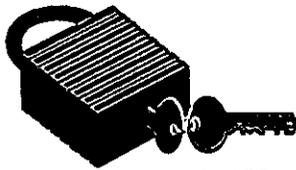


4113



C 652
2001
C

INFORME FINAL

PROYECTO FONTEC

199-1976

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

PATROCINADOR

EJECUTOR

JEFE

FECI

671.5204

C 652

2001

COALMET S.A.

COALMET S.A.

HORACIO RAFART MOUTHON

01 DE MAYO DE 2001



03/05/2001

PRESENTACIÓN

En el último decenio, se constata que el país ha sabido enfrentar con éxito el desafío impuesto por la política de apertura en los mercados internacionales, alcanzando un crecimiento y desarrollo económico sustentable, con un sector empresarial dinámico, innovador y capaz de adaptarse rápidamente a las señales del mercado.

Sin embargo, nuestra estrategia de desarrollo, fundada en el mayor esfuerzo exportador y en un esquema que principalmente hace uso de las ventajas comparativas que dan los recursos naturales y la abundancia relativa de la mano de obra, tenderá a agotarse rápidamente como consecuencia del propio progreso nacional. Por consiguiente, resulta determinante afrontar una segunda fase exportadora que debe estar caracterizada por la incorporación de un mayor valor agregado de inteligencia, conocimientos y tecnologías a nuestros productos, a fin de hacerlos más competitivos.

Para abordar el proceso de modernización y reconversión de la estructura productiva del país, reviste vital importancia el papel que cumplen las innovaciones tecnológicas, toda vez que ellas confieren sustentación real a la competitividad de nuestra oferta exportable. Para ello, el Gobierno ofrece instrumentos financieros que promueven e incentivan la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas productoras de bienes y servicios.

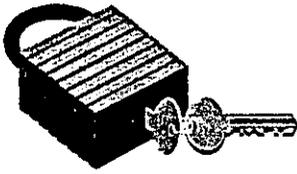
El Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo FONTEC, organismo creado por CORFO, cuenta con los recursos necesarios para financiar Proyectos de Innovación Tecnológica, formulados por las empresas del sector privado nacional para la introducción o adaptación y desarrollo de productos, procesos o de equipos.

Las Líneas de financiamiento de este Fondo incluyen, además, el apoyo a la ejecución de proyectos de Inversión en Infraestructura Tecnológica y de Centros de Transferencia Tecnológica a objeto que las empresas dispongan de sus propias instalaciones de control de calidad y de investigación y desarrollo de nuevos productos o procesos.

De este modo se tiende a la incorporación del concepto "Empresa - País", en la comunidad nacional, donde no es sólo una empresa aislada la que compete con productos de calidad, sino que es la "Marca - País" la que se hace presente en los mercados internacionales.

El Proyecto que se presenta, constituye un valioso aporte al cumplimiento de los objetivos y metas anteriormente comentados.

FONTEC - CORFO



CONTENIDOS

A. RESUMEN EJECUTIVO	1
B. EXPOSICION DEL PROBLEMA	2
C. METODOLOGIA Y PROGRAMA DE TRABAJO	3
D. RESULTADOS	5
E. IMPACTOS DEL PROYECTO	6
F. ANEXOS	

INFORME FINAL
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA 199-1976
DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE
RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE
ALUMINIO

EMPRESA COALMET S.A.

INICIO 01 DE MAYO DE 2000 TÉRMINO 01 DE MAYO DE 2001

A) RESUMEN EJECUTIVO

La empresa, inserta en el mercado metalmecánico y metalúrgico nacional participa en el segmento correspondiente a la fabricación de productos metálicos y aleaciones, visualiza un interesante nicho de mercado para los productos de soldadura base Sn y para los servicios asociados en el área de mantenimiento y reparación de intercambiadores de calor y radiadores automotores de aluminio.

La tendencia mundial en equipos de intercambio térmico, es sustituir el cobre por aluminio. Se estima que en el país se tendrá un gran mercado para estos servicios de reparación y mantenimiento, debido principalmente a los siguientes factores:

- a) La internación de automóviles de moderna tecnología, con radiadores y equipo térmico de aluminio, ha crecido de manera espectacular.
- b) La mayoría de los equipos automotores - radiadores, evaporadores de climatización y radiadores de calefacción - son diseñados integrando componentes de plástico, hecho que impide su reparación.
- c) La calidad de la infraestructura vial del país, particularmente en aquellos sectores no urbanos, unido a las malas prácticas de mantenimiento del conductor medio, induce una gran tasa de fallas de estos equipos.

Se debe notar, que este importante desarrollo está orientado al sector del parque automotor constituido, mayoritariamente, por automóviles particulares y en menor medida por los vehículos de carga y los equipos industriales.

La propuesta consistió en desarrollar consumibles para soldadura blanda, de acuerdo a las pautas y controles indicados por AWS (American Welding Society), el desarrollo de tecnologías de reparación de intercambiadores de acuerdo a los lineamientos proporcionados por ASME y AWS, y la aplicación de sistemas de

control de calidad para asegurar la integridad estructural y la performance de las unidades sometidas a reparación.

La fase de desarrollo de aleaciones y fundentes resultó bastante más compleja de lo que se esperaba, si bien se obtuvieron resultados alentadores, la performance de las soldaduras se logró mejorar durante la segunda etapa del proyecto. Esto redundó en un atraso que no fue significativo y que se recuperó durante el segundo semestre de trabajo del proyecto.

La empresa ha desarrollado un sistema que permite la soldadura "blanda" de aluminio y aleaciones de aluminio con soldaduras de base estaño. Con una tecnología convencional, el aluminio y las aleaciones de aluminio son imposibles de soldar porque las capas de óxido superficiales muy tenaces impiden el humedecimiento.

Con el método desarrollado por COALMET, el substrato de aluminio se limpia mecánica o químicamente, mediante el uso de fundentes especiales, para facilitar la unión con soldaduras base estaño. Las uniones así formadas son dúctiles, fuertes, relativamente resistentes a la corrosión y presentan resistencias similares a aquellas formadas en cobre y latón cuando se usan soldaduras y fundentes convencionales.

La tecnología de reparación desarrollada para recuperar radiadores automotores consiste en desarmar el aparato averiado, identificar las averías presentes, seleccionar los métodos de reparación, ejecutar las reparaciones, armar y probar el aparato. A la fecha se han desarrollado utilajes y técnicas apropiadas para efectuar estas operaciones y se cuenta con una amplia experiencia en reparación y recuperación de radiadores de muy diversos formatos que exhiben diversas fallas.

B) EXPOSICION DEL PROBLEMA

La empresa, ha desarrollado, en conjunto con calificados laboratorios nacionales, varios productos de soldadura base Sn para aplicaciones en cobre, aceros y en productos electrónicos. Un interesante resultado de estos desarrollos, es la posibilidad de continuarlos con aleaciones de base Sn para soldadura blanda de aluminio, ya que se tienen las bases químicas y metalúrgicas para la obtención de aleaciones y fundentes de gran capilaridad y mojabilidad. Cabe destacar, que estos aspectos son fundamentales en soldadura de Aluminio y sus aleaciones, donde la tenaz capa de alúmina (Al_2O_3), que crece naturalmente en la superficie de este metal, impide el buen mojado y la formación de la interface metálica necesaria para la unión metalúrgica.

Sin embargo, si bien la empresa ha desarrollado con éxito estos nuevos productos de soldadura, no posee el know-how sobre soldadura blanda, mantenimiento y

reparación de intercambiadores de calor de aluminio. En general, se estima que en el país no se ha desarrollado esta tecnología, principalmente debido que los potenciales prestadores de estos servicios, entre otros los competidores de COALMET, se enfrentan a la barrera tecnológica constituida por el desarrollo de los consumibles de soldadura. Es importante destacar que este último aspecto no es trivial de resolver, ni siquiera por la vía de comprar licencias de productos.

Así, la empresa emprendió el desarrollo de: consumibles para soldadura blanda, de acuerdo a las pautas y controles indicados por AWS (American Welding Society); tecnologías de reparación de intercambiadores, de acuerdo a los lineamientos proporcionados por ASME y AWS; y sistemas de control de calidad para asegurar la integridad estructural y la performance de las unidades sometidas a reparación.

El tipo de innovación que se desarrolló se enmarca dentro de la categoría de **DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS Y PROCESOS**, puesto que corresponde a un paquete compuesto por nuevas soldaduras y fundentes para aluminio y sus aleaciones y una tecnología para brindar servicios de reparación y mantenimiento de radiadores, de bajo costo y de alta calidad.

Los principales objetivos técnicos de estos desarrollos son los siguientes:

- Diseñar y desarrollar consumibles-alambres, barras y fundentes- para soldadura blanda de aluminio y sus aleaciones, de aceptación internacional de acuerdo a las recomendaciones AWS.
- Desarrollar e implementar una tecnología de reparación y mantención de radiadores automotores de aluminio, que emplea los consumibles antes señalados.

Para cumplir estos objetivos es necesario superar las necesidades de desarrollo de consumibles, equipos y tecnologías que se indican a continuación:

- Formulación de aleaciones base Sn y fundentes compatibles con las aleaciones de aluminio más típicas, empleadas en radiadores automotores.
- Desarrollo de partidas de prueba de estos consumibles y evaluaciones de ellos, tendientes a garantizar una buena soldabilidad.
- Diseño y calificación de procesos de soldadura por medio de protocolos AWS
- Aplicación de los consumibles a la soldadura de reparación de intercambiadores de aluminio
- Desarrollo de una tecnología de mantención y recuperación de intercambiadores de calor de aluminio, de calidad garantizada
- Desarrollo de una planta prototipo de reparación y pruebas de performance de los intercambiadores intervenidos

C) METODOLOGIA Y PROGRAMA DE TRABAJO

La metodología de investigación y desarrollo, de los productos y servicios que se emplearon en este proyecto de IT, se compone de los siguientes aspectos:

1. Desarrollo de consumibles para soldadura blanda de Aluminio y Aleaciones.

Comprende la formulación y selección de aleaciones y fundentes para soldadura, la producción de partidas de prueba y la evaluación de dichas partidas.

La formulación está basada en un criterio de diseño factorial, para cubrir la mayor variedad de posibilidades. Así, en el caso de las aleaciones se exploran los sistemas Sn-Zn, en el intervalo de composiciones de temperatura liquidus elevada, típicamente Sn-40Zn y Zn-30Sn, que se piensa generan adecuada resistencia mecánica de las uniones. A cada aleación desarrollada se le verifica la composición. En el caso de los fundentes, las formulaciones típicas de explorar cubren al menos las familias de los cloruros (tres familias).

2. Desarrollo de una tecnología de recuperación/mantenimiento de intercambiadores de calor y radiadores automotrices de aluminio

Comprende la caracterización de los mecanismos de falla de estos equipos, con la finalidad de establecer los criterios de reparabilidad o rechazo aplicables. Una muestra al azar de equipos defectuosos, integrada por unos 100 radiadores, es examinada para establecer dos niveles: reparable (se estima en al menos un 60%) y no reparable. En el primer grupo se identifican las fallas, su origen y la vía de solución. En general, de acuerdo a la experiencia de la empresa, las fallas reparables están concentradas en los tubos, placas colectoras y estanques superior e inferior.

Para cada una de las fallas tipificadas, susceptibles de repararse por soldadura, se efectúan ensayos de reparación. En general, estos ensayos incluyen la eliminación de tubos, desobstrucción de los mismos y reemplazo de los estanques.

Una muestra de al menos 60 radiadores reparados es sometida a pruebas normalizadas para evaluar la eficiencia de los procedimientos y la performance de las unidades reparadas. Las pruebas incluyen las siguientes evaluaciones:

- Prueba neumática, que consiste en inyectar aire a presión a los equipos y sumergirlos en un estanque con agua para verificar la estanqueidad.
- Prueba en banco vibratorio, que permite evaluar la resistencia a la fatiga de los radiadores.

Algunas unidades seleccionadas, cuya reparación comprometa la resistencia fluidodinámica y el área de transferencia de calor, se evalúan en un túnel de viento, con la finalidad de investigar el efecto de las reparaciones efectuadas sobre la capacidad del elemento intervenido.

Excepto en el último caso, donde los ensayos se realizan en una compleja instalación, los ensayos se realizan en bancos de prueba desarrollados especialmente para el proyecto.

Los resultados de las evaluaciones, en conjunto con los datos de proceso (tiempo de reparación, insumos y servicios empleados) permiten definir la estructura de costos de los servicios.

El programa de trabajo de este proyecto consistió de las siguientes actividades:

Nº	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Estudio y diseño conceptual de aleaciones y fundentes para soldadura blanda de aluminio, análisis de tendencias en desarrollo de radiadores automotores.	Estudio bibliográfico y búsqueda de información mundial sobre las más recientes tecnologías desarrolladas en estas áreas.
2	Diseño y realización del programa experimental de aleaciones y fundentes	Selección de las aleaciones y fundentes, producción de partidas de prueba, producción de probetas para exámenes de soldabilidad, realización del programa experimental, análisis de resultados, selección de aleaciones y fundentes definitivos
3	Diseño de tecnología de reparación/mantenimiento de radiadores	Definición y obtención de una muestra representativa de radiadores automotores, análisis y tipificación de fallas. Diseño de procedimientos de reparación, diseño y realización de utilajes de proceso, diseño y realización de facilidades para ensayos estandarizados. Definición del programa de pruebas estandarizadas
4	Desarrollo del programa de reparación de radiadores	Producción de unidades reparadas, evaluaciones de estanqueidad, de resistencia a la fatiga y de capacidad
5	Análisis de resultados	Análisis de los productos de soldadura desarrollados y definición de estándares de calidad para producción, definición de precios. Análisis de los servicios de reparación, definición de estándares de calidad, definición de precios y estrategia de comercialización. Realización de pruebas complementarias.
6	Pruebas de introducción al mercado de los productos y servicios desarrollados	Campaña de promoción de productos y servicios, desarrollo de catálogos de muestra, demostraciones y ejecución de pruebas con clientes selectos.
7	Correcciones y síntesis	Preparación de manuales de producción y operación de productos y servicios, integrando el punto de vista del cliente

D) RESULTADOS

Los resultados del proyecto se informan en el anexo Informe Técnico adjunto.

E) IMPACTOS DEL PROYECTO

La empresa logró ampliar su know-how en soldaduras blandas y adaptar esta tecnología para el servicio de mantención de radiadores de aluminio. Esto la sitúa, con muy buen pie, para abordar otros mercados nacionales e iniciar la introducción de ventas de licencias de reparación a los diferentes servicios técnicos a lo largo del país, y probablemente en algunos países limítrofes. Las licencias incluyen el conjunto de productos de soldadura, la tecnología de reparación, incluidos los sistemas de soldar y probar los radiadores, y un programa de capacitación. Los servicios técnicos tendrán el carácter de *Servicio Técnico Autorizado*.

La fase de pruebas de introducción al mercado, permitió mostrar los productos (soldadura blanda para aluminio y fundente) y el servicio de mantención de radiadores de aluminio, a varias empresas importantes del rubro. Captándose interesantes expectativas de venta de licencias para la empresa. Por otro lado, la evaluación in situ del radiador reparado de las empresas invitadas, muestran que la aceptación de los productos y servicios, permite pronosticar una buena penetración de mercado, lo que ha conducido a la empresa al lanzamiento definitivo de esta tecnología.

**FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO**

ANEXO Nº 1

**RESUMEN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE INNOVACION TECNOLÓGICA**

1. ANTECEDENTES GENERALES

Fecha: 27 de ABRIL de 2001

Código del proyecto	199-1976
Título del proyecto	DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO
Empresa	INDUSTRIAL y COMERCIAL de ALEACIONES y METALES S.A.
Informe Final	1
Total Informes	2

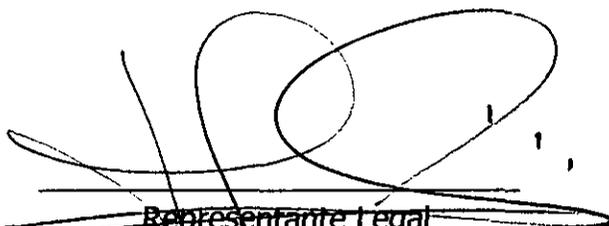
2. CUADRO DE RESUMEN DE ACTIVIDADES

2.1 Actividades programadas (según carta Gantt)
<ul style="list-style-type: none">• Estudio y diseño conceptual de aleaciones y fundentes para soldadura blanda de aluminio• Diseño y realización del programa experimental de aleaciones y fundentes.• Diseño de tecnología de reparación/ mantención de radiadores.• Desarrollo del programa de reparación de radiadores• Análisis de resultados• Pruebas de introducción al mercado de los productos y servicios desarrollados• Correcciones y síntesis
2.2 Actividades efectivamente ejecutadas
<ul style="list-style-type: none">• Estudio y diseño conceptual de aleaciones y fundentes para soldadura blanda de aluminio• Diseño y realización del programa experimental de aleaciones y fundentes.• Diseño de tecnología de reparación/ mantención de radiadores.• Desarrollo del programa de reparación de radiadores• Análisis de resultados• Pruebas de introducción al mercado de los productos y servicios desarrollados• Correcciones y síntesis

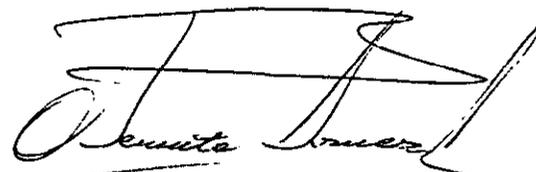
**FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO**

2.3 Comentarios (USO EXCLUSIVO FONTEC)

[Empty box for comments]



Representante Legal
Empresa



Contador
Empresa
CODECOR S.A.
AUDITORIAS ASESORIAS
CONTABLES

Ejecutivo de Proyectos
FONTEC

La información que respalda la presente rendición se encuentra disponible en el departamento de contabilidad de la empresa para cualquier consulta o revisión por parte de FONTEC u otro organismo fiscalizador.
Declaro bajo juramento que los datos contenidos en esta declaración de gastos son verídicos. Asimismo, declaro conocer las disposiciones relativas a sanciones en caso de suministrar informaciones incompletas, falsas o erróneas.

**FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO**

ANEXO N° 3

IMPLEMENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

CÓDIGO DEL PROYECTO	199-1976
TÍTULO DEL PROYECTO	DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO
EMPRESA	COALMET S.A.
IMPLEMENTACION DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO	
1. PRINCIPALES RESULTADOS	
<ul style="list-style-type: none">• Se desarrolló una soldadura blanda con base estaño y tratada con fluoroboratos, incluidos en el fundente. Los estándares de calidad tanto para las soldaduras desarrolladas y los procesos de producción se resumen en: i) El sustrato tiene una composición de Aluminio Puro, tipo 1100 y con muy poco aleante y ii) La soldadura blanda para este sustrato tiene una composición de Sn33-Pb, la cual sigue un proceso de fabricación de trefilado/extruido en calidad normal. Esta soldadura tiene que ser aplicada con un fundente a base de fluoroborato.• Se diseñó una tecnología de reparación/ mantenimiento de radiadores, la cual incluye los procedimientos a seguir para la reparación del radiador y para el proceso de soldadura.• El programa de evaluación de performance de radiadores reparados, indicó que las reparaciones que afectan a los tubos son las más incidentes y en última instancia definen la condición de reparable o no reparable. En efecto, los resultados experimentales muestran que aquellas fallas que introducen pérdidas de área de intercambio superiores al 10% no permiten recuperar adecuadamente la performance requerida en servicio y en consecuencia no es aconsejable proceder a la reparación del radiador.• Se mostró los productos (soldadura blanda para aluminio y fundente) y el servicio de mantenimiento de radiadores de aluminio, a varias empresas importantes del rubro. Captándose interesantes expectativas de venta de licencias para la empresa.• La evaluación in situ de radiadores reparados de las empresas invitadas, muestra que la aceptación de los productos y servicios es muy buena.	
2. ACCIONES PARA IMPLEMENTAR EL PROYECTO A ESCALA PRODUCTIVA	
<ul style="list-style-type: none">• Difundir el servicio de reparación y sus ventajas comparativas con las opciones de mercado vigentes, destacando la diferencia de precio y la calidad de la reparación.• Garantizar la confiabilidad de las reparaciones y el rendimiento óptimo del equipo reparado.• Prestar apoyo técnico a los propietarios de vehículos con el objetivo de diagnosticar el funcionamiento de los radiadores.• Implementar una línea de pseudo distribuidores de esta tecnología en Santiago, ofreciendo el servicio de reparación a precio costo, de manera de que en los pequeños talleres de reparación promocionen una alternativa buena y barata a los propietarios de automotores.• Introducir el servicio en provincias, vendiendo licencias de esta tecnología la cual incluye la soldadura blanda desarrollada, kit de repuestos, la tecnología de soldadura y de reparación y la asesoría técnica correspondiente.	

**FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC-CORFO**

ANEXO N° 4

**CARTAS DE RESPUESTA DE ALGUNAS EMPRESAS A LA INVITACIÓN DE
COALMET A CONOCER Y PROBAR LA TECNOLOGÍA DEL PROYECTO**

RENE MIGUEL TORRES TORRES
SERVICIO AUTOMOTRIZ

SEÑORES
COALMET LTDA.
PRESENTE

Acuso recibo de carta enviada por Uds., respecto del proyecto denominado DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE TECNOLOGIA DE RECUPERACION Y MANTENCION DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO.

Es importante conocer de la existencia de esta tecnología en nuestro medio, pues ayudara dar una solución económica a los desperfectos que se presentan constantemente en estas piezas automotrices

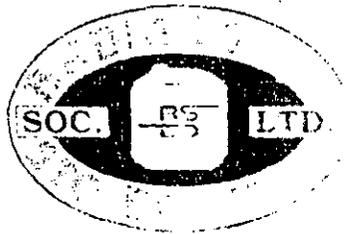


RENE M. TORRES TORRES
SERVICIO AUTOMOTRIZ
CREDITO 429
2229154 - 6342402

Saluda atentamente a UDS.,,

RENE MIGUEL TORRES TORRES

Santiago 20 de abril de 2001.



Santiago, Abril 12 del 2001.

Señores:
COALMET S.A.
At: Sr. Horacio Raúl M.
Prezente

De mi consideración:

En referencia a la carta recibida, queremos comunicarle que nuestra Empresa está muy interesada en sus ofrecimientos de productos y servicios del proyecto "DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGIA DE RECUPERACION Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO". Por tal motivo estamos dispuestos a que nos visite un Representante Técnico para poder apreciar los productos y servicios que ustedes han desarrollado.

Sin otro particular le saluda cordialmente

Juan Carlos Rosende Z.
Soc. Radiadores Santo Domingo Ltda.

RADIADORES AMBEL Y CIA LTDA

Gran Avda. José M. Carrera 4628
San Miguel - Santiago - Chile
E-Mail Radambel@entelchile.net
Fono 551 14 35 Fax 544 21 80

Señores
COALMET
Presente

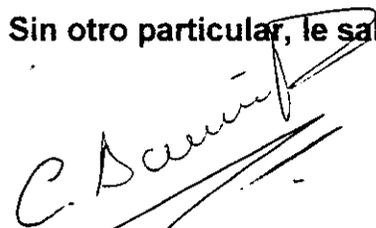
At. Sr. Horacio Rafart

La presente es para informar acuso recibo de carta enviada por ustedes el día martes 10 del presente mes poniéndonos en conocimiento sobre el proyecto de tecnología de recuperación y mantencion de radiadores automotores de aluminio.

Es interesante saber que ya existe esta tecnología en nuestro mercado y así poder Adquirirla para dar solución a una gran cantidad de clientes.

Para poder conocer y apreciar directamente los productos y servicios que ofrecen Los visitaremos lo antes posible y así quedar mejor informados.

Sin otro particular, le saluda cordialmente.



Claudio Acuña Farias
Jefe de Adquisiciones

RADIADORES
Ambel y Cia Ltda.

Santiago 12 de Abril de 2001

RADIADORES AUTOMOTRICES E INDUSTRIALES - INGENIERIA Y DISEÑO
AIRE ACONDICIONADO - CALEFACCION - INTERCOOLER - CONDENSADORES
EVAPORADORES - INTERCAMBIADORES DE CALOR - ENFRIADORES DE ACEITE

INDUSTRIA NACIONAL DE PIEZAS Y PARTES METALURGICAS LTDA.



Santiago, 23 Abril de 2001

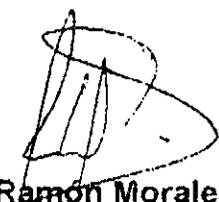
Señores
 Coalmet S.A.
 At.: Sr. Horacio Rafart M.
Presente

De nuestra consideración:

Acusamos recibo de la carta enviada por ustedes, donde nos informan del nuevo proyecto que han denominado "DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGIA DE RECUPERACION Y MANTENCION DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO".

Estamos seguros que este nuevo proyecto, resulta un gran avance tecnológico, principalmente enfocado a nuestro rubro. Por tal motivo nos interesa coordinar una reunión para visitar sus dependencias, con el objeto de conocer en terreno este interesante desarrollo.

Agradeciendo vuestra consideración, les saluda atentamente,


 Ramón Morales
 Gerente de Producción

RM/bv
 c.c. : Archivo

División Automotriz
 - Radiadores Originales
 - Radiadores Nacionales
 - Paneles
 - Condensadores
 - Intercóler

División Construcción
 - Tejas de Acero Gravilladas y Propintadas
 - Planchas para Calderas Metálicas y Artificiales
 - Conectores Metálicos para Madera

División Minería e Industrias
 - Intercambiadores de Calor INPPA
 - Banco de Tubos Aleados
 - Bandejas y Racks para Sondaje Minero
 - Intercambiadores de Placa APE U.S.A.
 - Sistema de Enfriamiento UNIFIN CANADA



Camino a Melipilla N° 13.4
 Casilla 80 - Cerrillo
 Fono: (56-2) 677 181
 Fax: (56-2) 677 182

**DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y
MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO**

INFORME FINAL

**1. ESTUDIO Y DISEÑO CONCEPTUAL DE ALEACIONES Y FUNDENTES PARA
SOLDADURA BLANDA DE ALUMINIO**

De los tres métodos comunes para unir metales y aleaciones, a saber, A) soldaduras blandas, B) soldaduras fuertes o con latón y C) soldaduras por fusión con arco eléctrico, la soldadura blanda es la que se lleva a cabo con las temperaturas más bajas. A diferencia de la soldadura al arco, la soldadura blanda y la soldadura fuerte se basan esencialmente en la fusión del metal de aporte, pero sin fundir en grado alguno el substrato. Con todo, se forma una verdadera unión metalúrgica entre la soldadura y el substrato por la acción de la soldadura fundida en el substrato sólido, con posibles reacciones interfaciales variables, tales como la difusión sólida y líquida, la fusión y la solubilización de las sustancias disueltas y la formación de compuestos intermetálicos.

Para obtener buenas uniones de soldadura, la soldadura fundida debe en primer lugar entrar en contacto íntimo con el substrato para "mojarlo" y extenderse sobre el mismo. Una adecuada preparación de la superficie y fundentes apropiados cumplen esta función. Las temperaturas de aplicación, la capacidad de eliminar el exceso de fundente, la estabilidad con la temperatura y la resistencia a la corrosión de la unión son algunos de los otros factores que influyen en general en la obtención de uniones de soldadura aceptables en lo que de otro modo parece ser una operación de unión relativamente sencilla.

Las soldaduras de base estaño ("blandas") han sido durante muchos años el soporte principal de la industria para la unión de cobre, latón y otras aleaciones de cobre. Los contenidos de estaño normalmente oscilan entre 10% y 70%. Los fundentes son básicamente de tipo ácido o de resina. Estas soldaduras dan buenos resultados con estos substratos, con procedimientos establecidos y tomando las precauciones del caso. Es característica del cobre soldado con estaño y las aleaciones de cobre la formación de una delgada zona de un compuesto de aleación interfacial o la formación de una fase entre la soldadura y el substrato.

En contraste con la tecnología para la unión de cobre y sus aleaciones, no se conoce sistema alguno aceptable de soldadura de estaño para unir aluminio y aleaciones de aluminio. Esto es así por varios motivos básicos, el principal es el hecho de que el aluminio es un metal extremadamente reactivo con el oxígeno del aire, de manera que una capa de óxido delgada, continua y tenaz se encuentra presente inherentemente. La capa resiste la acción de los fundentes convencionales e impide el contacto directo de la soldadura fundida en el aluminio, contacto requerido para el humedecimiento, la extensión y la posterior formación de la unión. Los procedimientos utilizados actualmente en las soldaduras de aluminio, que obviamente no utilizan soldaduras "blandas" no se prestan para la reparación de uniones defectuosas o deterioradas. Aun cuando se ha logrado cierto éxito en la reparación de elementos de aleaciones de aluminio, aquellos que necesitan reparación, normalmente se desechan. El desarrollo de tecnología para acondicionar la superficie del substrato de tal manera que forme fácilmente uniones con soldaduras blandas permitiría una fabricación o reparación viable de elementos de aluminio y/o aleaciones del mismo. Dicha tecnología podría tener un impacto substancial en el aprovechamiento eficaz de componentes de aluminio, con la consecuente disminución de los costos operacionales asociados.

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

2. DISEÑO Y REALIZACIÓN DEL PROGRAMA EXPERIMENTAL DE ALEACIONES Y FUNDENTES

La investigación inicial del proyecto se centró en una evaluación de los factores que impiden el uso de soldaduras de base estaño en la unión de aluminio. Básicamente, para orientar el problema en cuestión se realizó un sondeo sobre una muestra de mas de 100 radiadores de aluminio, que operan en el país, comprobando que la aleación que se utiliza es principalmente la del tipo 1100 o sea aluminio puro.

Se efectuaron pruebas iniciales de soldadura de Aluminio tipo 1100, empleando fundentes sumamente activos y corrosivos, a base de cloruros de litio, potasio, sodio y zinc, jugando con mezclas entre sus eutécticos, para lograr las temperaturas de soldadura más bajas posibles. En la mayoría de los casos fue posible inducir en las soldaduras de base estaño humedecimiento y extensión sobre el aluminio. Sin embargo, estas uniones en su primera apreciación "perfectas", casi no tienen resistencia, independientemente del tipo de aleación con que se produjeran las soldaduras. Hay una clara demarcación entre la soldadura de base estaño y el aluminio, sin evidencia de la formación de una zona interfacial de reacción entre la soldadura y el sustrato, como normalmente es evidente al soldarse cobre o latón con soldaduras de base estaño. Además, después de un período relativamente breve (1 mes), siempre se produce corrosión entre la interfase de la soldadura con el sustrato y la soldadura simplemente se desprende del aluminio. En condiciones de corrosión acelerada (cámara de niebla salina), este fenómeno se produce al cabo de una semana. Los experimentos iniciales ilustraron vívidamente que las soldaduras de base estaño no pueden aplicarse eficazmente en aluminio y sus aleaciones sin introducirse una interfase intermedia de metal o aleación.

Estos resultados modificaron substancialmente la orientación de la investigación, quedando de manifiesto que el éxito de ésta solo se lograría si se desarrollaba la capacidad de producir una interfase metálica, que resistiera la corrosión, previa al proceso de soldadura propiamente tal, o sea se necesitaba desarrollar un fundente de características muy especiales, que cumpliera esta condición relegando a una segunda etapa la búsqueda del tipo de aleación metálica que produjera la soldadura mas adecuada.

Una exhaustiva revisión bibliográfica orientó en el camino hacia el depósito de esta capa o interfase metálica intermedia centrando la investigación sobre tres temas, que de acuerdo a un criterio técnico-comercial eran los más factibles de desarrollar, a saber: A) El depósito sobre aluminio de metales de bajo punto de fusión por electrodeposición espontánea desde fluoroboratos, a través de un fundente, B) Depósito de cobre sobre aluminio por electrodeposición forzada (electrólisis) y posterior soldadura "convencional" y C) Depósito de plata metálica sobre aluminio por descomposición térmica de su nitrato, seguido de soldadura convencional.

Se desarrollaron los métodos indicados y se evaluaron sus ventajas y desventajas técnicas, proceso que aconsejó continuar con la optimización del método A), por ser el más práctico y el que requería menos innovaciones técnicas e implementación desde el punto de vista del usuario (tallerista).

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

Posteriormente, se desarrollaron pruebas de humedecimiento de las soldaduras de base estaño de los substratos de aluminio tratados con estos fluoroboratos. Las que se llevaron a cabo colocando una cantidad dada de la soldadura en la muestra de aluminio (una placa de 40x 40 mm y 0,5 mm de espesor), calentada aproximadamente a 35°C sobre la temperatura líquida de la soldadura, y observando si la soldadura se extendía o permanecía como "glóbulo" fundido. Al producirse humedecimiento, se examinaron con microscopio óptico las interfaces de las muestras seccionadas para observar la formación de la fase interfacial. El deshumedecimiento después del humedecimiento se caracterizó por la extensión del glóbulo o glóbulos de soldadura, seguida de una reversión a un glóbulo o glóbulos de soldadura fundidos. Se hicieron pruebas de extensión junto con las pruebas de humedecimiento. Las muestras de aluminio se calentaron del mismo modo, y se permitió a la soldadura de base estaño extenderse al máximo. Para cuantificar la eficiencia de la extensión se determinó el área específica del substrato, usando un software de cálculo de áreas especialmente adaptado para este propósito. La masa de soldadura empleada se obtuvo empleando una balanza analítica. Los resultados se expresaron en términos comparativos con la extensión de la soldadura de base estaño sobre un substrato de cobre. Se estimó que un valor de área específica de substrato, de alrededor de 75% o más en relación con el área específica de la soldadura de base estaño sobre cobre, representaba un buen nivel para los propósitos de este desarrollo.

Empleando fundentes del tipo fluoroboratos se emprendió un estudio acerca del tipo de aleación que produjera la unión más satisfactoria, imponiéndose como condición que su punto de fusión se mantuviese dentro del rango de las soldaduras de base estaño usadas normalmente. Después de numerosos ensayos prácticos se decidió trabajar con las seis aleaciones diferentes indicadas en la Tabla 1, estableciendo un ranking de soldabilidad sobre la base de las siguientes propiedades y características tecnológicas de los respectivos sistemas aleación-fundente:

- Área específica (A_s)
- Fluidéz de la aleación
- Resistencia a la corrosión interfacial
- Resistencia a la tracción

Tabla 1: Aleaciones empleadas en el desarrollo de Sn-X para Soldaduras de Aluminio

Aaleación N°	1	2	3	4	5	6
Composición Tipo	Coalmet Reysol	Coalmet 50% Alta Fluidéz	Coalmet Ecosolder	Sn63-Pb	Sn33-Pb	Sn91-Zn

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

2.1 Area específica de sistemas Sn-X/fundente explorados en esta investigación

El aparato experimental empleado para efectuar estas evaluaciones consiste de una plancha calefactora termostatzada, sobre la cual se instala una placa de aluminio a la que se le deposita soldadura y fundente. Los resultados típicos de tales ensayos, que incluyen una vista del aparato y de las probetas con su deposito de soldadura se informaron en la Figura 1 del respectivo informe de avance.

La Figura 2 muestra el resumen de los resultados obtenidos en estas evaluaciones. Notar que los sistemas 1 a 6 presentan los mejores índices de área específica, son por lo tanto buenos candidatos para soldar mediante la técnica de *soldering*.

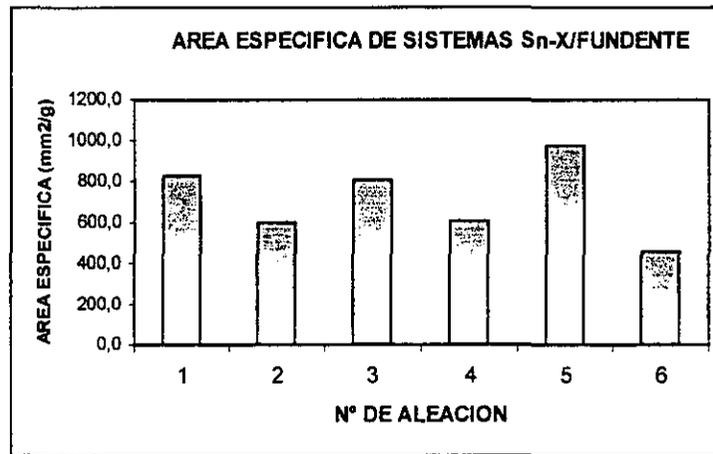


Figura 2: Area específica de sistemas Sn-X/fundente para soldadura de Aluminio

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

2.2 Fluidéz de los sistemas de aleación propuestos para soldadura de Aluminio

Un parámetro operacional de gran importancia para el diseño de aleaciones para soldadura blanda es la fluidez. Este es un concepto tecnológico que esta relacionado con la viscosidad del material y por ende con la temperatura de operación y con su fracción sólida. En general se sabe que las aleaciones eutécticas son las que presentan alta fluidez durante las operaciones de soldadura. Para evaluar este parámetro se desarrolló un aparato de medición de fluidez sobre la base de las recomendaciones AFS (American Foundryman Society). Este consiste de un molde metálico con un sistema de alimentación y un conjunto de finas canales, como se observa en la Figura 3 del respectivo informe de avance. El índice de fluidez es nada mas que la longitud total de llenado de las canales, expresado en metros.

La Figura 4 del informe de avance referido muestra resultados gráficos de pruebas de fluidez en diferentes aleaciones. La Figura 5 proporciona un resumen de los resultados obtenidos para el conjunto de aleaciones propuestas en este estudio.

Como cabía esperar las aleaciones que presentan los mas altos índices de fluidez son la N° 4 y N° 6, que corresponden a aleaciones del tipo eutéctico.

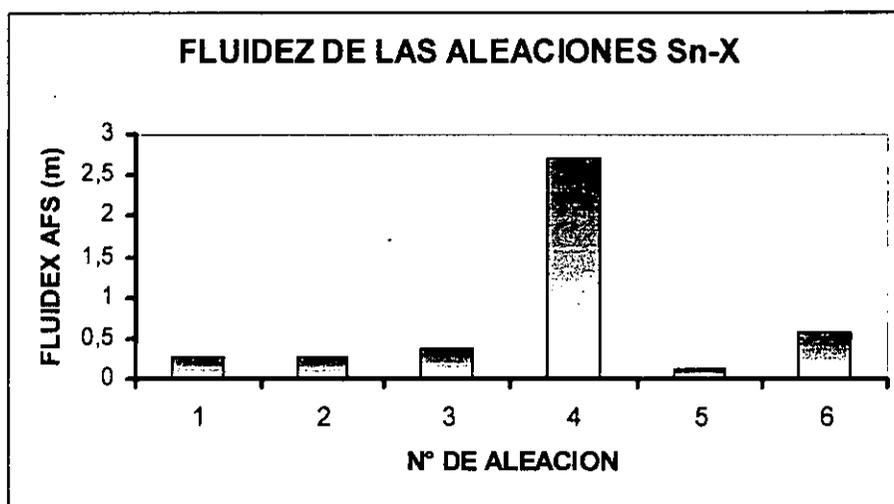


Figura 5: Índice de Fluidéz de las aleaciones Sn-X desarrolladas en este proyecto.

2.3 Resistencia a la corrosión interfacial de sistemas Sn-X/fundentes para soldadura de Aluminio

Se prepararon uniones soldadas con cada uno de los sistemas de soldadura/fundentes indicados en la Tabla 1, que se sometieron a evaluaciones de resistencia a la corrosión en laboratorio. Estas pruebas consistieron en exposiciones durante varios períodos (de hasta 200 horas) en una cámara de niebla de acuerdo a las recomendaciones de la norma ASTM B117-73. Los resultados se evaluaron mediante examen visual de la región del substrato y la

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

soldadura antes y después de probar la flexión, y observando las grietas de la soldadura o separaciones de la soldadura del sustrato.

En general, después de 200 horas de exposición en cámara de niebla salina los depósitos de soldadura no presentan alteraciones aparentes o ataque de corrosión. Sin embargo, las muestras N° 3, 5 y 6 exhiben desprendimiento de las soldaduras y las muestras N° 1, 2 y 4 presentan inicio de desprendimiento. Claramente se observa una mejor resistencia a la corrosión interfacial de aquellas aleaciones ricas en Pb. No obstante, cabe destacar que la prueba en si es de una exigencia límite, no encontrada en el ambiente de trabajo de radiadores automotores. En efecto, según ASTM B117-73 la prueba de corrosión en cámara de niebla salina debe efectuarse a 30 °C en un ambiente de vapor saturado de NaCl; lo que propicia el ataque de cloruros sobre la interfase de soldadura. La pruebas de resistencia interfacial sobre soldaduras efectuadas en radiadores reparados indicaron que estas exhiben una muy buena performance, sin que se detectara desprendimiento o indicios de corrosión. Este buen comportamiento se explica a raíz de las propiedades de los fluidos que se emplean como medio refrigerante en radiadores automotores, que en general exhiben propiedades anticongelantes y antioxidantes, lo que favorece la generación de un ambiente benigno a nivel de la interfase soldada.

2.4 Resistencia a la tracción de las soldaduras Sn-X/Fundente

Uno de los requisitos fundamentales que debe cumplir una buena soldadura se relaciona con su capacidad de carga. En general, en soldaduras estructurales el criterio que se aplica es que la soldadura tenga una resistencia mecánica igual o superior a la del material base. Para las soldaduras base Sn, que se catalogan como soldaduras blandas, no se aplica tal criterio de modo que en este trabajo se diseñaron pruebas mecánicas, que si bien indican la capacidad de carga de las soldaduras empleadas, deben entenderse sobre una base comparativa. Empleando los lineamientos de AWS Structural Welding Code, se diseñaron probetas de soldaduras de traslape simple, como indica la Figura 6. Se usaron placas de aluminio 1100 de 56 mm de longitud por 25 mm de ancho y 5 mm de espesor. La unión se desarrolló en una región traslapada de 15 mm de longitud, el área nominal de carga consistió entonces de un rectángulo de 375 mm² (15x25 mm²). Como base de comparación se empleó una probeta de cobre soldada con Sn-Pb y un fundente comercial. Los ensayos de tracción se efectuaron en una maquina Instron, modelo TTDM de 10 Ton de capacidad en el modo de 500 kg de carga. La velocidad del cabezal se mantuvo constante en 2 mm/min, todos los ensayos se efectuaron a temperatura ambiente y se repitieron por lo menos tres veces.

La Figura 7 muestra las curvas de Esfuerzo Nominal en función del desplazamiento de las mordazas, para todas las muestras ensayadas. En general, el comportamiento de las uniones soldadas tiende a ser del tipo dúctil y la falla por corte de la soldadura se produce luego de un desplazamiento máximo de unos 2 mm.

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

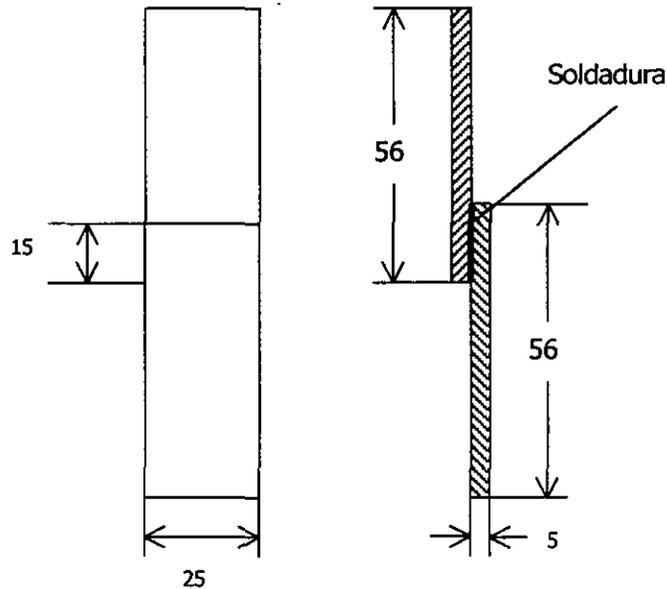


Figura 6: Probetas de soldadura empleadas en los ensayos de tracción.

La resistencia de las uniones se muestra en la Figura 8. La resistencia de la unión testigo de cobre, en promedio es de 1.7 kg/mm². El mejor comportamiento en tracción es desarrollado por las soldaduras N° 4, N° 5 y N° 6. El mejor desempeño corresponde a la soldadura N° 6, con una resistencia de 0.9 kg/mm² que representa un 53% de la resistencia máxima de la probeta testigo. Cabe destacar que algunas soldaduras no exhiben resistencia alguna, como es el caso de la N° 1, que se rompe con la sola manipulación de montaje en la maquina de tracción.

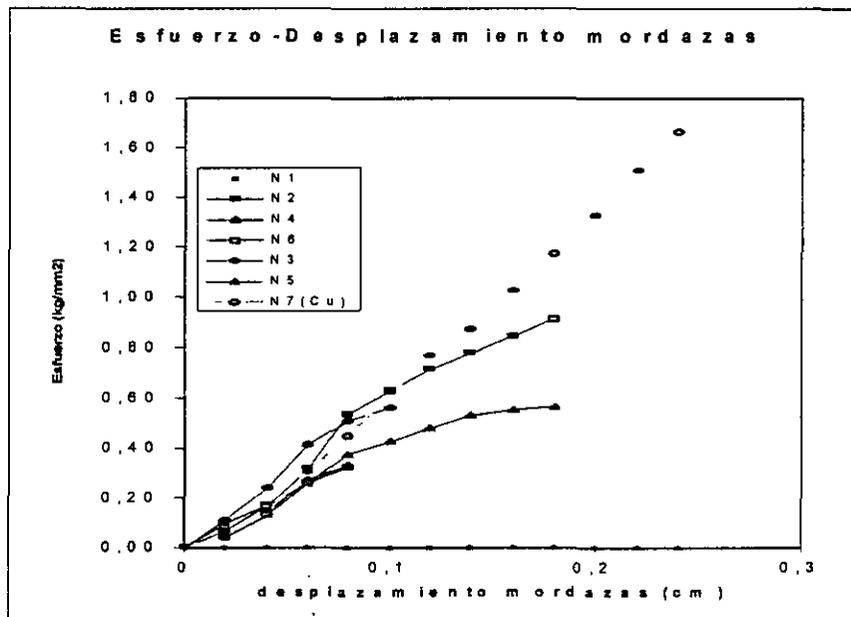


Figura 7: Curvas de Esfuerzo-Desplazamiento de las uniones Sn-X/Fundente ensayadas.

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

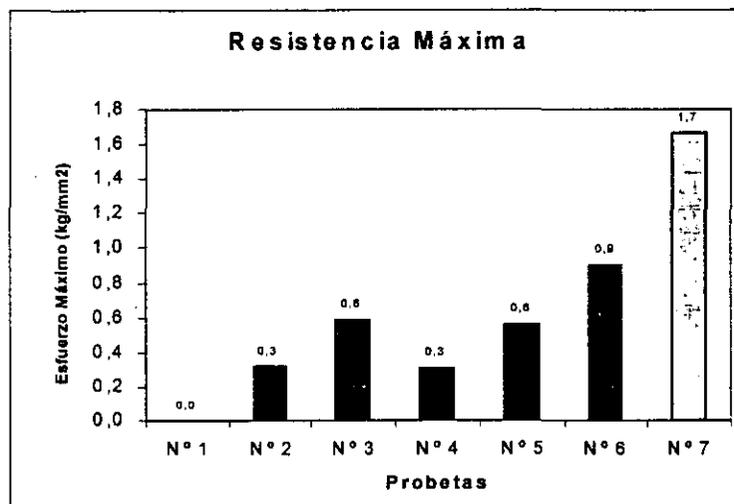


Figura 8: Resistencia máxima de las soldaduras Sn-X/Fundente ensayadas.

3. DISEÑO DE TECNOLOGÍA DE REPARACIÓN/ MANTENCIÓN DE RADIADORES

Una muestra de 100 radiadores averiados fue inspeccionada con el objeto de clasificar los tipos de falla, su naturaleza y su factibilidad de reparación con la tecnología en desarrollo. Se efectuaron una serie de análisis de químicos tendientes a clasificar los tipos de aluminios empleados en la fabricación de radiadores, estableciéndose que mayoritariamente se trata de aluminio tipo 1100.

Respecto de los tipos de fallas y averías que exhiben los radiadores, del universo de muestras analizadas se encontró que en general y reiteradamente se presentan cuatro tipos diferentes de fallas reparables, que implican diferentes tipos de reparación. La Tabla 5 señala los tipos de fallas/averías encontrados y su incidencia respecto del total analizado.

Tabla 2: Tipificación de fallas/averías de radiadores y su incidencia respecto de la muestra.

Falla tipo	Descripción general	% ocurrencia
1	Filtración en el panel por rotura de tubos	17%
2	Filtración en la unión tubo colector	53%
3	Filtración en la unión colector-bote plástico por falla de o-ring	10%
4	Filtración en el bote plástico por rotura del mismo	20%

La técnica de reparación para cada caso se describe e ilustra a continuación:

Falla tipo 1.

La filtración en el panel puede ser reparada por dos caminos diferentes: a) Si la filtración es pequeña y su reparación mediante soldadura blanda es factible, se procede a cortar el tubo

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

dañado se le emballeta en ambos extremos y se suelda (Figura 9 informe de avance), b) Si la filtración y/o la zona a soldar es complicada se procede a desacoplar ambos botes plásticos del colector, mediante el equipamiento desarrollado por COALMET (Figura 10 informe de avance) y el tubo se sella con soldadura blanda directamente sobre el colector en ambos extremos. Posteriormente y empleando el mismo equipamiento se ensamblan nuevamente los botes.

Falla tipo 2.

En este tipo de falla, que por lo demás es la más común, no es posible reparar la filtración tubo/colector soldando directamente sobre el área de falla pues se dañaría el o-ring de goma que sella el colector con el bote de plástico. No existe otro camino que desacoplar el bote de plástico mediante el procedimiento ya señalado y sellar la filtración soldando el área afectada con soldadura blanda desde la parte superior del colector, para posteriormente ensamblar el bote.

Falla tipo 3.

Esta falla es muy fácil de reparar puesto que solo bastará con desacoplar el bote de plástico, reemplazar el O-ring dañado y ensamblar el bote nuevamente.

Falla tipo 4.

Este tipo de falla es el más complicado de reparar si no se cuenta con el bote plástico de reemplazo, puesto que involucra fabricar artesanalmente el bote en cobre y soldarlo sobre el colector de aluminio en todo su perímetro. Sin embargo este tipo de falla que aparece como la más dificultosa, justifica a nuestro juicio todo el esfuerzo desplegado en el desarrollado del presente proyecto, puesto que si bien es cierto que se podría contar con un stock completo de botes de plástico, la variedad de marcas, tipos de vehículos y modelos existentes en el mercado nacional, sumados a la baja cantidad de los mismos harían que este "stock" tuviese precios exorbitantes.

La factibilidad de fabricar estos botes especiales en cobre y su posterior soldadura blanda al colector de aluminio del radiador original, justifica a nuestro juicio, por sí sola este novedoso sistema de reparación (Figura 11 del informe de avance).

Como se indicó en los párrafos anteriores, para proceder a desarrollar las operaciones de desarmadura, reparación y armadura de radiadores, se desarrolló una facilidad consistente de una prensa neumática con bancada de cuatro barras, que permite trabajar con una gran variedad de formatos diferentes y un conjunto de machinas que permiten manipular y trabajar el radiador en proceso. En el informe de avance se incluyen planos de diseño y fotografías que ilustran los desarrollos realizados.

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

PREPARACION PARA LA SOLDADURA

Previos a los procesos de soldadura propiamente tal, los elementos a reparar son lavados exhaustivamente mediante detergentes con hidrolavadoras, hasta que toda la suciedad, especialmente polvo y aceite son claramente removidos.

Los tratamientos mecánicos de las superficies se llevan a cabo con equipo convencional de pulido con chorro de arena, chorro de perdigones o mediante cepillado de alambre. Si eventualmente persisten películas de aceite en los materiales del sustrato, que no fueron removidos por las hidrolavadoras, se eliminan con disolventes convencionales o mediante ataque químico en solución acuosa de 20% de NaOH aplicada mediante inmersión o limpieza con escobilla, o de ambas maneras, por un lapso de máximo un minuto, seguidos de enjuagues en agua pura y tratamiento con solución de ácido nítrico al 50% de la misma forma hasta por periodos de 30 segundos. En caso de no hacerse limpieza mecánica, este tratamiento con soda cáustica y ácido nítrico se lleva a cabo en forma rutinaria para limpiar las superficies del sustrato. Una vez reparadas las unidades defectuosas se someten a prueba inyectándoles aire a presión (20 Psi) y sumergiendo las piezas bajo el agua en una tina de prueba. La ausencia de burbujeo bajo el agua es indicativa de que la falla ha quedado reparada (Figura 12 informe de avance).

4. DESARROLLO DEL PROGRAMA DE REPARACIÓN DE RADIADORES

Se trabajó con un lote de 60 radiadores reparados, los cuales presentaban fallas que se encuentran frecuentemente en estas unidades, tipificadas en el Capítulo 3. El lote completo se reparó según los procedimientos establecidos en el mismo Capítulo 3.

La evaluación de la performance de la reparación reporta los siguientes resultados:

a) Pruebas de estanqueidad

Las pruebas de estanqueidad se realizaron en un sistema hidráulico, el cual usa agua como fluido de prueba. Las pruebas se realizaron hasta alcanzar una presión de 20 Psi, un 50 % mayor que la presión de trabajo del radiador en condiciones normales y luego se mantiene el sistema a esta presión por un periodo de 15 minutos. Del total de la muestra, los resultados indican que un 90 % de los radiadores probados no presentaron problemas de fuga. Aquellos especímenes que no superaron la prueba, en general exhibían problemas de soldadura en las regiones de mayor complejidad geométrica (esquinas de la placa colectora o en los tubos sellados muy deteriorados), ver Figura 13.

b) Ensayos de fatiga

Los ensayos de fatiga se realizaron en un Banco de Fatiga especialmente acondicionado para radiadores, ver Figura 14. Esta instalación consta de una banco donde se instala el radiador y en la cual se reproducen los parámetros de trabajo normal de un radiador automotor y a su vez el sistema se somete a un proceso de vibración continua de baja frecuencia, evaluándose

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

cada radiador por un periodo de 10^6 ciclos. Los resultados fueron satisfactorios en un 98 % del total de radiadores ensayados. En los pocos casos en que el ensayo fue negativo, en general las fallas no se presentan en las soldaduras efectuadas, estas se localizaron preferentemente en las uniones más débiles o más deterioradas por el uso, tales como niples de entrada y salida de agua o en los soportes exteriores. La conclusión general de estos ensayos es que el proceso de reparación no degrada apreciablemente la integridad estructural del radiador y en consecuencia no afecta significativamente su resistencia a la fatiga.

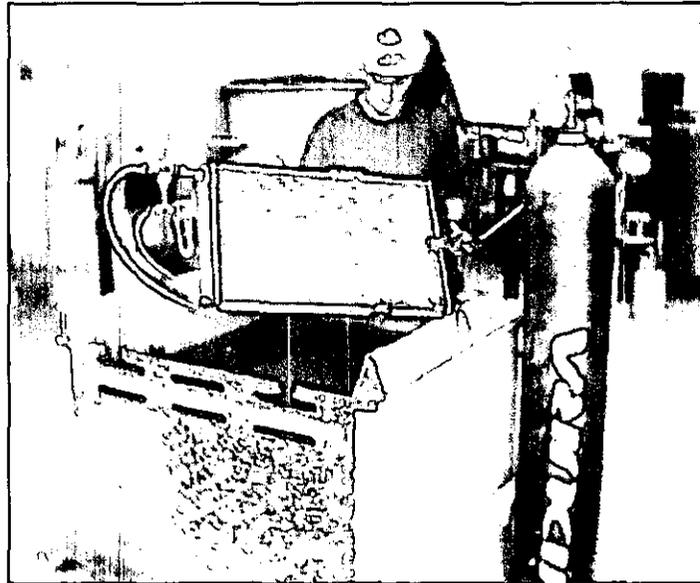


Figura 13: Prueba de estanqueidad de radiadores reparados mediante el procedimiento COALMET

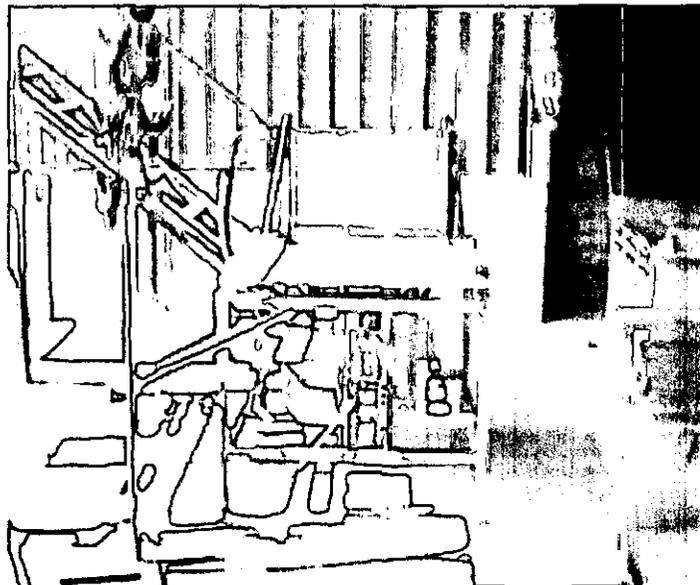


Figura 14: Ensayo de fatiga de radiadores reparados mediante el procedimiento COALMET

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

c) Eficiencia térmica

Empleando un túnel de viento TEMA para análisis de intercambiadores de calor, se desarrolló un programa de evaluación de eficiencia y performance térmica de radiadores reparados. Dicho programa permitió evaluar una muestra de alrededor de 20 radiadores automotores de diversas marcas con diferentes grados de intervención por reparación. En general, el procedimiento para efectuar estas pruebas considera la siguiente secuencia de actividades:

- El radiador reparado se monta en el Túnel de Viento, instalación que simula los parámetros de trabajo del radiador en condiciones reales, tanto para el flujo de agua como del aire refrigerante. Esta instalación también permite la lectura directa de la información requerida para evaluar la eficiencia (Ver fotografía y esquema de la instalación en el Anexo)
- Para un caudal de aire prefijado, cuando el radiador alcanza sus parámetros de trabajo de régimen permanente, se registran las variables: el caudal de agua (l/min), presión estática y temperatura del agua a la entrada y a la salida (psi) del radiador, velocidad del aire (Km/h) y la temperatura del aire a la entrada y salida del radiador (°C). Esta información permite estimar en forma directa el Calor Intercambiado por unidad de tiempo (en KW), al evaluar la diferencia de entalpía entre la salida y la entrada del radiador (KJ). En todas las pruebas y evaluaciones el caudal de agua se mantiene constante en $75 \pm 0,5$ litros por minuto (l/min).
- Los valores calculados del Calor Intercambiado del radiador reparado, para cada caudal de aire prefijado, se contrastan con los valores análogos registrados para un radiador original.

Los resultados globales muestran que, como cabía esperar, las intervenciones que producen mayores efectos adversos sobre la performance térmica de los radiadores son aquellas que tienden a disminuir la superficie de transferencia de calor del elemento en estudio. Estas típicamente corresponden a la eliminación y obturación de tubos.

El ejemplo de un caso límite de pérdida de performance térmica corresponde a aquellos radiadores cuya intervención ha redundado en la eliminación de a lo menos un 5% de sus tubos. Los resultados que se muestran a continuación, Tabla 3, corresponden a los ensayos realizados a radiadores tipo MIXTO 1101 FILA, pertenecientes a automóviles DAEWOO-ESPERO. Para estos radiadores la caída de presión del agua, al interior del radiador reparado, respecto al original sin intervenir, es en promedio de un 7,3% (5,5 psi para el original y 5,1 psi promedio para aquellos reparados).

Notar que en la Tabla 3 se ha calculado la eficiencia del radiador reparado considerando como patrón de comparación a un radiador del mismo diseño, sin intervención. Por otro lado, en esta misma Tabla se informan las temperaturas de salida del agua y del aire, apreciándose que el efecto de las reparaciones incide mas marcadamente sobre la performance del radiador a velocidades superiores a 28 km/h, velocidad a partir de la cual el elemento comienza a trabajar "más caliente".

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

TABLA 3: RESULTADOS TÍPICOS DE PERFORMANCE TERMICA Y EFICIENCIA PARA RADIADORES REPARADOS VERSUS UN RADIADOR ORIGINAL

Velocidad AIRE (Km/h)	Calor inter-cambiado (KW)		Temp. Salida AGUA (°C)		Temp. Salida AIRE (°C)		Eficiencia del radiador %
	ORIGINAL	COALMET	ORIGINAL	COALMET	ORIGINAL	COALMET	
10	29	24	85,4	85,1	58,8	52,6	82,8
16	40	33	83,2	82,6	57,1	51,8	82,5
22	45	40	82,0	80,7	55,0	48,7	88,9
28	55	46	79,1	79,4	47,9	45,5	83,6
34	62	51	77,8	78,3	45,0	44,2	82,3
40	66	57	76,2	76,6	42,2	42,0	86,4
46	70	61	75,3	75,5	41,4	40,7	87,1

La Figura 15 muestra la performance y la eficiencia de los radiadores reparados en función de la velocidad del aire. En particular, la eficiencia se mantiene casi constante al variar la velocidad del aire. Esta figura permite deducir una generalización que es aplicable a todos aquellos radiadores cuya reparación ha disminuido el área de intercambio hasta un máximo de 5-10%, esta dice que la eficiencia límite del radiador reparado, a lo mas, será del 85% comparado con el radiador original.

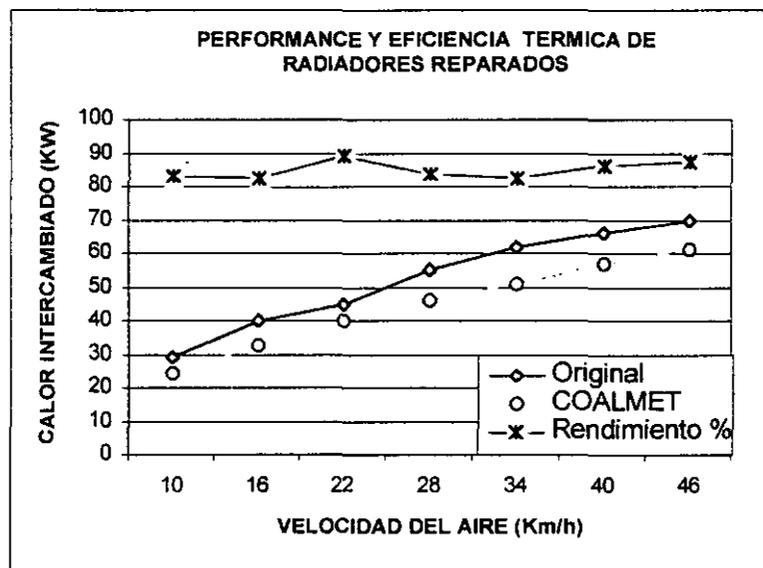


Figura 15: Efecto de reparaciones, que afectan al área de intercambio térmico, sobre la performance y eficiencia térmica.

La conclusión más importante de este programa de evaluación de performance de radiadores reparados, indica que las reparaciones que afectan a los tubos son las más incidentes y en última instancia definen la condición de reparable o no reparable. En

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

efecto, los resultados experimentales muestran que aquellas fallas que introducen pérdidas de área de intercambio superiores al 10% no permiten recuperar adecuadamente la performance requerida en servicio y en consecuencia no es aconsejable proceder a la reparación del radiador.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En primer término, la soldadura desarrollada es una soldadura blanda con base estaño y tratada con fluoroboratos, incluidos en el fundente. Los resultados de la evaluación para la elección de la soldadura, muestran que la soldadura denominada Aleación N° 5 (Sn33-Pb), presenta la mejor área específica (ver Figura 2) y una adecuada resistencia a la tracción (ver Figura 8). Los resultados de fluidez y corrosión interfacial interpretados independientemente no son satisfactorios para esta aleación; pero no son preocupantes porque en el primer caso, el problema de fluidez se resuelve con la inclusión del fundente a base de fluorato y en el segundo, los radiadores no están expuestos a estos ambientes tan adversos, como en el caso del ensayo de niebla salina. Por lo tanto, esta soldadura de Sn33-Pb la cual tiene el mejor ranking de soldabilidad, es la más adecuada para soldadura blanda de Aluminio.

Los estándares de calidad tanto para las soldaduras desarrolladas y los procesos de producción se resumen a continuación:

- El substrato tiene una composición de Aluminio Puro, tipo 1100 y con muy poco aleante.
- La soldadura blanda para este substrato tiene una composición de Sn33-Pb, la cual sigue un proceso de fabricación de trefilado/extruido en calidad normal. Esta soldadura tiene que ser aplicada con un fundente a base de fluoroborato.

El precio en pesos chilenos para los productos desarrollados, por kilogramo de soldadura (incluye el fundente), se presenta a continuación en la Tabla 9.

TABLA 9: ESTRUCTURA DE COSTOS DE LA SOLDADURA

DESCRIPCION	\$/kg	%
Costo de mano de obra	6.250	25
Costo de materia primas, insumos y servicios	8.750	35
Administración y comercialización	1.250	5
Margen	8.750	35
TOTAL	16.250	100

Los precios promedios estimados para los servicios de reparación, se agrupan en tres grandes categorías, precio para reparación de radiadores: pequeños, medianos y grandes. Estos valores se presentan a continuación en la Tabla 10.

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y
MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

**TABLA 10: ESTRUCTURA DE PRECIOS DEL SERVICIO DE REPARACIÓN DE
RADIADORES**

A) RADIADORES PEQUEÑOS (VNR HASTA \$ 120.000)

DESCRIPCION	\$/kg	%
Costo de mano de obra	7.500	25
Costo de materia primas, insumos y servicios	10.500	35
Administración y comercialización	1.500	5
Margen	10.500	35
TOTAL	30.000	100

B) RADIADORES MEDIANOS (VNR HASTA \$ 240.000)

DESCRIPCION	\$/kg	%
Costo de mano de obra	15.000	25
Costo de materia primas, insumos y servicios	21.000	35
Administración y comercialización	3.000	5
Margen	21.000	35
TOTAL	60.000	100

C) RADIADORES GRANDES (VNR HASTA \$ 400.000)

DESCRIPCION	\$/kg	%
Costo de mano de obra	25.000	25
Costo de materia primas, insumos y servicios	35.000	35
Administración y comercialización	5.000	5
Margen	35.000	35
TOTAL	100.000	100

(VNR: VALOR NUEVO DE REEMPLAZO)

La estrategia comercial para promover el servicio y captar a los nuevos clientes de radiadores afectos a reparación, es la siguiente:

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

- Difundir el servicio de reparación y sus ventajas comparativas con las opciones de mercado vigentes, destacando la diferencia de precio y la calidad de la reparación.
- Garantizar la confiabilidad de las reparaciones y el rendimiento óptimo del equipo reparado.
- Prestar apoyo técnico a los propietarios de vehículos con el objetivo de diagnosticar el funcionamiento de los radiadores.
- Implementar una línea de pseudo distribuidores de esta tecnología en Santiago, ofreciendo el servicio de reparación a precio costo, de manera de que en los pequeños talleres de reparación promocionen una alternativa buena y barata a los propietarios de automotores.
- Introducir el servicio en provincias, vendiendo licencias de esta tecnología la cual incluye la soldadura blanda desarrollada, kit de repuestos, la tecnología de soldadura y de reparación y la asesoría técnica correspondiente.

5.1 REALIZACIÓN DE PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

Se efectuaron muchas pruebas de soldadura y de reparación de radiadores, para conocer el máximo de variantes de posibilidades de aplicaciones y para efectuar un desarrollo bastante completo de la tecnología de reparación de radiadores. Los aspectos más significativos de este programa de pruebas complementarias son los siguientes:

- a) Soldadura: Para efectuar soldaduras de calidad, es necesario que el fundente se aplique correctamente y a una temperatura que evite su carbonización. La llama directa por medio de sopletes no es adecuada, de manera que fue necesario desarrollar un sistema de precalentamiento de placas colectoras que asegure una temperatura uniforme y controlada en la zona de soldadura. La Figura 16 muestra el aparato desarrollado y su aplicación para soldadura de radiadores. El precalentamiento permite alcanzar una temperatura uniforme de 150 °C en la zona de soldadura, a continuación se aplica el fundente y luego la soldadura, la que se hace fluir con soplete sin producir excesivos aumentos de temperatura. El sistema proporcionó excelentes resultados de manera que en el futuro se perfeccionará el sistema de precalentamiento desarrollado.
- b) Reparaciones: Con el desarrollo de las experiencias de reparación de radiadores con diversas averías, se descubrió que en muchas ocasiones es posible lograr reparaciones sin la necesidad de efectuar intervenciones mayores sobre los elementos. Así, se descubrió que es posible identificar y reparar averías causadas por envejecimiento de empaquetaduras y O ring. Por otro lado, en algunos casos es posible recuperar los botes de plástico y proceder a la reparación sin la necesidad de efectuar soldaduras.

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

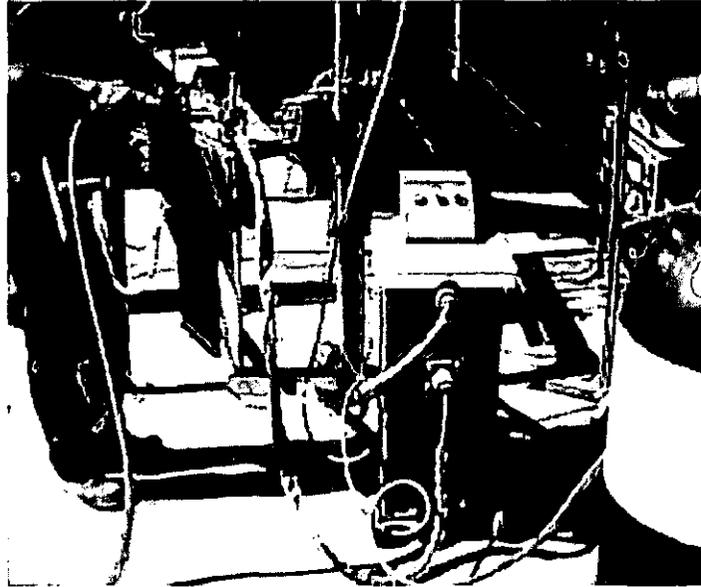


Figura 16: Soldadura de radiadores con precalentador de placa colectora.

6. PRUEBAS DE INTRODUCCIÓN AL MERCADO DE LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS DESARROLLADOS

Para desarrollar esta actividad del proyecto la gerencia de la empresa emprendió una campaña de difusión de los productos y servicios desarrollados, que abarcó a fabricantes de radiadores, talleres de reparación, importadores de productos automotores y distribuidores de repuestos del rubro.

Se enviaron cartas de promoción de servicios a unas 25 instituciones, donde la empresa pone a disposición de sus clientes los productos y servicios desarrollados en este proyecto e invita a visitar las instalaciones de COALMET, para que puedan apreciar los productos y servicios siguientes:

- a) Sistemas y productos para la soldadura blanda de Aluminio y sus aleaciones.
- b) Servicios de mantención y reparación de radiadores e intercambiadores de calor de aluminio, que incluyen la evaluación de los equipos dañados, el diseño de un programa de reparación, la ejecución de dicho programa y la evaluación del componente reparado.

En respuesta a la campaña de introducción de la nueva tecnología, unas 10 empresas respondieron favorablemente y enviaron algunos de sus radiadores para su reparación y posterior evaluación en planta.

Adicionalmente, se descubrió un nuevo segmento de mercado para colocar los productos desarrollados, que están constituido por el no despreciable conjunto de radiadores averiados que las compañías automotrices deben reponer en garantía. En efecto, del segmento de

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

automóviles de valor medio destacan las marcas Toyota, Daewoo, Renault, Citroen y Nissan que declararon contar con amplios stock de radiadores para reparar.

Actualmente, la empresa se prepara para efectuar el escalamiento productivo de este proyecto a través de acciones de marketing y alianzas estratégicas con algunas compañías que se mostraron interesadas en los productos y servicios desarrollados. Por otro lado, se prevé que próximamente la empresa postulará a FONTEC un proyecto de Pre inversión para escalamiento productivo.

7. CORRECCIONES Y SÍNTESIS

De las operaciones desarrolladas en este proyecto, se desprende que para el diagnóstico del estado de un radiador de aluminio averiado, es decir determinar si éste es reparable o no, se tienen que seguir los siguientes pasos:

1. Desmontar el radiador
2. Efectuar una limpieza mecánica con cepillo de alambre, para eliminar el polvo y cualquier otra sustancia sólida adherida.
3. Lavar el radiador en una hidrolavadora con detergente, para eliminar todo vestigio de polvo y/o aceite.
4. Desmontar las piezas principales del radiador: bote, colectores y panal.
5. Realizar una inspección visual minuciosa de cada pieza, para localizar y magnificar el daño.
6. Diagnosticar el estado del radiador.

La eligibilidad de reparable o no, la determina en un 100% la inspección visual.

En términos generales el procedimiento para la reparación de un radiador diagnosticado como "reparable", depende fundamentalmente del tipo de falla encontrada (ver Capítulo 3). En este contexto, los procedimientos se presentan a continuación:

Reparación de fallas tipo 1: Filtración en el panal por rotura de tubos. Pasos:

1. Definir si el tipo de falla es sencilla o complicada.
2. Si la falla es sencilla: se procede como sigue:
 - Cortar el tubo
 - Emballetar en ambos extremos
 - Soldar con soldadura blanda
3. Si la falla es compleja: se procede de la siguiente manera:
 - Desacoplar ambos botes del colector
 - Sellar el tubo con soldadura blanda directamente sobre el colector en ambos extremos.
 - Ensamblar los botes

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

Reparación de fallas tipo 2: Filtración en la unión tubo colector. Pasos:

1. Desacoplar ambos botes del colector
2. Sellar la filtración, soldando el área afectada con soldadura blanda desde la parte superior del colector
3. Ensamblar los botes

Reparación de fallas tipo 3: Filtración en la unión colector-bote plástico por falla del o-ring. Pasos:

1. Desacoplar el bote del colector
2. Reemplazar el o-ring dañado
3. Ensamblar el bote nuevamente

Reparación de fallas tipo 4: Filtración en el bote plástico por rotura del mismo. Pasos:

1. Desacoplar el bote plástico del colector
2. Fabricar artesanalmente un bote en cobre
3. Instalar el bote alternativo de cobre
4. Soldar el perímetro que une el bote con el colector

Sea cual fuera el tipo de reparación y que sea necesario soldar con la nueva soldadura blanda, el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Lavar exhaustivamente las superficies a soldar mediante detergentes, hasta que la suciedad, especialmente polvo y aceite, sean completamente removidos.
2. Tratar mecánicamente las superficies a soldar con un equipo convencional de pulido (chorro de arena, chorro de perdigones y/o cepillado de alambre).
3. Si persisten películas de aceite en la superficie a soldar, se eliminan con disolventes convencionales o mediante ataque químico de una solución acuosa de 20% de NaOH), de la siguiente manera:
 - Aplicar la solución mediante inmersión y/o con escobilla, por un periodo máximo de un minuto.
 - Enjuagar con agua destilada.
 - Aplicar un tratamiento con una solución de ácido nítrico al 50%, por un periodo hasta de 30 segundos.
 - Enjuagar con agua destilada.
 - Si fuere necesario, repetir el enjuague con agua destilada y ácido nítrico.
4. Secar las superficies a soldar con aire caliente
5. Proceder a soldar con la soldadura blanda desarrollada.

DESARROLLO Y PRUEBAS DE MERCADO DE UNA TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN Y MANTENCIÓN DE RADIADORES AUTOMOTORES DE ALUMINIO

Reparadas las unidades defectuosas, sea cual fuere el tipo de falla del radiador, la calidad del servicio de reparación se garantiza por la aplicación del siguiente estándar de control de calidad:

1. Toda unidad reparada tiene que ser sometida a una prueba de estanqueidad definida en el Capítulo 4. Todo radiador que no califique con esta prueba será devuelto nuevamente a reparación.
2. Todo radiador será sometido a una inspección visual minuciosa.
3. Aquellos en que la reparación fue sencilla, serán aprobados directamente.
4. Aquellos que por la complejidad de la reparación, la soldadura se efectuó en zonas cercanas donde la concentración de esfuerzos es relevante, es necesario someterlo a una prueba de resistencia a la fatiga, según como se definió en el Capítulo 4.
5. Aquellos radiadores cuya reparación, potencialmente disminuya el área de intercambio térmico por sobre un 10% no deben ser intervenidos. La empresa no puede garantizar el buen funcionamiento de estos elementos una vez reparados.

8. CONCLUSIONES

COALMET ha desarrollado un sistema que permite la soldadura "blanda" de aluminio y aleaciones de aluminio con soldaduras de base estaño. Con una tecnología convencional, el aluminio y las aleaciones de aluminio son imposibles de soldar porque capas de óxido superficiales muy tenaces impiden el humedecimiento.

Con el método desarrollado por COALMET, el substrato de aluminio se limpia mecánica o químicamente, mediante el uso de fundentes especiales, para facilitar la unión con soldaduras base estaño. Las uniones así formadas son dúctiles, fuertes, relativamente resistentes a la corrosión y presentan resistencias similares a aquellas formadas en cobre y latón cuando se usan soldaduras y fundentes convencionales.

La tecnología de reparación desarrollada para recuperar radiadores automotores consiste en desarmar el aparato averiado, identificar las averías presentes, seleccionar los métodos de reparación, ejecutar las reparaciones, armar y probar el aparato. A la fecha se han desarrollado utilajes y técnicas apropiados para efectuar estas operaciones y se cuenta con una amplia experiencia en reparación y recuperación de radiadores de muy diversos formatos que exhiben diversas fallas.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Metals Handbook, 9th Edition, Volume 6, Welding, Brazing and Soldering, 1992, pp. 1069-1101.
- S. Kakac, A. E. Bergles, F. Mayinger Eds, Heat Exchangers: Thermal-Hydraulic Fundamentals and Design, 1980, Hemisphere Pub. Co.