,22
07/09/02	23,2	10,8	34,3	10,3	39,80	3,1	0,46
08/09/02	25,4	12,2	38,3	11,1	14,59	3,0	0,17
09/09/02	24,2	10,4	47,0	10,1	39,73	4,0	0,46
10/09/02	18,2	6,0	59,0	7,9	26,80	3,0	0,31
11/09/02	23,0	7,8	45,7	8,9	30,30	5,0	0,35
12/09/02	25,4	9,0	29,0	9,3	33,81	4,0	0,39
13/09/02	22,4	10,0	43,7	9,7	37,29	6,0	0,43
14/09/02	17,0	11,0	50,3	12,0		7,0	0,00
15/09/02	17,0	8,8	59,0	8,3	20,10	3,1	0,23
16/09/02	19,6	5,8	64,7	8,0	62,65	3,2	0,73
17/09/02	29,4	3,2	40,3	8,0	14,61	2,1	0,17
18/09/02	18,6	8,2	43,3	7,9	42,20	2,9	0,49
19/09/02	24,0	3,8	34,7	5,8	27,89	4,0	0,32
20/09/02	27,8	2,6	23,7	7,6	25,74	5,8	0,30
21/09/02	28,8	4,2	27,0	9,5	35,46	5,0	0,41
22/09/02	23,8	11,2	42,3	8,5	27,80	5,1	0,32
23/09/02	28,2	8,2	30,3	10,1	31,89	7,1	0,37
24/09/02	30,4	12,4	33,0	11,4	33,69	4,1	0,39
25/09/02	29,4	12,2	35,0	11,3	38,23	5,5	0,44
26/09/02	28,4	13,2	37,0	11,7	31,25	7,1	0,36
27/09/02	26,4	10,8	41,0	10,6	50,08	6,3	0,58
28/09/02	28,2	10,8	36,0	10,8	48,38	7,2	0,56
29/09/02	25,0	11,6	37,7	10,4	46,38	7,0	0,54
30/09/02	28,0	11,0	35,0	9,4	41,18	8,0	0,48
Promedio 1a Quincena	22,6	9,4	42,1	9,1	28,1	4,2	0,3
Promedio 2a Quincena	26,4	8,6	37,4	9,4	37,2	5,4	0,4

Tabla 3. Factores ambientales promedio

Fecha	Interior Estanque			Exterior Estanque				
	Humedad relativa %	Temperatura °C	Vel.Viento m/sg	Humedad relativa %	Temp.Máxima °C	Temp.Minima °C	Vel.Viento m/sg	Evap.Natural mm
1-15/7	40,8	11,5	0,16	42,4	19,7	7,2	0,4	2,7
16-31/7	58,5	12,0	0,12	47,0	17,7	5,7	0,5	2,0
1-15/8	36,6	14,2	0,08	36,2	23,4	8,1	0,4	3,3
16-31/8	57,1	10,2	0,10	50,4	19,3	7,2	0,3	2,8
1-15/9	52,7	13,4	0,14	42,1	22,6	9,4	0,3	4,2
16-30/9	46,1	14,1	0,00	37,4	26,4	8,6	0,4	5,4

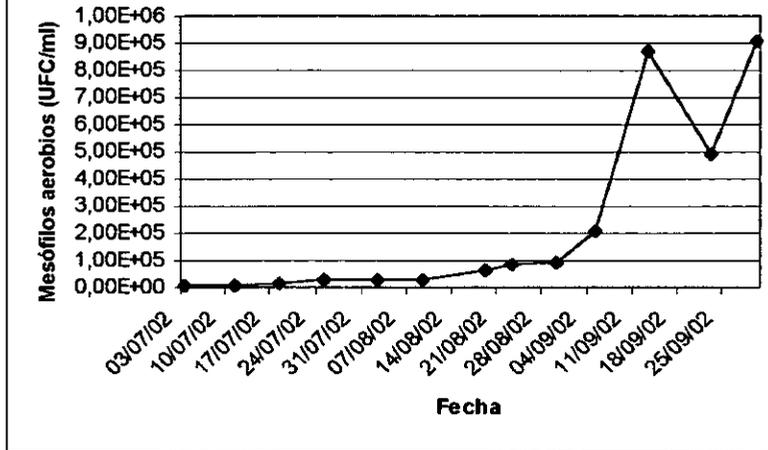
Tabla 4. Tasa de evaporación promedio acumulada<sup>(1)</sup>

Período	Descarga vinaza (m <sup>3</sup> )	Pluviometría en estanque (m <sup>3</sup> )	Volumen estanque (m <sup>3</sup> )	Tasa evaporación natural (mm/día)	Evaporación natural <sup>(2)</sup> (m <sup>3</sup> )	Evaporación forzada (lt/boquilla x día)
10/6-15/7	590,8	10,9	96	2,7	48,6	42,3
16/7-31/7	760,7	93,1	127	2,4	61,2	43,5
1/8-15/8	999,6	93,1	194	2,7	89,1	40,9
16/8-31/8	1227,7	119,6	222	2,6	105,3	42,0
1/9-15/9	1311,7	119,6	145	2,9	139,2	40,2
16/9-30/9	1311,7	119,6	48	3,3	184,8	31,7

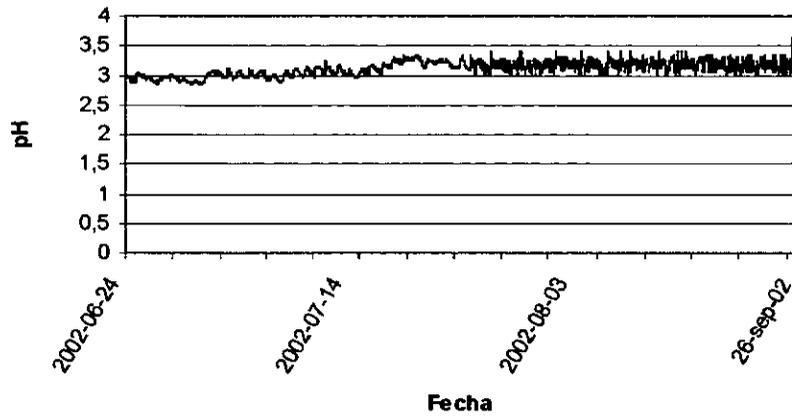
<sup>(1)</sup>Todos los valores son acumulados al día final del período respectivo.

<sup>(2)</sup>Se considera área promedio de espejo de vinaza de 500 m<sup>2</sup>.

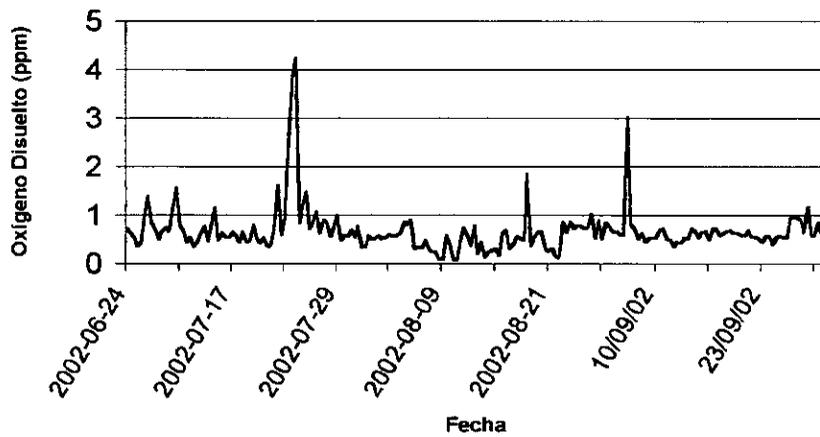
Gráfico 1.c. Mesófilos aerobios en estanque de vinaza  
(Julio-Septiembre 2002)



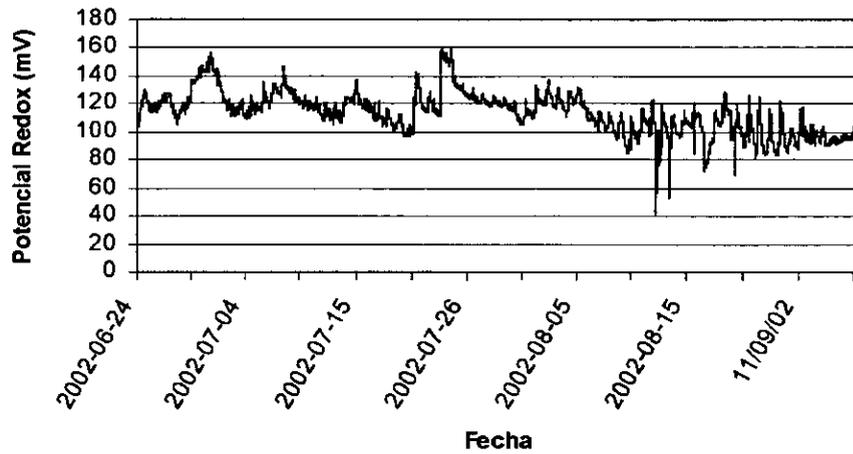
**Gráfico 2. pH en estanque de Vinaza (Julio-Septiembre/2002)**



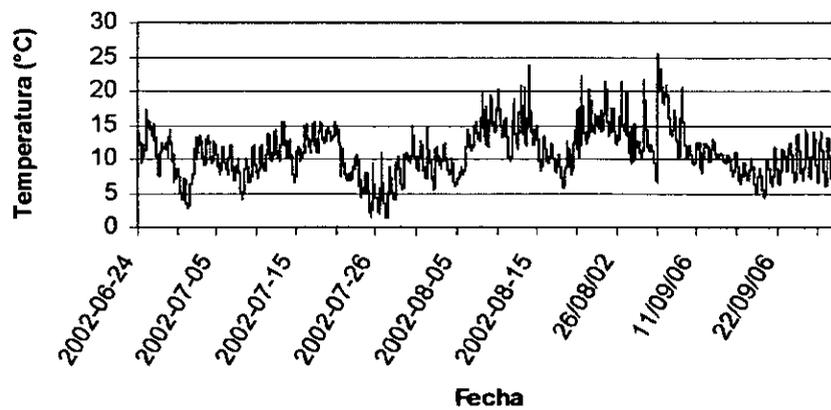
**Gráfico 3. Oxígeno Disuelto en estanque de Vinaza (Julio-Septiembre/2002)**



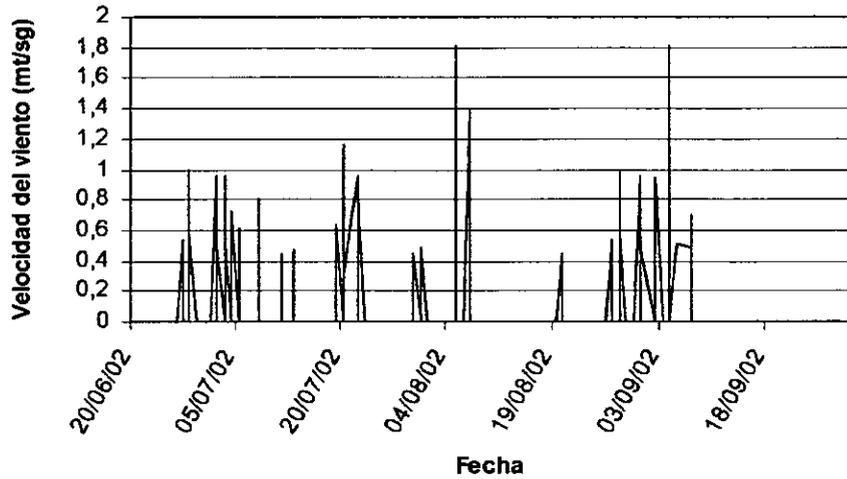
**Gráfico 4. Potencial Redox en estanque de Vinaza  
(Julio-Septiembre/2002)**



**Gráfico 5. Temperatura de estanque de Vinaza  
(Julio-Septiembre/2002)**



**Gráfico 6. Velocidad del viento al interior del estanque (Julio-Septiembre/2002)**



**Gráfico 7. Humedad Relativa en Estanque Vinaza (Julio-Septiembre/2002)**

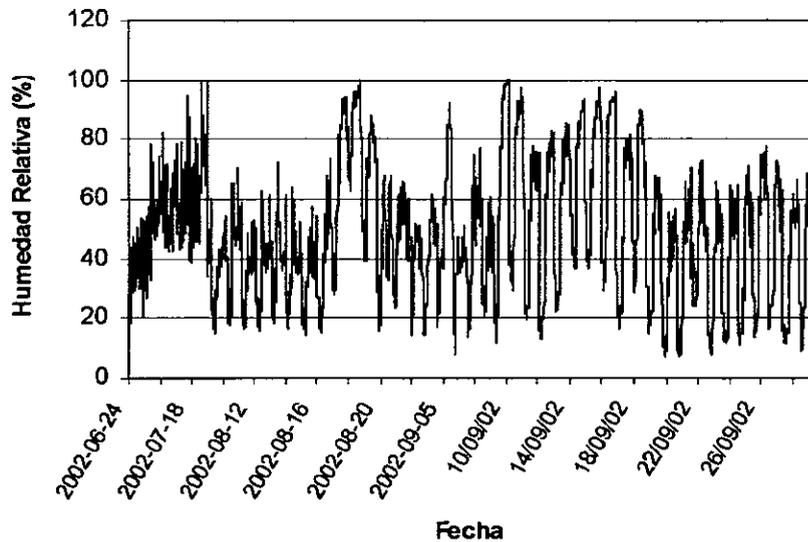


Foto1. Interior estanque de vinaza (Pisco Elqui)



Foto2. Sistema de pulverización  
vinaza(PiscoElqui)

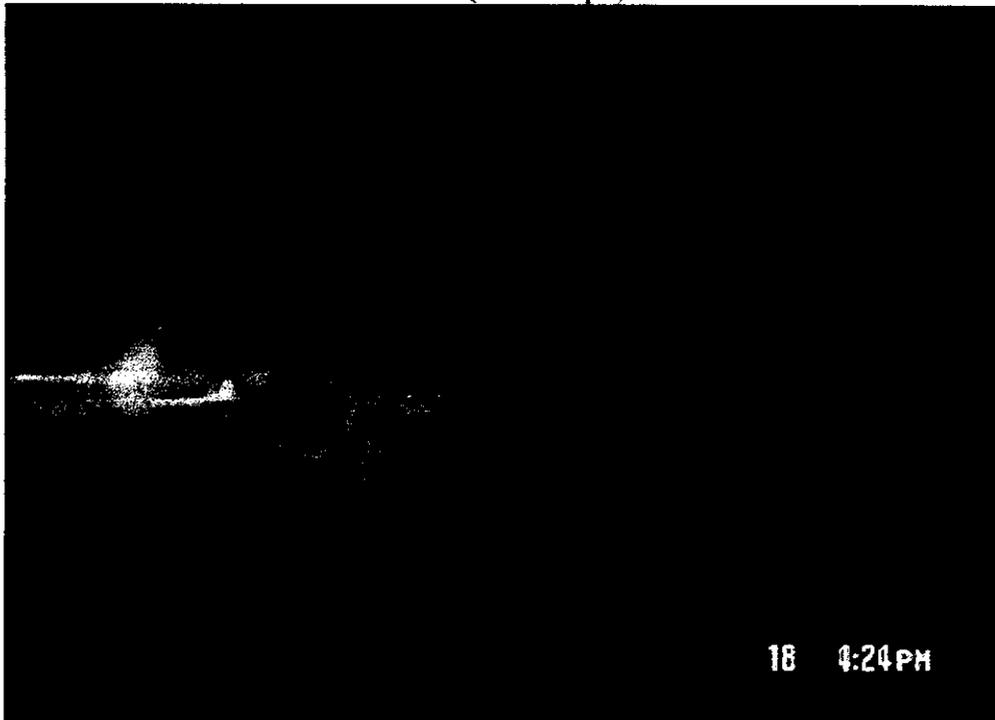


Foto3. Sistema de pulverización vinaza (Pisco Elqui)

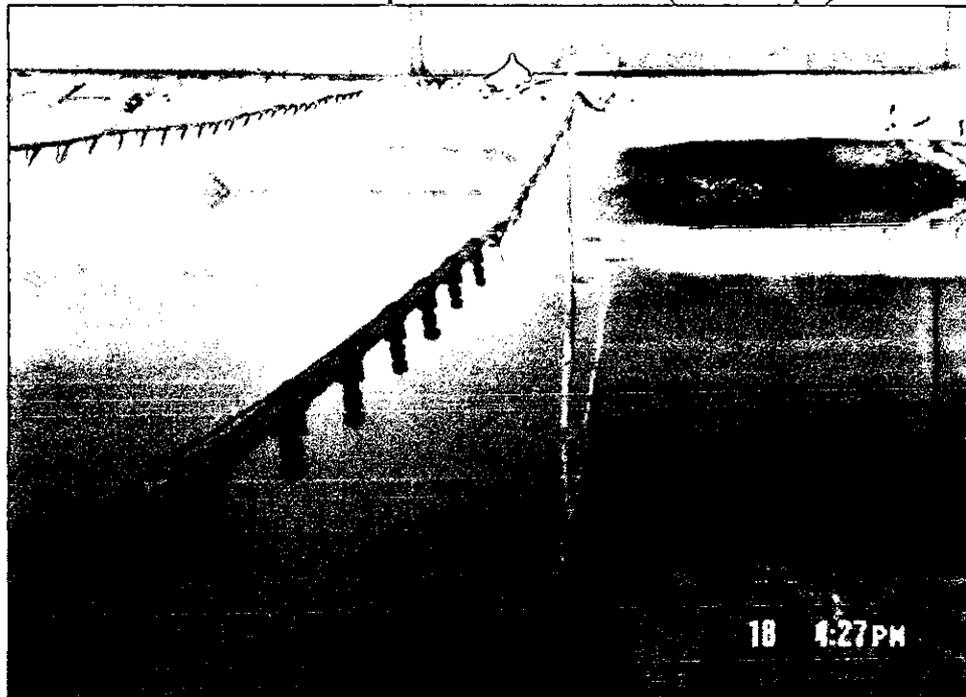


Foto 4. Exterior estanque de vinaza (Pisco Elqui)

