



KÜPFER HERMANOS S.A
DIVISION DE PROYECTOS Y ALIANZAS

PROYECTO: 203-3776
"Desarrollo y Fabricación de un Equipo de Lavado Industrial por Energía Ultrasónica"

Empresa Beneficiaria: Küpfer Hermanos S.A
Entidad Ejecutora: Küpfer Hermanos S.A

226110
INFORME FINAL

GERENCIA FONTEC	
ENTRADA	05 / 04 / 05
TRAMITE	Cristian González
SALIDA	

Marzo de 2005

**Desarrollo y Fabricación de un Equipo de Lavado Industrial por
Energía Ultrasonica**



Resumen ejecutivo

- Antecedentes de la empresa

A-1.- Reseña histórica.

La empresa fue fundada en el año 1.877 por 2 ingenieros mecánicos suizos, Don Francisco Küpfer y Roberto Strickler, en la misma ubicaci3n actual en calle Libertad, con la raz3n social "Fundici3n Libertad", con la que fue conocida hasta el año 1973.

Desde aquella época de fines del siglo 19, el crecimiento de esta empresa ha sido progresivo e ininterrumpido durante 126 años, mostrando una trayectoria que se ha visto acelerada por transformaciones cuantitativas y cualitativas de enorme significancia. No se trata solo de un crecimiento econ3mico, ni de una mayor presencia en el mercado con productos de excelente manufactura, sino de una maduraci3n organizativa y de identidad.

El grupo de empresas Küpfer es uno de los proveedores industriales más antiguos de Chile. Sus operaciones se remontan a 1.877, y desde sus comienzos estuvo vinculada principalmente a la importaci3n y tratamiento del acero. Con el paso del tiempo se fue expandiendo a otras regiones, y al desarrollo de nuevos mercados y tecnologías, con lo cual fue logrando varias ventajas comparativas.

Hoy la empresa sigue siendo experta en aceros, pero además se ha especializado en un sinnúmero de productos y soluciones industriales, cubriendo las necesidades de la pequeña y gran Minería, Construcci3n, Pesca, y Forestal entre otras. El tipo de actividades desarrolladas en estos rubros es integral. La empresa representa marcas de prestigio internacional, desarrolla productos propios, y ejecuta proyectos de ingeniería, según los requerimientos de cada cliente.

Sucursales

Se encuentran distribuidas a través de todo el país.

- **Zona Norte.** Tiene oficinas y locales en Iquique, Calama, Antofagasta, Copiap3 y La Serena. Atiende especialmente a la Minería y Construcci3n.
- **Zona Central.** La casa matriz y sede administrativa se encuentra en Santiago, desde donde se abastece al resto de las sucursales. Cuenta con un sal3n de ventas, bodegas y servicios asociados a cada producto o proyecto. En Valparaíso tiene una oficina que representa a la empresa en la V Regi3n.
- **Zona Sur.** La industria Minera, de la Celulosa, Metalmecánica, Forestal, Astilleros, y Pesquera, está abastecida principalmente desde Concepci3n, que es el centro de operaciones de la zona sur. Apoyando esta gesti3n se encuentra el resto de las oficinas, establecidas en las principales ciudades sureñas. Los  ngeles y Valdivia son importantes proveedoras de plantas Forestales, Aserraderos, Celulosa y Astilleros. La Pesca y las Salmoneras, cuentan con el apoyo de la

oficina de Puerto Montt. En Punta Arenas Küpfer atiende principalmente a las empresas Petroquímicas y Astilleros, y participa de varios proyectos locales.

Divisiones y Marcas.

División Aceros.

Esta División atiende todas las necesidades de los clientes, relacionadas con el mundo del acero, en los más diversos rubros industriales. Comprende varias Sub Divisiones o líneas de productos y servicios. Algunos productos son los siguientes: Barras de acero especiales, Planchas de acero, Barrotes de fierro fundido, Barras macizas y perforadas de bronce.

Paralelamente cuenta con varios servicios asociados, como Tratamiento y corte de metales, y Asesorías para proyectos de ingeniería, entre otras posibilidades. Posee una gran cobertura, asistencia en terreno, servicio de asesoría técnica, y una amplia red de distribución.

Las diversas áreas de "Productos" se dividen en: Construcción mecánica, Aceros especiales y estructurales, Antiabrasivos, Tratamientos térmicos, Anticorrosivos, Tubos y Piping, Metales y plásticos, y un Centro del acero. (Steel Servicer).

Los "Servicios" asociados a esta División son los siguientes:

- **Planta de Tratamientos Térmicos.**
 - Tratamientos térmicos.
 - Control de Calidad. (Metalografía, Test de Dureza, Análisis por ultrasonido, etc).
 - Capacitación. Cursos y Seminarios técnicos.
 - Desarrollo de aleaciones.
 - Análisis de fallas.
- **Centro de Servicios de Dimensionado de aceros.** (Oxicorte, Dimensionado de barras)
- **Desarrollo de Productos e Ingeniería.**
 - Construcción estructural.
 - Fabricación de piezas y estructuras antiabrasivas.
 - Desarrollo de piezas especiales forjadas.
 - Soluciones integrales de Ingeniería.

División Cables y Eslingas.

Esta División comercializa, importa y distribuye insumos y accesorios industriales utilizados para transportar, amarrar y sujetar cargas de alto valor, pertenecientes a diversos procesos productivos. El inventario incluye productos tales como Cables de acero, Accesorios para cables, Eslingas, Cadenas, Cabos de fibra sintética, y productos para la Pesca, todos los cuales son fabricados con tecnología de punta.

La tecnología de esta División, el mix de productos con que cuenta, y la constante innovación tecnológica desarrollada, le han permitido elaborar una estrategia de trabajo exitosa. En relación a los servicios ofrecidos por esta División, se encuentra capacitada para resolver todo tipo de inquietudes relacionadas con este rubro, como por ejemplo servicios de corte y enrollado de cables.

División Soldaduras.

Se especializa en productos y soluciones para la preparación, fabricación y terminación de materiales soldables, contando con un equipo de técnicos altamente especializados en este campo.

Los Productos más importantes de esta División son las Soldaduras, Soldaduras especiales, Máquinas de soldar y Alimentadores o generadores de alta y baja tensión, Fundentes, Abrasivos, y Equipos de oxicorte. Arriendo de equipos industriales.

Los Servicios más relevantes de esta División son Arriendo de máquinas de soldar y generadores de alta y baja tensión, Asistencia técnica total en la utilización de los productos de la División, como soldaduras y maquinarias, y Asesoría en optimización de sistemas productivos.

División Seguridad Industrial.

Se tienen Representaciones y stock de diversos productos, en los siguientes rubros: Protección visual, Guantes, Fonos y tapones, Protección respiratoria, Soldadura y oxicorte, Seguridad vial, Salud y rescate, Cascos y visores, Protección de caídas, Ropa de trabajo y Calzado.

División Herramientas de corte.

Se comercializa una amplia variedad de productos y servicios para el Tratamiento y Corte de maderas y metales. Estos consisten en Sierras, Sierras huinchas, Cuchillos, Dientes de sierra, Pasta para retape, y Herramientas y Accesorios para Metales.

División Proyectos y Alianzas.

Esta División pertenece a la empresa Küpfer. Está capacitada para efectuar la entrega de productos y servicios de alta complejidad y flexibilidad, a través de la participación de asociados externos en los procesos de fabricación y montaje.

El suministro de Torres y Monopostes para telefonía celular, y de Tolvas para camiones fuera de carretera, son algunas de las líneas de productos más representativas. Destacan también los Estanques de acero al carbono e inoxidable, todos ellos de gran capacidad. Las industrias beneficiadas con las soluciones integrales de esta División, corresponden a Telecomunicaciones, Industria Salmonera, Minería, Viñas, Constructoras y empresas de Montajes industriales. Los Servicios asociados son

desarrollados por la marca Steeltek, y Maestranzas y Montajistas asociadas para proyectos particulares.

División Conectores de Fluidos.

Esta División de Emsesa, comercializa productos y servicios para sistemas hidráulicos de la industria minera, manufacturera, forestal, celulosa, y servicios de transporte y movimiento de carga entre otras. La completa gama de productos de esta División, incluye mangueras, máquinas ensambladoras, para mangueras, conectores de fluidos, acoples y abrazaderas.

Además cuenta con accesorios necesarios para el funcionamiento de los sistemas de fluidos industriales. Paralelamente esta área proporciona asistencia técnica orientada a la Mantenimiento Correctiva y Preventiva de equipos y procesos productivos. De esta manera se privilegia la disminución de los tiempos de detención de los equipos.

División Movimiento y Control.

Esta División de las empresas Küpfer, comercializa y distribuye productos y soluciones de Diseño de Ingeniería, Suministro de componentes, Fabricación y Montaje de equipos, Pruebas de operación, Puesta en marcha y Servicios de post venta. Todas estas aplicaciones son útiles técnicamente en los campos industriales de la  leo-hidráulica, Filtración, y Automatización neumática. Ejemplos de estos equipos automatizados son alzadores de cátodos, muestreadores de cátodos, sistemas de operación de buzones interior mina.

Además la División cuenta con un área de Servicios Oleohidr ulicos y Sistemas integrados para responder a las necesidades de Diagnóstico, Mantenimiento, Flushing (lavado de líneas con agua a alta presión), Bancos de prueba y sistemas a pedido, entre muchas otras opciones.

División Transferencia de Fluidos.

Es una marca Emsesa, de las empresas Küpfer. Est  orientada a satisfacer los requerimientos de Sellado de fluidos, Conectores, Válvulas, y en general de productos y servicios relacionados con la transferencia de fluidos industriales. La especialización ha derivado en la creación de las áreas de Instrumentación y Piping.

Instrumentación. Respaldada por dos grandes fabricantes norteamericanos, Parker Hannifin Corp. y Bourdon Haenni, provee insumos para la medición de Presión y Temperatura.

Piping. Esta  rea está soportada por CCTF del conglomerado canadiense EMCO, y las germanas Schwer y Blago. Comercializa conectores para tubos métricos de acero inoxidable y al carbono.

A-2.- Giro Productivo, y Estructura de la Producción.

MARCAS:

Emsesa.

Emsesa, de Küpfer Hnos. es una organización que concentra a las principales Divisiones de la Compa a, relacionadas con la propuesta, desarrollo y aplicación de equipos y soluciones industriales, de carácter integral. En términos generales esto se traduce en Suministro de Componentes, Servicios de Reparación y Mantención, Diseño de Ingeniería, Fabricación de Equipos, Montaje de Sistemas, Puesta en Marcha y Servicios de Post Venta.

La constante especialización, la modalidad de trabajo, y la atención exhaustiva de los requerimientos de cada cliente, han hecho de Emsesa una marca de prestigio a nivel nacional. Sus principales Servicios son: Cobertura y asistencia en terreno para cada uno de los proyectos y productos asociados a Conectores de fluidos, Movimiento y Control, Transferencia de Fluidos, y Proyectos Especiales.

Servi Küpfer.

Se preocupa de entregar respuestas y soluciones técnicas a la pequeña y mediana empresa de diversas áreas.

Steeltek.

Es un Centro de Servicios Integrales para el dimensionado de planchas de acero. Efectúa el corte térmico por el sistema de Plasma y de oxicorte, en planchas desde 2 mm. hasta 100 mm.

Ferro Libertad.

Es una organización orientada al sector de las Maestranzas, mediante la comercialización de aceros estructurales. Actualmente Ferro Libertad se perfila como uno de los principales distribuidores de planchas aceradas. Además destaca por el desarrollo de Servicios y Soluciones específicas que aportan valor agregado a cada producto.

Algunos ejemplos que avalan a esta marca de Küpfer, corresponden al Tratamiento de aceros estructurales de diferente resistencia, Fabricación de Estanques, y en general Apoyo a Obras Civiles. Entre sus servicios destacan la Asistencia Técnica, Desarrollo, Servicio de Corte y Dimensionado, y Despacho a clientes.

Nivel de Ventas.

La empresa Küpfer enfoca sus ventas al mercado nacional, y su principal canal de comercialización está constituido por las ventas a través de sus oficinas, y sus respectivas marcas. El total de las ventas alcanza un monto promedio de 62,5 (Mill.US\$/año), o 45.000 (Mill.\$/año). El desglose aproximado de estas ventas por empresas o marcas, es el siguiente:

Marcas	Ventas. (Mill.\$/mes)	Porcentaje
Küpfer	2.300	61,33
Steeltek	450	12,00
FerroLibertad	500	13,33
Emsesa	500	13,33
Total	3.750	100,00

La empresa está orientada a la comercialización de productos industriales y aceros, y posee más de 250 vendedores especializados, cuya misión es atender y visitar a las diversas empresas de cada Región, en todo el país.

El objetivo de este cuerpo de ventas, es proporcionar a los ejecutivos industriales toda la información técnica y científica relacionada con los productos ofrecidos y los servicios prestados por cada una de sus respectivas Divisiones y Marcas. El trabajo de visita es constante hacia terreno, con el fin de estar permanentemente en contacto con los problemas operacionales, y con la generación de proyectos de ingeniería.

Indicadores financieros

Los indicadores financieros de Liquidez, Solvencia y Rentabilidad, se adjuntan en el respectivo resumen de los Balances, para los 3 últimos años.

A-3.- Plan estratégico de la empresa.

El proyecto de innovación propuesto se inserta dentro de los planes continuos de Investigación y Desarrollo que le permitirán afianzar su liderazgo dentro del sector. Todas las acciones específicas que la empresa llevará a cabo y que le permitirán insertar el proyecto actual dentro de su quehacer cotidiano, se han analizado detalladamente en párrafos anteriores, por lo cual corresponde abordar el mismo tema con una perspectiva de mayor alcance.

La forma explícita en que la empresa tiene definido el concepto del negocio actual consiste en diseñar, fabricar, montar y hacer el correspondiente mantenimiento de los equipos automatizados, utilizados en las líneas de faenamiento y proceso para el sector pesca, cultivos marinos, y agroindustria.

Todo este amplio sector se caracteriza por tener 3 procesos comunes:

- Matanza y preparación.
- Plantas de faenamiento. Utilizan frecuentemente Maquinaria de corte, despinadoras, despieladoras, evisceradoras. Efectúan el lavado de carros y de bandejas.
- Procesos de alto valor agregado. Se refieren a venta de pescados en porciones, filetes, cortes especiales, tipificación de carnes. Se utilizan equipos con un muy alto valor como cocedores, ahumadores.

La política actual de Küpfer es ubicarse preferentemente en las etapas de faenamiento y procesos. La orientación a futuro deberá inclinarse por las etapas de cosecha y matanza, y obviamente por las que entregan un alto valor agregado.

Respecto al análisis del negocio, y a la forma de competir que se pretende adoptar por la empresa, esta manifiesta preferencia por 3 ámbitos:

- Productos, servicios y especialmente "entrega de soluciones". Ejemplo concreto de lo último es lograr el pago por el diferencial de cajas diarias procesadas en una industria.
- Limpieza completa de plantas, en diferentes secciones.
- Utilización del sistema de lavado ultrasónico en otros sectores y especialmente en la agroindustria que fabrica productos alimentarios.

Con respecto a la forma de competir, la empresa tiene claro que todo lo que tenga relación directa con la Innovación, es el factor decisivo en la lucha por los nichos de mercado existentes, y aquellos por descubrir. De hecho, en los 3 nichos que habíamos mencionado anteriormente, la empresa tiene decidido concretamente marcar preferencia por las siguientes acciones:

- Matanza y preparación.- Hacer ingeniería para los procesos y equipos de desangrado, e inversiones en copiar productos importados que son utilizados actualmente sin que exista una capacidad nacional de fabricación de los mismos.
- Procesos.- Ampliar el mix de productos y procesos actuales que posee la empresa.
- Preparación final de los productos.- Efectuar alianzas con grupos extranjeros, y además hacer innovación constantemente.

Complementariamente a todo lo anterior, la empresa se ha propuesto realizar un plan de ofertas por diferentes sistemas de Garantía a largo plazo, Mantenimiento preventivo, y participar en las Líneas de Procesos integrales, entregando Soluciones operativas para los diferentes problemas que se presentan a diario en las empresas.

El concepto de Innovación para esta empresa, implica cumplir con los siguientes 4 objetivos básicos concretos:

1. Cumplimiento de metas en Ventas.
2. Ampliación sistemática del mix de productos, con una meta de 1 equipo nuevo anual.
3. Ser líderes en Investigación e Incorporación de Tecnologías.
4. Ser reconocida como empresa Integradora de equipos en este sector.

• Síntesis del proyecto de innovación

En este proyecto, se buscaba explorar las posibilidades de utilizar la tecnología de ultrasonidos para el desarrollo de equipos de lavado para elementos de poliestireno (bins y bandejas) y acero inoxidable (utensilios, piezas y herramientas).

La información previa disponible no aseguraba que se pudiera lavar piezas de plástico, tema de gran relevancia para el mercado a desarrollar. Con respecto a

los elementos de acero inoxidable, toda la información disponible aseguraba que en este caso, no se presentarían mayores dificultades.

En el proyecto se desarrollaron tres sistemas de lavado, uno para limpieza por aspersión, que no dio resultados positivos, ya que no se producía el fenómeno de cavitación buscado. Un sistema de lavado por inmersión, cuyos resultados fueron mejores, pero que requería largos tiempos de permanencia para el lavado. Y finalmente un sistema de lavado por inmersión de tamaño más reducido, donde se pudo verificar la importancia de la variable que resultó ser fundamental, la relación potencia de ultrasonidos vs volumen de agua en el depósito.

Cuando se encontró la relación correcta entre estas variables fundamentales, se comenzaron a obtener resultados realmente sorprendentes en el lavado. Siendo relativamente sencillo encontrar las restantes variables que permiten obtener resultados óptimos de limpieza.

• Principales resultados del proyecto y conclusiones

Los principales resultados y conclusiones del proyecto son:

Obtención de las variables que permiten optimizar el proceso de lavado.

Verificación de posibilidad de lavar piezas de poliestireno y de acero inoxidable.

Verificación de la factibilidad técnico-económica del desarrollo de productos de lavado basados en ultrasonidos e inmersión.

Verificación de la imposibilidad de lavar con el sistema de aspersión-ultrasonidos.

Determinación de relación de diseño crítica entre potencia de ultrasonidos y volumen de agua en el depósito.

Como consecuencia de lo anterior, se considera que el proyecto ha sido un importante éxito, ya que al permitir los desarrollos mencionados y la correspondiente experimentación, se consiguió el conocimiento necesario para desarrollar una nueva línea de negocios para la empresa.

• Impacto del proyecto

El principal impacto del proyecto es que permite el desarrollo de un área de negocios nuevo para la empresa, basada en la tecnología de ultrasonidos para el lavado industrial.

Las principales características y ventajas de estos sistemas son:

Limpieza completa del producto, eliminando simultáneamente suciedades sólidas y grasas, así como bacterias y microorganismos, con lo que se tiene un gran ahorro de detergentes y sanitizantes.

Posibilidad de lavar piezas de formas complejas e intrincadas con gran rapidez y eficacia.

Certeza de las variables de diseño que se debe emplear en los equipos industriales.

Posibilidad de desarrollar equipos de lavado continuo por inmersión.

B

Exposición del problema

• **Problema a resolver**

Uno de los sectores que es atendido actualmente por la empresa corresponde a las compañías salmoneras. Dentro de los problemas operacionales críticos que éstas enfrentan se encuentra el uso de grandes cantidades de agua y de detergentes para la limpieza de las líneas de faenamiento, corte y fileteado de salmones, operaciones que por el hecho de efectuarse manualmente ocupan una gran cantidad de operarios. También se hace necesario el uso de hidrolavadoras, para aumentar la eficacia de la limpieza con agua a alta presión.

En consecuencia el uso de un fluido altamente energizado, con una alta concentración de detergente, normalmente mezclado con vapor vivo, y el uso intensivo de mano de obra, transforman a esta operación de lavado en muy costosa. Pero además del costo económico, estas empresas se han ido transformando en importantes generadoras de contaminantes, viéndose obligadas a efectuar un tratamiento a los riles evacuados.

Dentro de los principales materiales evacuados figuran los restos orgánicos como grasa, sangre, vísceras y escamas, los cuales requieren un menor costo de separación y tratamiento que los detergentes empleados. Este proyecto se origina en la posibilidad de reducir el costo de esta limpieza, y además mejorar la eficiencia del proceso. La alternativa que la empresa ha decidido investigar, es el uso de la energía ultrasónica para efectuar el lavado, la que ha demostrado características notables en la parte técnica y económica.

El sistema no ha sido aplicado industrialmente en Chile, y sólo es conocido en hospitales para efectuar la limpieza del instrumental quirúrgico. En consecuencia se espera captar todo ese nicho de mercado actualmente virgen, para ofrecer la instalación de este moderno sistema de lavado en las empresas que no cuenten con él, y ofrecer las modificaciones a los sistemas actuales de lavado mecánico automatizado, incorporando el lavado ultrasónico a los mismos equipos.

La energía ultrasónica es una importante alternativa en aplicaciones de limpieza, mejorando tanto la rapidez del proceso, potenciando el efecto limpiador de los compuestos químicos, produciendo un gran ahorro en agua, energía eléctrica y detergentes, y logrando la limpieza profunda de aquellos puntos inaccesibles para una operación mecánica o manual, sin dañar o rayar la superficie del material lavado.

Además este proyecto sería un complemento para todo el equipamiento e infraestructura que la empresa provee actualmente a este sector, que ha tenido un sostenido e importante crecimiento de sus exportaciones. Pero debido a que este método de lavado es aplicable a varios procesos y áreas como la pesca y acuicultura, conserveras, avícola, centros de matanza y distribución de carnes rojas, industria y agroindustria, que presentan los mismos problemas ya descritos, se espera que la captación e introducción sea absolutamente exitosa.

La empresa cuenta con un importante poder de comercialización a lo largo de todo Chile. Por lo mismo se abre un insospechado campo de oportunidades.

Se espera que este sea el punto inicial de esta aplicación, que la transformaría en pionera en la fabricación de equipos de esta área y similares, con todos los beneficios económicos inherentes a este proceso innovativo que se espera desarrollar.

• **Objetivos técnicos del proyecto y resultados o soluciones perseguidas**

Los resultados o soluciones específicas que se espera lograr a través del presente proyecto son:

Objetivo General.

El objetivo general del proyecto es desarrollar y construir una máquina que sirva para efectuar el lavado de bins o bandejas y otros productos de la industria alimentaria, haciendo uso de la energía ultrasónica para obtener un ahorro importante en esta operación. Se esperaba investigar las posibilidades industriales relativas a la energía ultrasónica, para posteriormente introducirse a un nicho de mercado que en estos momentos está sin explotar en nuestro país.

Objetivos Específicos.

- Análisis de las metodologías y los sistemas de generación de ultrasonido que se encuentran comercialmente disponibles actualmente. Recopilación de información. Comparación técnica de sistemas. Comparación económica.
- Recopilación de los aspectos tecnológicos a considerar en los procesos de lavado industrial. Definición de industrias a considerar. Materiales de los elementos a lavar. Estudio de las características físico químicas de la suciedad a remover.
- Parámetros más importantes en el diseño de los sistemas experimentales de lavado. Definición de los parámetros de medición de la calidad del lavado, y del método operacional y equipo a usar. Lavado por inmersión y por aspersion.
- Definición y selección del sistema de control de variables, y medición de los parámetros de operación. Diseño e implementación del sistema. Realización de pruebas funcionales.
- Adquisición del equipamiento idóneo y de los materiales necesarios para la ejecución del proyecto. Etapa experimental y fabricación de equipo piloto.
- Diseño de la etapa experimental. Fabricación de la parte mecánica del equipo de experimentación. Sistemas de aspersion e inmersión.
- Realización de la parte experimental. Estudio y obtención de las principales variables operativas y de diseño en ambos sistemas de lavado.

- Fabricación y montaje del equipo piloto de lavado. Implementación e integración de los sistemas en el prototipo final. Diseño y montaje del sistema óleo hidráulico para el levante y manipulación de bins.
- Realización de la marcha blanca y de las pruebas funcionales. Determinación de los parámetros óptimos de funcionamiento. Verificación del funcionamiento respecto a la calidad operativa a través del tiempo.
- Sistematización y generalización de los resultados para el diseño y la fabricación de equipos de lavado industrial por medio de ultrasonidos.

• Tipo de innovación desarrollada

La innovación desarrollada se enmarca dentro del ámbito del desarrollo de nuevos productos o procesos, no existentes en el mercado nacional, y para los cuales se establecerán capacidades nacionales de producción.

Dentro de lo anterior, se debe recordar que en varios países desarrollados se utiliza esta tecnología para distintas industrias, sin embargo, no estaba claro al inicio del proyecto si sería factible técnicamente o rentable económicamente su implantación en el mercado chileno. Se tenía incluso información de algunos fabricantes que aseguraban que no era factible lavar plásticos con estos sistemas, esto quedo descartado durante la etapa experimental.

Se pudo establecer las condiciones bajo las cuales los sistemas operan correctamente, así como la configuración (inmersión) que permite un lavado eficiente. Con esta información se desarrollarán diseños de equipos de producción para ser comercializados en la industria alimentaria en general, en particular en la industria del salmón.

Luego del desarrollo de dos equipos experimentales, se llego al tercero, donde la combinación de variables permitió obtener los resultados buscados para la limpieza de piezas de poliestireno y acero inoxidable.

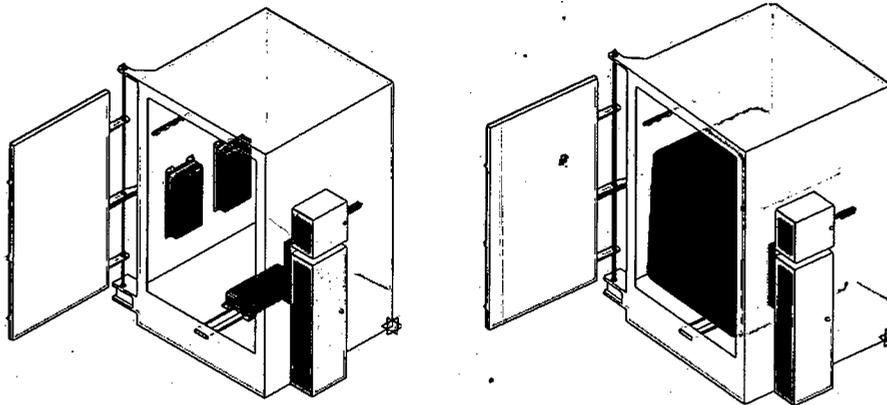
C

Metodología y plan de trabajo

• **Descripción de la forma como se llevó a cabo la investigación**

Los principales objetivos de la investigación eran determinar si era posible lavar productos de poliestireno o acero inoxidable con la tecnología de ultrasonidos, determinar si la aspersion o la inmersión eran los procesos ideales y finalmente, determinar los parámetros óptimos de funcionamiento para estos sistemas.

Para realizar los experimentos de lavado con aspersion-ultrasonidos, se desarrolló un equipo que permitía introducir un bins dentro de un recipiente donde se realizaba el proceso, el diseño del equipo se presenta en el dibujo siguiente:

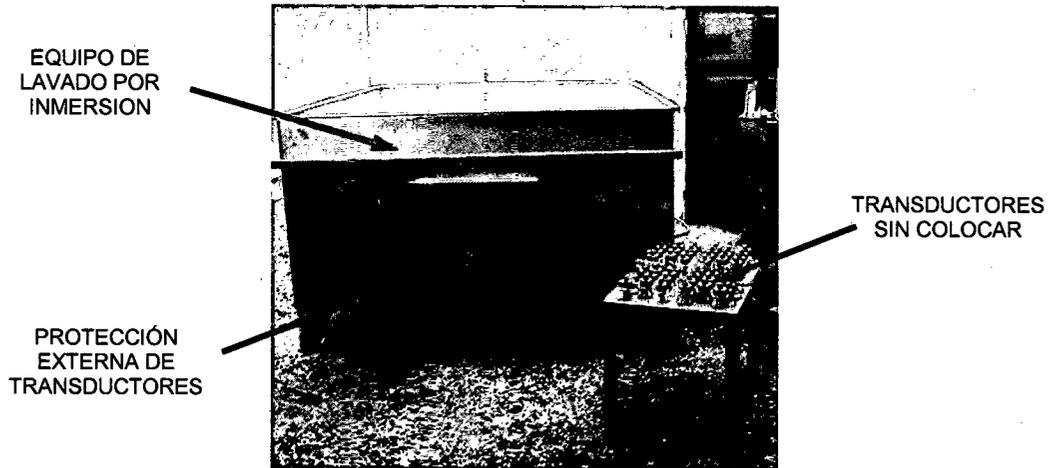


Este equipo está construido de acero inoxidable y contiene los mecanismos para manipular los bins. En la fotografía siguiente, se puede apreciar la ubicación de los transductores de ultrasonido en el equipo mencionado:

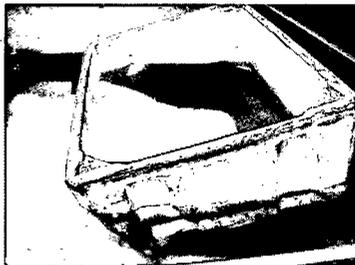


El lavado por aspersion-ultrasonidos quedó rápidamente descartado, ya que no se producía ningún efecto apreciable de limpieza al utilizar ultrasonidos en comparación con la limpieza directa por aspersion.

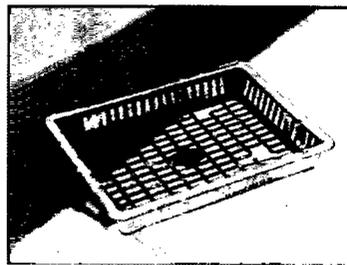
A continuación, se procedió a diseñar y construir un equipo para lavado por inmersión de piezas de gran volumen, la fotografía siguiente muestra el mencionado equipo:



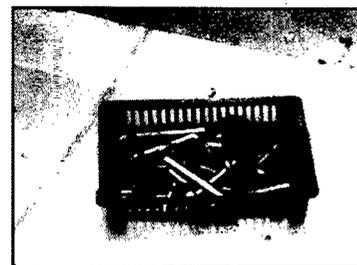
Este equipo se utilizó para el lavado de bins de poliestireno de los utilizados para el transporte de salmones entre la planta de crianza y la planta de procesamiento. En las fotografías siguientes se muestran los experimentos realizados con este desarrollo:



Lavado de bins



Lavado de bandejas



Lavado de herramientas

Luego de pruebas no satisfactorias con este montaje, se determinó que la relación potencia de ultrasonidos vs volumen de agua era insuficiente.

Finalmente, aunque no estaba considerado en el plan original, pero debido a los resultados obtenidos hasta ese momento, se procedió a construir un tercer equipo experimental, de menores dimensiones, que permitía instalar dos conjuntos de transductores, obteniendo de esta forma una relación potencia de ultrasonidos vs volumen de agua mayor. El equipo se presenta en la fotografía que sigue:



• **Plan de trabajo ejecutado. Carta Gantt**

La metodología y las actividades que se desarrollaron en el proyecto se representan en las etapas que se señalan a continuación:

Etapas A.- Recopilación de información sobre sistemas generadores de ultrasonidos, y aspectos tecnológicos en procesos industriales.

- Levantamiento bibliográfico sobre antecedentes teóricos y empíricos en el área de generación de energía ultrasónica, equipos y aplicaciones industriales. Ventajas comparativas de los diversos sistemas, y análisis técnico económico.
- Recopilación de los aspectos tecnológicos a considerar en los procesos de lavado industrial. Definición de industrias a considerar. Materiales de los elementos a lavar. Acero inoxidable y poliestireno.
- Estudio de las características físico químicas de la suciedad a remover. Análisis del uso eventual de detergentes y de las concentraciones respectivas para reforzar la limpieza. Temperatura, tiempo de permanencia o velocidad del proceso. Lavado por inmersión o por aspersion. Duración de la etapa: (2 meses)

B).- Determinación de parámetros de diseño, Medición de calidad, Control de las variables de operación, Programación e integración software de automatización.

- Determinación de los parámetros eléctricos más importantes que influyen en el diseño de los sistemas experimentales de lavado por ultrasonido: Frecuencia, Potencia, Amperaje, Voltaje, Amplitud de onda.
- Definición de los parámetros de medición de la calidad del lavado. Definición del método de lavado. Inmersión, aspersion, o mixto. Elección del equipo idóneo para realizar el lavado, componentes, piezas e instrumental.
- Definición y selección del sistema de control de las variables, y de los parámetros de operación. Diseño del sistema.
- Realización de pruebas funcionales para la implementación del sistema. Duración de la etapa: (3 meses)

C).- Importación del equipo generador de ultrasonidos, e instrumentación. Compra de materiales.

Una vez seleccionado el equipo de generación de ultrasonidos, el sistema idóneo de lavado, y los rangos promedio de variación de las distintas variables operacionales, se procederá a la importación del equipo y de todos los materiales que

sean necesarios para la ejecución del proyecto, tanto para la etapa experimental, como para la fabricación definitiva del prototipo de equipo piloto de lavado.

Asimismo se procederá a la adquisición de todos los materiales que se encuentren en el mercado nacional. Esta etapa se desarrollará en forma paralela con las actividades de la etapa siguiente. Duración de la etapa: (3 meses)

D).- Diseño de la etapa experimental. Fabricación del equipo experimental. Estudio de las variables operativas y de diseño.

- Determinación del número de experimentos necesarios, y planificación de todas las actividades a desarrollar.
- Fabricación del equipo de experimentación. Inclusión de los sistemas de inmersión y de aspersion.
- Realización de la etapa experimental. Estudio y obtención de las principales variables operativas y de diseño, en ambos sistemas de lavado.
Duración de la etapa: (3 meses)

E).- Fabricación y montaje del equipo piloto de lavado. Diseño y montaje del sistema neumático, Marcha blanca del equipo.

- Diseño mecánico, fabricación del estanque de lavado, partes y piezas que sean factibles de manufacturar internamente e incorporación de los sistemas de inmersión y aspersion. Diseño y montaje del sistema neumático para efectuar el levante, giro y otros movimientos del bins sometido a lavado.
Duración de la etapa: (4 meses)

F).- Evaluación y confección de informes de avance y final. Sistematización de resultados. Recopilación de documentación.

- Sistematización de los resultados obtenidos durante la etapa experimental, de diseño y de funcionamiento. Análisis de cada uno de los parámetros operacionales del lavado por ultrasonido, y de la calidad del lavado obtenido.
- Elaboración de los respectivos informes técnico y de actividades.
- Recopilación de documentación comprobatoria de los costos y gastos efectuados en cada etapa del proyecto.
Duración de la etapa: 1 mes

CARTA GANTT. Cronología de las actividades realizadas

Etapas	Meses												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	■	■											
B			■	■	■								
C						■	■	■					
D													
E									■	■	■	■	
F					■								■

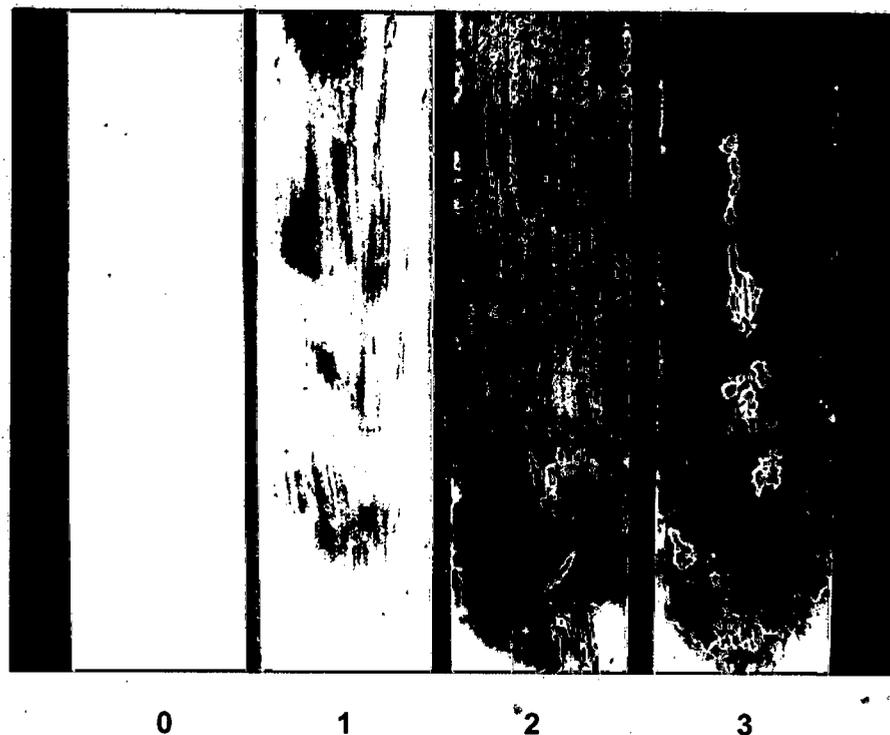


Resultados obtenidos

• Presentación de resultados

Para realizar los ensayos de lavado, se prepararon dos tipos de probetas: de poliestireno, que corresponde al material de los bins y bandejas utilizados en la industria alimenticia, y acero inoxidable, otro material ampliamente utilizado en diversas industrias.

La evaluación del grado de limpieza obtenido se realizó en base a una tabla de comparación, donde se reproduce desde una condición de total limpieza hasta una condición de total suciedad, la escala posee cuatro niveles y se reproduce a continuación:



Escala de evaluación

- 0 Limpio-nuevo
- 1 Suciedad Superficial
- 2 Manchas de mediana adherencia
- 3 Sucio con manchas de difícil remoción

Las condiciones de suciedad se reprodujeron con una pasta obtenida mezclando harina de sangre y harina de carne, mediante fricción con trozos de pescado, grasa animal y carne.

El formato que se utilizó para el registro de los ensayos realizados se presenta a continuación:

Material	Temp.	Det.	Vol. [Lt]	Potencia [Watts]	Agitación [si/ no]	Distancia [cm]	Tiempo [min]	Nº ensayo	Resultado
Poliestireno	16 °C	No	V1	1000	NO	45	1:00	1	1
							1:30		0-1
							2:00		1
							2:30		0-1
							3:00		0-1
							3:30		0-1
							4:00		0-1
							4:30		0
							5:00		0
			20	1:00		0			
				1:30		0-1			
				2:00		0-1			
				2:30		0			
				3:00		0			
				3:30		0-1			
				4:00		0			
				4:30		0			
				5:00		0			

Tablas con resultados experimentales:

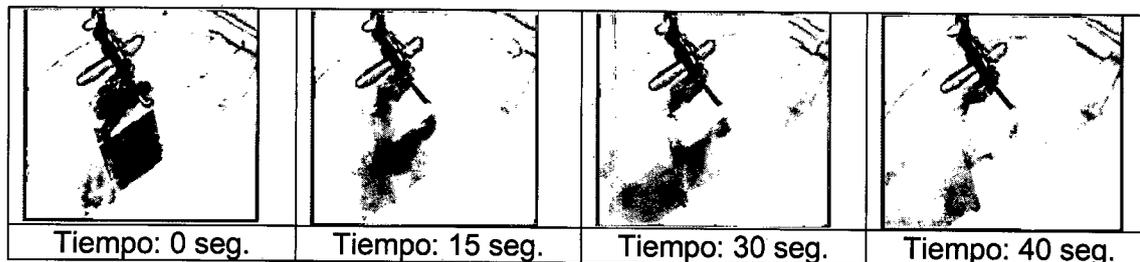
Material	Temp.	Det.	Volumen [Lt]	Potencia [Watts]	Agitación [on / off]	Distancia [cm]	Tiempo [min]	Nº ensayo	Resultado
Poliestireno	13 °C	No	Volumen 1	1000	NO	45	1	19	0-1
							3	20	0-1
							5	21	0-1
							1	22	0-1
							3	23	0-1
							5	24	0-1
				1	25	0-1			
				3	26	0-1			
				5	27	0			
				1	28	1-2			
				3	29	0-1			
				5	30	0-1			
			2000	NO	45	1:00	31	0	
			0:30			32	0-1		
			0:50			33	0-1		
			1			34	0		
			3			35	0		
			5			36	0		
			1	SI	45	1	37	0-1	
			3			38	0-1		
			5			39	0-1		
			1			40	0-1		
			3			41	0-1		
			5			42	0-1		
						20	1		
						20	3		
						20	5		

Material	Temp.	Det.	Volumen [Lt]	Potencia [Watts]	Agitación [on / off]	Distancia [cm]	Tiempo [min]	Nº ensayo	Resultado
Poliestireno	13°C	No	Volumen 2	1000	NO	45	1	43	0-1
							3	44	
							5	45	0-1
							1	46	
							3	47	
							5	48	
							1	49	0-1
				3	50				
				5	51	0-1			
				1	52				
				3	53				
				5	54				
				2000	NO	45	1	55	0
				3			56	0	
5	57								
1	58	0-1							
3	59								
5	60	0							
1	61	0-1							
3	62								
5	63								
20	SI	20	1	64	0				
3			65	0-1					
5			66						

Material	Temp.	Det.	Volumen [Lt]	Potencia [Watts]	Agitación [on / off]	Distancia [cm]	Tiempo [min]	Nº ensayo	Resultado
Acero Inoxidable	13 °C	No	Volumen 2	1000	NO	45	1	67	0-1
							3	68	
							5	69	
							1	70	
							3	71	
				5	72				
				1	73				
				3	74				
				5	75				
				1	76				
			3	77					
			5	78					
			1	79	0				
			3	80	0				
			5	81					
			1	82	0-1				
			3	83					
			5	84					
			1	85	0-1				
			3	86					
5	87								
1	88	0-1							
3	89								
5	90								

0

En la secuencia que se reproduce a continuación, se puede apreciar el efecto de limpieza mediante ultrasonidos, se puede observar el tiempo transcurrido en el momento de cada fotografía:



Como se puede observar, el proceso produce excelentes resultados de limpieza, en unos tiempos relativamente bajos y sin consumo de detergente.

• Análisis y conclusiones

Luego de realizados los experimentos, se pudo verificar que el proceso es altamente sensible a la relación volumen de agua / potencia de ultrasonidos.

Se encontró que la relación señalada es más alta de lo esperado, debiendo plantearse en términos comerciales la conveniencia de trabajar con grandes volúmenes.

Sin embargo, para volúmenes moderados a bajos, se encuentra que el proceso es altamente conveniente, por lo que se plantea el desarrollo de una nueva línea de productos de lavado, basada en lavadoras de pequeños elementos, como por ejemplo, utensilios y elementos de proceso, además de bandejas en un proceso de lavado continuo.

Las variables analizadas y su relación con el lavado se presentan a continuación:

Temperatura

Se comprobó que pequeñas diferencias de temperatura permiten mejorar las condiciones de lavado, sin embargo, las mejores condiciones se presentan alrededor de la temperatura de 16°C, temperatura que se puede encontrar ambientalmente en muchos casos.

Material

Se probó con muestras de Poliestireno y Acero Inoxidable, se observa un buen comportamiento de ambos materiales a los ensayos.

Detergente

Este componente debe especificarse de acuerdo con la suciedad a eliminar, sin embargo, lo ideal es, no utilizarlo, debido a los problemas de consumo – costo y contaminación de aguas. En los experimentos se verificó que es perfectamente posible realizar el proceso sin detergente o con un mínimo del mismo.

Volumen

Se observa que a mayor volumen de agua a la misma potencia, decrece el efecto de limpieza. Este es un factor predominante de diseño, se obtuvieron valores de 6 a 7 Watt por litro, aunque se esperaba encontrar valores inferiores.

Potencia

Se observa que a mayor potencia el lavado es más eficiente respecto a calidad y menor tiempo de exposición de las muestras.

Agitación

Se observa que la agitación disminuye el efecto de cavitación, como consecuencia es menos eficiente el resultado de lavado de las muestras.

Distancia

Se aprecia que existe una distancia óptima para posicionar los transductores. Esta distancia se sitúa alrededor de los 40 a 50 cm.

Tiempo

Se observa que a mayor tiempo de exposición, mejor es el resultado, sin exceder el tiempo de 5:00 min, considerado como límite máximo para una aplicación comercial.

Otras Consideraciones

La mayoría de las pruebas entregan un resultado muy parecido, las ventajas y desventajas de la variación de los parámetros son muy sutiles sin embargo es posible distinguir como influyen estas variaciones en el proceso.

Se observa que la combinación de grasa y sangre en sectores localizados, presentan mayor resistencia a ser removidos por el proceso de lavado.

El sistema resulta eficiente para la limpieza superficial.



Impactos del proyecto

• Impactos de orden técnico-económicos

Con los resultados obtenidos, se procederá a desarrollar una nueva línea de lavadoras de utensilios y piezas pequeñas para la industria alimenticia en general, dentro de la nueva línea, se desarrollará un sistema continuo para lavado de bandejas de poliestireno para la industria del salmón.

La línea que se desarrollará tiene muy amplias perspectivas comerciales, ya que desde el inicio del proyecto había potenciales clientes interesados en los resultados del mismo. El interés se debe a las siguientes características beneficiosas del lavado ultrasónico:

- a) Según nuestros antecedentes, el elemento a limpiar no sólo queda libre de suciedades sólidas y grasas, sino también de bacterias, con lo que se tiene un gran ahorro de detergentes y sanitizantes especiales, típicos de la industria alimenticia. Estos efectos se comprobaron en la etapa experimental.
- b) La relación de las variables analizadas, en especial la relación potencia vs volumen de agua obtenida experimentalmente, permitirá certeza absoluta en el diseño de las nuevas líneas de productos de lavado.
- c) En la industria alimentaria el lavado de elementos de complejo diseño dificulta su utilización, consecuentemente, se obtienen grandes beneficios al poder lavar elementos de geometría compleja sin incurrir en mayores costos por mano de obra.
- d) De acuerdo a las características de los ensayos, se puede también concluir que se puede diseñar un equipo de lavado continuo, como por ejemplo una lavadora de bandejas, dado que es posible sostenerlas mecánicamente para evitar su flotabilidad, ya que esto no interfiere con el ataque del ultrasonido, una de las dudas iniciales se refería a la rigidez necesaria en el elemento a lavar para evitar el posible amortiguamiento de las ondas al chocar con las paredes del elemento a lavar.
- e) Se pueden diseñar equipos de lavado con ultrasonido estáticos y continuos, respetando la relación lts/kw y la variable de tiempo de residencia / proceso.

• Mecanismos de implementación de los resultados del proyecto

Como se ha mencionado, se comenzará a trabajar en el diseño de una nueva línea de productos de lavado basados en ultrasonidos e inmersión. Esto representa toda un área nueva de productos para la empresa, ya que existen clientes interesados en implementar la tecnología desarrollada. En este caso, es fundamental que el producto se adapte a los requerimientos de nuestra industria.

y que cuente con las garantías y soporte técnico en el país, factores ampliamente valorados en el medio.

Por el momento, se está transfiriendo a los clientes potenciales información respecto de los resultados del proyecto con el fin de sensibilizarlos ante la nueva tecnología.