

2005-2006
J. 2614
2006

**INFORME FINAL
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
205-4323**

**“DESARROLLO DE UN KIT DE
ACCESORIOS PARA
CONTROL DE FLUJO DE AIRE
EXTERNO (KAFCE),
APLICABLE A MOTORES DE
MAQUINARIA PESADA DE
ALTA MONTAÑA”**

**EMPRESA BENEFICIARIA
ENTIDAD EJECUTORA
NÚMERO DE INFORME
FECHA**

**INPPA PRODUCTOS Y SERVICIOS S.A.
INPPA PRODUCTOS Y SERVICIOS S.A.
INFORME FINAL
30 DE JUNIO DE 2006**

**INFORME FINAL
PROYECTO DE INNOVACION TECNOLOGICA
205-4323**

**“DESARROLLO DE UN KIT DE ACCESORIOS PARA CONTROL DE FLUJO DE
AIRE EXTERNO (KACFE), APLICABLE A MOTORES DE MAQUINARIA
PESADA DE ALTA MONTAÑA”**

EMPRESA INPPA PRODUCTOS Y SERVICIOS S.A.

INICIO SEPTIEMBRE 2005

TÉRMINO MAYO 2006

A) RESUMEN EJECUTIVO

Antecedentes de la Empresa

INPPA PRODUCTOS Y SERVICIOS S. A. es una empresa nueva, continuadora de la gestión de INPPA Servicios, la cual, por más de cincuenta años, ha brindado servicios profesionalizados de mantenimiento y reparación de radiadores automotores e industriales. En este sentido, siguiendo la tradición de sus empresas antecesoras, produce insumos para la industria automotriz y presta servicios de mantenimiento, reparación y/o reposición de radiadores automotores e industriales.

INPPA PRODUCTOS Y SERVICIOS S. A., nace con la misión de elaborar, distribuir y elaborar partes y piezas automotrices y prestar servicios profesionales de mantenimiento y reparación de radiadores, equipos de enfriamiento y calefacción. La empresa está ubicada en Gran Avenida José Miguel Carrera N° 4626, comuna de San Miguel, Santiago. Sus instalaciones cubren una superficie de 1.500 m² entre oficinas y fábrica. La empresa cuenta con instalaciones y equipamiento para desarrollar sus procesos productivos, dentro de los cuales se destacan: máquinas de corte, prensas mecánicas, máquinas de soldar, hidrolavadoras, entre otras.

Las actividades que realiza, de acuerdo a su escritura pública, son: importación, exportación, distribución, comercialización y reparación de todo tipo de partes y piezas automotrices; así como de cualquier otra actividad que acuerde el directorio. Los principales productos y servicios que ofrece la empresa, son los siguientes:

- Equipos nuevos y accesorios para vehículos automotores, maquinaria pesada y equipos estacionarios.
- Accesorios de radiadores. Un juego de accesorios en general consta de: escuadras (derecha e izquierda), botes o estanques (superior e inferior), enfriadores de aceite, orejas, gollete, base y tapón de drenaje, "patas", soportes torneados, soporte electroventiladores y entrada y salida de agua.
- Servicio de mantenimiento y reparación de radiadores automotores e industriales.
- Insumos para la industria automotriz.

Síntesis del Proyecto de Investigación

La compañía ha identificado una oportunidad para complementar su oferta de productos y servicios relativos a radiadores automotores, en un área muy especializada referida a maquinaria pesada para movimiento de tierras. En efecto, la problemática consiste en desarrollar un kit de accesorios para controlar el flujo de aire externo (KACFE) hacia el radiador de refrigeración del motor de combustión interna de la máquina.

Se trata de un problema inverso al tradicional problema de aumentar la eficiencia de ventilación sobre el panel del radiador, ya que las aplicaciones se concentran en motores de maquinaria pesada (camiones fuera de carretera, motoniveladoras, cargadores, etc.) que trabajan en alta montaña, donde en periodos invernales la temperatura puede ser tan baja como $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En esas adversas condiciones, el motor de la máquina puede llegar a trabajar muy frío con los consiguientes problemas de explosión, sobrecarga y en casos extremos paro del equipo. Por otro lado, muchos equipos de alta montaña están configurados para alimentar el sistema de calefacción de cabina a través del radiador principal del motor, que al trabajar frío no genera condiciones de confort térmico para el operador.

Como consecuencia de esta problemática, los administradores de estos equipos deben ingeniar soluciones para restringir el flujo de aire frío externo hacia el radiador para generar condiciones de trabajo favorables para la máquina y para el operador. Algunos equipos que trabajan en minería de montaña poseen el motor en la parte posterior de la máquina y un sistema de ventilación que extrae aire desde el interior de la caja del motor, configuración que no aporta solución al problema planteado, ya que si bien mejora el desempeño del motor, no aporta mejoras al problema de confort térmico de la cabina.

Los objetivos específicos de la iniciativa son los siguientes:

- Diseñar un kit básico de accesorios para control de flujo de aire externo (**KACFE**), aplicable a motores de maquinaria pesada, muy adaptable a la mayoría de los equipos que operan en Chile.
- Desarrollar tres prototipos KACFE, incluyendo los procesos de fabricación aplicables y los procedimientos de instalación.
- Instalar y probar los prototipos desarrollados en una faena de alta montaña, para evaluar su desempeño y efectuar las correcciones que sean necesarias.

La metodología de investigación y desarrollo propuesta incluye:

- A. Diseño de un kit básico de accesorios para control de flujo de aire externo (KACFE).
- B. Desarrollo de tres prototipos KACFE.
- C. Instalación y prueba de los prototipos desarrollados en una faena de alta montaña.

Principales Resultados del Proyecto y Conclusiones

- Se desarrolló un diseño general de KACFE aplicable a maquinarias de apoyo y camiones que trabajan en faenas de alta montaña.
- Se logró visualizar los detalles de la tecnología de enfriamiento de motores de maquinaria de movimiento de tierras, que hacen factible la incorporación de los KACFE como efectivos elementos de control de temperatura del motor y desempeño de la máquina.
- Se desarrollaron tres prototipos KACFE hasta un nivel detallado, generando una valiosa base de conocimiento para evaluar su producción en masa y sus detalles de funcionamiento en aplicaciones específicas.
- Dependiendo del tipo de ventilación del motor de la maquinaria, los KAFCE deben desarrollarse teniendo especial cuidado en la selección de los sensores de temperatura y en los actuadores; para que su funcionamiento no genere problemas al sistema de refrigeración del motor. En general, el control de flujo de aire externo mejora las condiciones térmicas de la cabina, pero este efecto se desarrolla bien en aquellos motores de ventilación aspirada (camiones) y requiere previsiones especiales en aquellos motores de ventilación impulsada (máquinas de movimiento de tierra).
- Los productos desarrollados pueden manufacturarse en versiones de alta calidad, siempre que los componentes metálicos se fabriquen en lotes de producción y la instrumentación sea de gran fiabilidad. Otras condiciones de producción van a generar prototipos, con los problemas típicos que ello implica.
- El desarrollo alcanzado es susceptible de mejorarse en muchos aspectos, particularmente en aquellos relativos a configuración, sin embargo la gran diversidad de aplicaciones complica la estandarización de los productos y en definitiva la problemática comercial.

La principal conclusión del proyecto:

Es factible desarrollar, adaptar e instalar KAFCE en prácticamente cualquier maquinaria que requiera control de flujo de aire exterior. En efecto, la experiencia de terreno indica que lo que se ejecutó corresponde a la prueba más complicada de todas las posibles, porque la configuración de ventilación de las máquinas de movimiento de tierra es muy diferente a la de los camiones u otros equipos con ventilación convencional.

Impacto del Proyecto

Los principales impactos del proyecto se centran en los dos siguientes aspectos:

- a) La compañía logró desarrollar un nuevo producto para aplicaciones en sistemas de refrigeración de motores de maquinaria pesada, que le abre un nuevo nicho de mercado en minería e industria.
- b) Gracias al emprendimiento, la compañía desarrolló capacidades técnicas y comerciales para abrirse espacio en otros nichos del rubro de los servicios ligados a radiadores automotrices.
- c) La compañía se ha abierto al desarrollo de innovaciones y emprendimientos, ya que su nicho de negocios consiste en resolver problemáticas de servicio de alto contenido innovador.

B) EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

El desafío del proyecto radica en desarrollar un sistema básico de control de flujo, caracterizado por un formato estructural muy flexible y ajustable a las diversas configuraciones de radiadores, que pueda ser operado en forma automática con actuadores neumáticos, hidráulicos o eléctricos y que permita regular el confort térmico de la cabina del operador de la máquina.

Dada la heterogeneidad de los equipos de alta montaña y de las condiciones de trabajo en la minería nacional, el desarrollo propuesto se visualiza especialmente complejo en los aspectos de diseño del kit y en la fase de ejecución de pruebas y ajustes en terreno. En efecto, se estima que el parque de maquinaria que interviene en minería asciende a lo menos a unas 2.300 unidades incluyendo camiones y equipos de apoyo, de ese total unas 1.000 unidades se encuentran en faenas de alta montaña.

Los aspectos distintivos del proyecto se concentran en los siguientes factores:

- Los sistemas de radiadores de camiones y de máquinas de apoyo, son diferentes en aspectos conceptuales y en aspectos prácticos. En efecto, los camiones presentan problemas de sobre-enfriamiento del motor que no afectan tan drásticamente al confort térmico de cabina. En cambio, en las máquinas de apoyo el sobre-enfriamiento del motor afecta al confort de cabina y por otro lado, los sistemas de control de flujo no deben intervenir en demasía el flujo entrante ya que se podría revertir el problema provocando sobrecalentamiento del motor.
- El ciclo de calentamiento y enfriamiento del motor es fuertemente dependiente de la configuración termostática del radiador, que viene dada por diseño desde la fábrica y varía dependiendo de la aplicación de la maquinaria. Este factor incide notablemente sobre el diseño y desempeño del sistema de control de flujo a desarrollar.
- Los sistemas auxiliares de fuerza (aire comprimido, hidráulica y energía eléctrica) varían mucho dependiendo de la máquina, lo que aumenta el número de posibilidades para el diseño de actuadores adecuados a los propósitos del sistema de control de flujo.

La empresa estimó conveniente y oportuno efectuar este emprendimiento ya que ha desarrollado una interesante cartera de clientes en minería, a través de la cual podría introducir estos productos e incluso desarrollar nuevas iniciativas basadas en el know-how que este proyecto aporta.

Los objetivos técnicos planteados para este proyecto son los siguientes:

- Diseñar un kit básico de accesorios para control de flujo de aire externo (**KACFE**), aplicable a motores de maquinaria pesada, muy adaptable a la mayoría de los equipos que operan en Chile.
- Desarrollar tres prototipos KACFE, incluyendo los procesos de fabricación aplicables y los procedimientos de instalación.
- Instalar y probar los prototipos desarrollados en una faena de alta montaña, para evaluar su desempeño y efectuar las correcciones que sean necesarias..

Los principales resultados de este desarrollo son:

- Obtener un concepto de diseño escalable a los diferentes formatos de radiador y adaptable a las configuraciones de control y actuación presentes en la maquinaria que conforma el parque nacional.
- Obtener planos de diseño y fabricación, especificaciones de producción y manuales de instalación del kit.
- Obtener un perfil de prestaciones y desempeño de los productos desarrollados.

El tipo de innovación que se desarrolló en este proyecto se enmarca dentro de la categoría de "Desarrollo de nuevos productos o servicios, no existentes a lo menos en el mercado nacional y para los cuales se establecerán capacidades nacionales de producción".

C) METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO

La metodología seleccionada para la ejecución de este proyecto contempla 3 etapas de desarrollo, como se indica a continuación:

A. Diseño de un kit básico de accesorios para control de flujo de aire externo (KACFE)

Comprende el análisis e investigación de las diferentes configuraciones de sistemas de enfriamiento de motores de combustión interna, generalmente aplicables a grandes maquinarias de movimiento de tierras y minería que trabajan en alta montaña en Chile, con la finalidad de documentar las siguientes variables: formato y tamaño de radiador, sistema de ventilación auxiliar del radiador, configuración termostática, suministro de energía para instrumentación y actuación de mecanismos auxiliares, configuración estructural de la máscara y otras variables relevantes para diseño.

Sobre esa base se procede al diseño conceptual del kit, considerando mecanismos de regulación de flujo basados en: celosías de cobertura total o parcial de la máscara y/o cortinas regulables. Con estos diseños se espera generar formatos estructurales escalables a la mayoría de las aplicaciones posibles, cuyos procesos de fabricación sean expeditos y muy flexibles.

Con los resultados de diseño general del mecanismo básico del kit se procede al diseño de actuadores e instrumentación de control, basados en: energía eléctrica, aire comprimido y óleo hidráulica, ya que las maquinarias poseen estas fuentes de energía auxiliar.

Las herramientas a emplear en esta fase de la metodología incluyen: Diseño y proyecto empleando software Autocad y Solid Edge, cálculo estructural para satisfacer los requisitos de resistencia del kit, diseño de circuitos de actuación y diseño de redes de control.

Como resultado de esta parte de la metodología se espera obtener un conjunto de tres diseños de kit de control de flujo, con sus planos de diseño estructural, el diseño de los actuadores aplicables y el diseño de los circuitos de control adecuados para cada mecanismo de actuación.

B. Desarrollo de tres prototipos KACFE

Sobre la base de los diseños prototipos desarrollados en la fase anterior de la metodología y considerando las aplicaciones posibles en minería de alta montaña, se procederá al desarrollo de tres prototipos a escala real. Se coordinarán visitas a terreno (posiblemente Andina, Los Bronces y/o El Teniente) para ajustar con datos de terreno los diseños de los prototipos. Con los planos detallados y ajustados a las condiciones de terreno se procederá a la fabricación de los componentes del kit, poniendo especial atención al desarrollo de los procesos de producción y al desarrollo de proveedores especialistas para la instrumentación.

Una vez ensamblados los prototipos, se procederá a probarlos evaluando su funcionamiento y desempeño en condiciones simuladas, mediante la instalación de ellos

en el túnel de viento de Inppa S.A. El protocolo de pruebas que se considera desarrollar incluye los siguientes aspectos: a) Funcionamiento del mecanismo de apertura y bloqueo del área frontal del radiador, b) Respuesta del actuador y de la instrumentación de control, c) Respuesta del conjunto en ciclos de apertura y bloqueo de larga duración.

Con los resultados obtenidos en esta fase de la metodología, se procederá a efectuar las correcciones de diseño que sean pertinentes y se desarrollarán manuales de producción e instalación, con las respectivas proyecciones de costos.

C. Instalación y prueba de los prototipos desarrollados en una faena de alta montaña

Se coordinará la instalación de los prototipos en una faena minera de la zona central, se procederá a su instalación en tres maquinarias, se capacitará a los operadores de los equipos en la detección y corrección de problemas de operación y se efectuará un programa de pruebas y evaluaciones durante un periodo de, al menos, un mes.

Un ingeniero de terreno controlará periódicamente el desempeño de los prototipos, reportando por escrito los eventos relevantes durante el periodo de pruebas.

Como resultado de esta fase de la metodología se espera obtener una completa descripción de: a) El comportamiento y desempeño de los prototipos en condiciones reales de operación, b) Un panorama del impacto del kit sobre el desempeño del motor de la maquinaria y sobre el confort térmico de la cabina de la máquina, y c) Una prospección detallada del costo de instalación y de servicio técnico requerido por las aplicaciones.

El plan de trabajo inicial de este proyecto se compone de cinco actividades a desarrollarse en 09 meses. Las actividades realizadas en el desarrollo del proyecto fueron las siguientes:

Actividad 1	: ANÁLISIS DE ANTECEDENTES Y ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA
Duración	: 1 mes
Lugar	: Gabinete
Personal involucrado	: Director del Proyecto, Jefe Técnico, Ingeniero de Automatización, Ingeniero de Desarrollo, Ingeniero de Terreno, Asistente de Procesos, Proyectista, Coordinador de Abastecimientos, Secretaria.
Recursos requeridos	: Instalaciones de oficina, Internet, materiales de oficina, fotocopias de documentos y planos, combustibles y locomoción, viáticos terreno.

Descripción de la actividad

Estudio y análisis del parque de maquinaria de movimiento de tierra en Minería a través de fuentes de información y visitas selectas a terreno (Andina, Los Bronces, El Teniente). Recopilación de datos de las máquinas, evaluación y tipificación de tecnologías de enfriamiento de motores del parque. Análisis y estandarización de sistemas de enfriamiento y sistemas accesorios. Síntesis de resultados y generación de una base de requisitos para la definición del kit de control de flujo.

Actividad 2	: DISEÑO DEL KIT DE CONTROL DE FLUJO
Duración	: 1 mes
Lugar	: Gabinete y terreno
Personal involucrado	: Director del Proyecto, Jefe Técnico, Ingeniero de Automatización, Ingeniero de Desarrollo, Ingeniero de Terreno, Asistente de Procesos, Proyectista, Montajista, Coordinador de Abastecimientos, Secretaria.
Recursos requeridos	: Instalaciones de oficina, Internet, materiales de oficina, fotocopias de documentos y planos, ploteo de planos, combustibles y locomoción, viáticos terreno.

Descripción de la actividad

Diseño conceptual, diseño básico, evaluación de opciones y formatos de diseño del kit. Diseño de mecanismos, estructuraciones y bastidores estandarizados. Diseño de actuadores y sistemas de control para energización hidráulica, neumática y eléctrica. Cálculo de las configuraciones definitivas, desarrollo de planos y especificaciones de fabricación. Desarrollo de planos y especificaciones de montaje e instalación.

Actividad 3	: PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS Y EVALUACIONES EN LABORATORIO
Duración	: 1 mes
Lugar	: Gabinete y terreno
Personal involucrado	: Director del Proyecto, Jefe Técnico, Ingeniero de Automatización, Ingeniero de Desarrollo, Ingeniero de Terreno, Asistente de Procesos, Proyectista, Montajista, Coordinador de Abastecimientos, Secretaria.
Recursos requeridos	: Instalaciones de oficina, Internet, materiales de oficina, fotocopias de planos, materiales y servicios para producción de prototipos, combustibles y locomoción.

Descripción de la actividad

Adquisición de materiales y componentes para la ejecución de bastidores y mecanismos. Desarrollo de tres actuadores, ad-hoc para los prototipos definidos. Desarrollo de los sistemas de control aplicables en función del actuador seleccionado y del sistema de control de enfriamiento del motor de la máquina. Integración del primer KIT y evaluación de problemas de fabricación y funcionamiento general. Pruebas preliminares y correcciones del primer prototipo. Producción de tres KIT para evaluaciones en laboratorio. Evaluaciones de desempeño en túnel de viento. Síntesis de resultados y correcciones a los prototipos.

Actividad 4	: EJECUCIÓN DE UNA PRUEBA EN TERRENO
Duración	: 1 mes
Lugar	: Gabinete y terreno
Personal involucrado	: Director del Proyecto, Jefe Técnico, Ingeniero de Automatización, Ingeniero de Desarrollo, Ingeniero de Terreno, Asistente de Procesos, Proyectista, Montajista, Coordinador de Abastecimientos, Secretaria.
Recursos requeridos	: Instalaciones de oficina, Internet, materiales de oficina, fotocopias de documentos y planos, ploteo de planos, combustibles y locomoción, viáticos terreno.

Descripción de la actividad

Coordinación y diseño de la prueba en conjunto con usuarios y operadores de maquinaria en faenas de alta montaña. Traslado de los prototipos a terreno. Instalación de prototipos en equipos seleccionados y capacitación del personal de operación. Ejecución y seguimiento de la prueba según protocolo de evaluaciones y control definido con usuarios. Evaluaciones de comportamiento del motor, evaluaciones de confort de cabina. Análisis y evaluación de los resultados logrados.

Actividad 5 : SÍNTESIS DEL DESARROLLO LOGRADO Y OPCIONES DE MEJORAMIENTO

Duración : 1 mes

Lugar : Gabinete y terreno

Personal involucrado : Director del Proyecto, Jefe Técnico, Ingeniero de Automatización, Ingeniero de Desarrollo, Ingeniero de Terreno, Asistente de Procesos, Proyectista, Montajista, Secretaria.

Recursos requeridos : Instalaciones de oficina, Internet, materiales de oficina, fotocopias de documentos y planos, ploteo de planos, combustibles y locomoción, viáticos terreno.

Descripción de la actividad

Síntesis de diseño del producto. Síntesis de desempeño del KIT. Evaluaciones de impactos en motor y en confort de cabina. Evaluaciones de calidad de los productos. Análisis de opciones de mejoramiento del desarrollo logrado.

A continuación se presenta la Carta Gantt que indica el trabajo realizado en un plazo de 09 meses.

ACTIVIDAD	TIEMPO (meses)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Análisis de Antecedentes y Estudio de la Problemática										
Diseño del Kit de Control de Flujo										
Producción de Prototipos y Evaluación en Laboratorio										
Producción de Prototipos y Evaluación en Laboratorio										
Ejecución de una Prueba en Terreno										
Síntesis del Desarrollo Logrado y Opciones de Mejoramiento										
Informe Final										

D) RESULTADOS OBTENIDOS

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

E) IMPACTOS DEL PROYECTO

Los principales impactos del proyecto se centran en los dos siguientes aspectos:

- La compañía logró desarrollar un nuevo producto para aplicaciones en sistemas de refrigeración de motores de maquinaria pesada, que le abre un nuevo nicho de mercado en minería e industria.
- Gracias al emprendimiento, la compañía desarrolló capacidades técnicas y comerciales para abrirse espacio en otros nichos del rubro de los servicios ligados a radiadores automotrices.
- La compañía se ha abierto al desarrollo de innovaciones y emprendimientos, ya que su nicho de negocios consiste en resolver problemáticas de servicio de alto contenido innovador.

INFORME TÉCNICO FINAL

PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA 205-4323

"DESARROLLO DE UN KIT DE ACCESORIOS PARA CONTROL DE FLUJO DE AIRE EXTERNO (KACFE), APLICABLE A MOTORES DE MAQUINARIA PESADA DE ALTA MONTAÑA"

Actividad 1 : **Análisis de Antecedentes y Estudio de la Problemática**

1.1 Estudio y análisis del parque de maquinaria de movimiento de tierra en Minería a través de fuentes de información y visitas selectas a terreno (Andina, Los Bronces, El Teniente).

Se estima que el parque de equipos y maquinaria de movimiento de tierra (PEMMT) que opera en minería asciende a no menos de 2.200 equipos, un 33% de éste constituido por camiones para transporte y carguío de materiales y el saldo, 67%, integrado por equipos de apoyo tales como cargadores, moto niveladoras y retroexcavadoras, entre otros. Una idea de la magnitud de este mercado se muestra en las tablas 1.1 y 1.2, que exhiben la magnitud y presencia de las principales marcas de equipos para movimiento de tierras presentes en el país.

Tabla 1.1: Magnitud global del parque de equipos y maquinaria de movimiento de tierra operando en Chile.

MINERÍA	CANT	%	FAENAS ALTA MONTAÑA	CANT	%	RESUMEN	CANT
CAMIONES FC	739	33	CAMIONES	336	33,3	COMPAÑIAS	25
EQUIPOS DE APOYO	1478	67	EQUIPOS APOYO	672	66,7	MARCAS	11
TOTAL	2.217	100	TOTAL	1.008	100,0	CAMIONES	739

Tabla 1.2: Inventario de camiones fuera de carretera (FC) operando en Chile.

[illegible]

El PEMMT se integra con los equipos que poseen unas 25 compañías que operan complejos mineros y/o actúan como contratistas de obras civiles. Aproximadamente un 45% del parque de equipos opera en faenas de alta montaña, totalizando unas 1.008 unidades que potencialmente pueden equiparse con sistemas de control de flujo para mejorar el desempeño del motor y el confort térmico de cabina. Una visión de los equipos que integran este parque se aprecia en la figura 1.1.



Figura 1.1: Camiones fuera de carretera y equipos de apoyo para movimiento de tierras, integrantes del parque de interés del proyecto.

Si se considera el parque de equipos de movimiento de tierra que está operando en las faenas mineras del norte de Argentina, Perú y Bolivia, muchas de ellas en alta montaña, se concluye que el mercado potencial de los productos generados en este proyecto de innovación tecnológica asciende a no menos de 1.500 unidades. Dicho mercado experimentará una importante alza a causa de los proyectos mineros que entrarán en operaciones en los próximos años tanto en Chile como en los países citados.

1.2 Recopilación de datos de las máquinas, evaluación y tipificación de tecnologías de enfriamiento de motores del parque.

Análisis y estandarización de sistemas de enfriamiento y sistemas accesorios.

Los formatos de radiadores que requieren la incorporación del kit (**KACFE**) son función del número de fabricantes de equipos (unos 11 en total) y del número de modelos de equipos operando. Así, se tiene conocimiento de camiones cuyos radiadores cubren un área de $2 \times 2 \text{ m}^2$, en tanto que las máquinas de apoyo pueden tener radiadores cubriendo un área de $0,9 \times 0,9 \text{ m}^2$.

Los sistemas de radiadores de camiones y de máquinas de apoyo, son diferentes en aspectos conceptuales y en aspectos prácticos. En efecto, los camiones presentan problemas de sobre-enfriamiento del motor que no afectan tan drásticamente al confort térmico de cabina. En cambio, en las máquinas de apoyo, el sobre-enfriamiento del motor afecta al confort de cabina y por otro lado, los sistemas de control de flujo no deben intervenir en demasía el flujo entrante ya que se podría revertir el problema provocando sobrecalentamiento del motor.

El ciclo de calentamiento y enfriamiento del motor es fuertemente dependiente de la configuración termostática del radiador, que viene dada por diseño desde la fábrica y que varía dependiendo de la aplicación de la maquinaria. Este factor incide notablemente sobre el diseño y desempeño del sistema de control de flujo a desarrollar.

Los sistemas auxiliares de fuerza (aire comprimido, hidráulica y energía eléctrica) varían mucho dependiendo de la máquina, lo que aumenta el número de posibilidades para el diseño de actuadores adecuados a los propósitos del sistema de control de flujo.

En el anexo 1 "Sistemas auxiliares de maquinaria de movimiento de tierras" se aprecian detalles típicos del sistema de enfriamiento y los circuitos hidráulicos/neumáticos aplicables.

Síntesis de resultados y generación de una base de requisitos para la definición del kit de control de flujo.

En general, el frontis del motor, donde se deben instalar los KACFE, ocupa un área comprendida entre $0,998 \times 0,973$ y $2 \times 2 \text{ m}^2$ (aproximadamente). Todos los equipos poseen, al menos, cuatro anclajes donde se puede fijar el accesorio. Sin embargo, normalmente será necesario modificar la máscara de la máquina para aprovechar bien el espacio.

Los puntos de medición de temperatura del fluido de retorno al motor, se encuentran al costado del motor y a no más de 2,3 m por el costado de la máquina, siendo accesibles y pueden servir como pilotaje para comandar la actuación del accesorio.

La fuerza hidráulica se puede tomar desde el sistema de transmisión automático, que proporciona una presión de 30 kg/cm². En la mayoría de los casos, una toma de presión se ubica a unos 3 m por el costado de la máquina, es accesible y requiere conexiones tipo 1/4 NPT.

La fuerza neumática es factible de obtener desde el circuito de aire y frenos de las máquinas, que habitualmente entrega aire a una presión regulada entre 8-10 Bar. En la mayoría de los casos, es factible instalar una conexión de alimentación de aire desde el estanque de aire seco haciendo una derivación desde la válvula de drenaje.

La fuerza eléctrica, para el caso de emplear accesorios de actuación eléctrica, se obtiene fácilmente instalando un circuito alimentado por el banco de baterías de la máquina. En tal caso el circuito es de corriente continua a 24 V.

El factor crítico, que eventualmente podría dar problemas de montaje, es que la mayoría de los bastidores de las máquinas están deformados por el trabajo.

Sobre la base de estos antecedentes se deduce que los requisitos mínimos que debe cumplir un KACFE para maquinarias que trabajan en alta montaña son los siguientes:

- a) Mecanismo y bastidor: El mecanismo de cierre y apertura del área de interés debe ser de cobertura progresiva, mediante celosías u hojas desplazables para permitir el ingreso de fracciones de caudal de aire externo. El formato básico debe estar integrado por componentes de fácil reemplazo, por ejemplo hojas independientes, para facilitar el montaje de formatos con áreas descubiertas (caso de las máquinas de apoyo). El bastidor idealmente debe ser desarmable, de fácil montaje, muy robusto, con anclajes de rápida apertura y de bajo costo. En general, los bastidores de perfiles estándar de acero se consideran adecuados para estos propósitos.
- b) Sistema de actuación y control: El sistema que opera el mecanismo debe estar integrado por: un actuador (hidráulico, neumático o eléctrico), un sistema de sensores de temperatura y un conjunto de cables de comunicación. La elección del actuador depende de las posibilidades de la máquina, siendo preferible el empleo de actuadores hidráulicos o neumáticos debido a su disponibilidad en el mercado formal. El sistema de sensores de temperatura debe seleccionarse con precaución o desarrollarse ad-hoc, ya que el intervalo de temperaturas de operación viene determinado por el termostato de la máquina.
- c) Estándares: Un requisito importante a considerar en el desarrollo de los KACFE se relaciona con el sistema de estándares empleados en la configuración de los motores de la maquinaria y, en particular, en el sistema de uniones y conectores para utilitarios hidráulicos, neumáticos, refrigeración y electricidad. No constituye un factor crítico de diseño o de operación, pero es relevante al momento de ejecutar las conexiones del KACFE con los sistemas del motor del equipo.

Actividad 2

: Diseño del Kit de Control de Flujo

2.1 Diseño conceptual, diseño básico, evaluación de opciones y formatos de diseño del kit.

El diseño conceptual de un KACFE típico se muestra en la figura 2.1 y comprende un bastidor con el mecanismo de control de flujo, un conjunto de actuadores y un sistema de control de apertura/cierre del área de flujo.

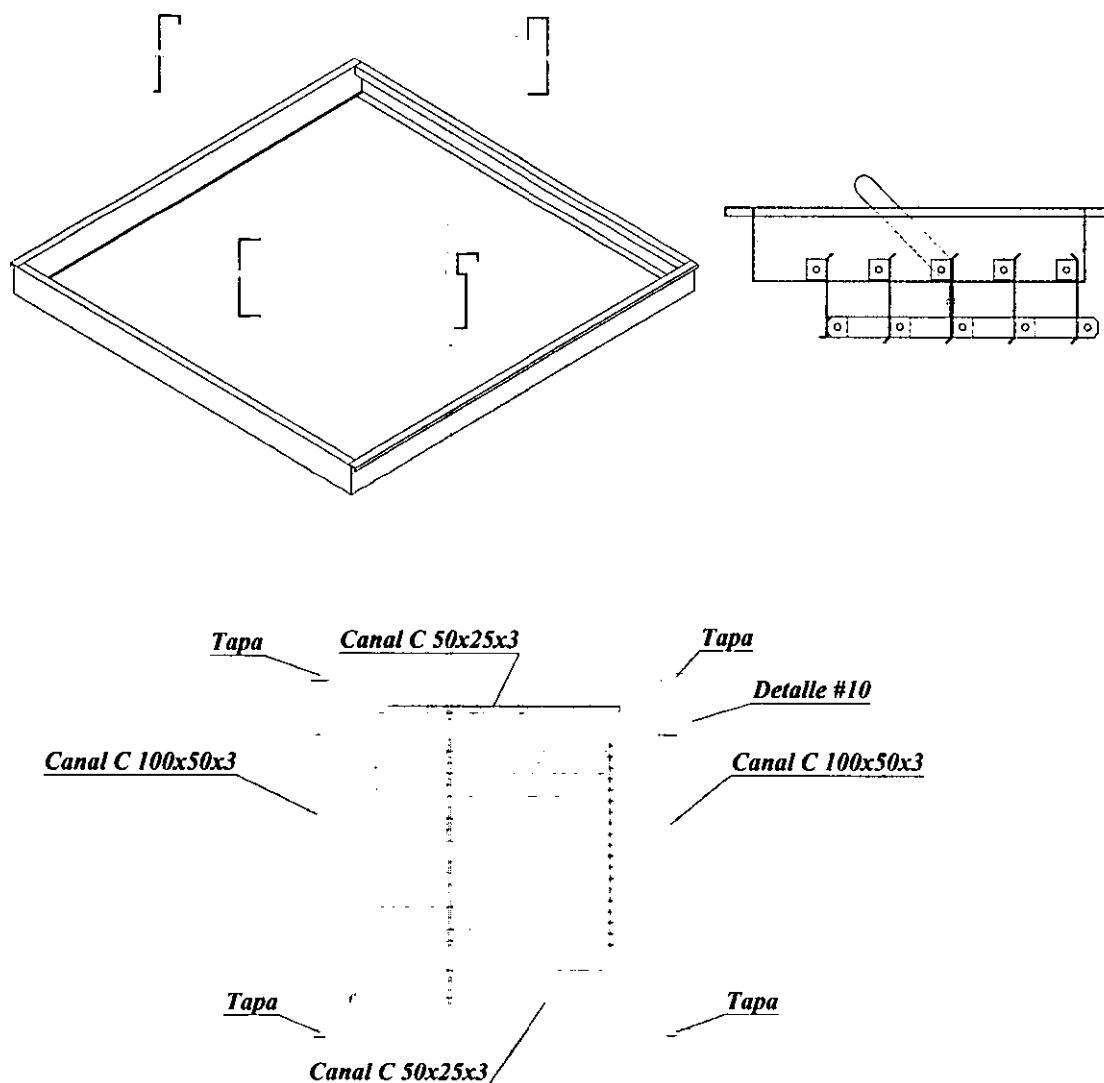
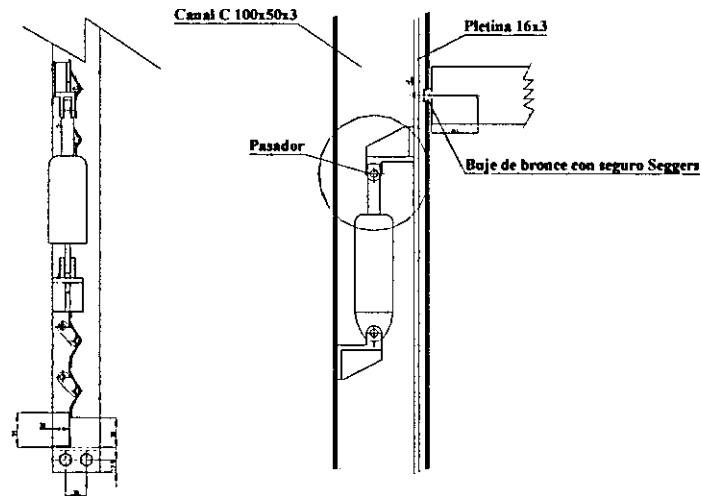


Figura 2.1. Diseño conceptual del KACFE.

2.2 Diseño de mecanismos, estructuraciones y bastidores estandarizados.

La figura 2.2 muestra versiones de diseño de los mecanismos para controlar la apertura y cierre del área de flujo, la estructuración típica de los marcos o bastidores y el diseño tipo de las hojas.

Mecanismo de cierre y apertura



Detalle #8

Escala 8:1

Detalle #9

Escala 8:1

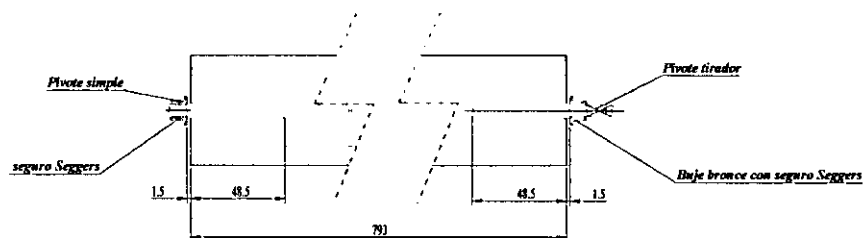


Figura 2. 2: Diseño general de mecanismos y bastidores para KACFE.

2.3 Diseño de actuadores y sistemas de control para energización hidráulica, neumática y eléctrica.

Sobre la base de las definiciones dadas en 1.2, se diseñaron las propuestas de actuadores y controles mostrados en la figura 2.3. El concepto general incluye un loop de control para el actuador, que se compone de un sensor de temperatura que se monta en el motor (en las cercanías del termostato) y una válvula solenoide que controla la apertura y cierre del área de interés.

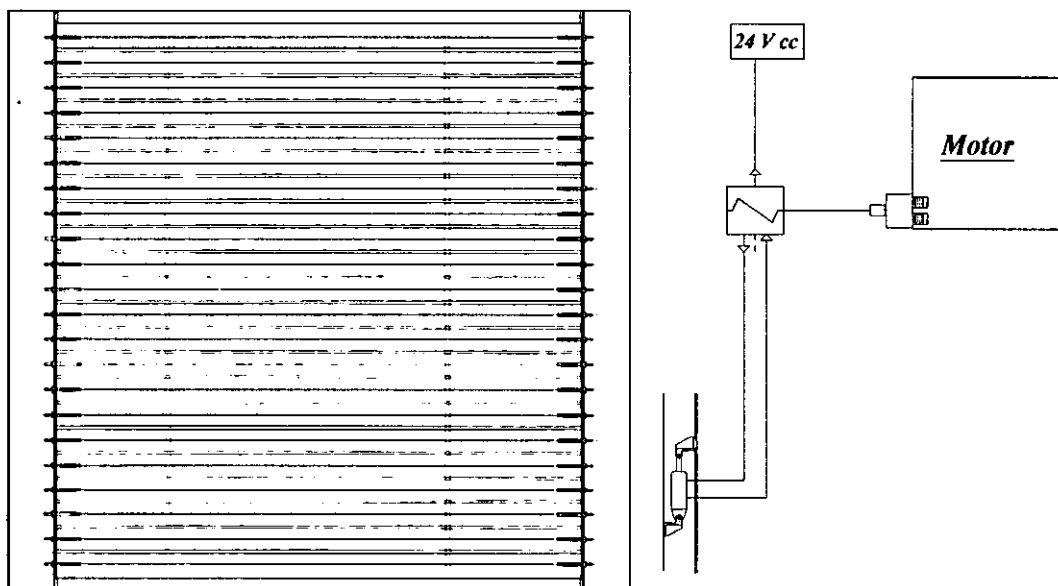


Figura 2.3: Actuadores y sistema de control para KACFE.

2.4 Cálculo de las configuraciones definitivas, desarrollo de planos y especificaciones de fabricación.

Se seleccionó una aplicación de KACFE para equipos de apoyo en las instalaciones de CODELCO-Andina. Se efectuó el diseño detallado de dos prototipos para control de flujo de motores de un WHEEL DOZER WD 600-1 y una MOTONIVELADORA GD 825 A-2, cuyos diseños previos se muestran en las figuras 2.1 a 2.3.

Los bastidores y el mecanismo de control de flujo se dimensionaron según criterios de resistencia a carga de viento y manipulación, generando estructuras livianas de perfiles de 3 mm y hojas abatibles de 2 mm de espesor. Sobre esta base se desarrollaron las especificaciones de fabricación de los componentes.

2.5 Desarrollo de planos y especificaciones de montaje e instalación.

Con los planos de diseño y fabricación se desarrollaron las especificaciones de montaje e instalación, que para las aplicaciones seleccionadas incluyen los siguientes aspectos:

Instalación física

- Retiro de protección del radiador.
- Presentación del KIT.
- Cambio de pernos en equipo.
- Colocación del KIT.

Instalación de elementos neumáticos.

- Retiro de cubiertas protectoras del estanque de aire comprimido.
- Elección de toma de aire.
- Realización de perforaciones en panel divisor para montaje de válvula, lubricador y paso de mangueras.
- Colocación de abrazaderas para mangueras en pernos existentes.
- Realización de perforaciones para anclaje de abrazaderas para mangueras.
- Montaje de válvula y lubricador.
- Tendido de mangueras neumáticas.

Instalación de control eléctrico

- Retiro de cubiertas protectoras.
- Retiro de bulbo de temperatura existente.
- Colocación de niple adaptador.
- Reposición de bulbo de temperatura existente.
- Colocación de bulbo de control del KIT.
- Colocación de abrazaderas para cable de control.
- Determinación de toma eléctrica.
- Colocación de fusible de protección.
- Tendido de cable de comando desde bulbo a válvula.

Pruebas de operación y entrega

- Encendido del equipo.
- Revisión de fugas en circuito.
- Verificación del accionamiento al subir la temperatura en el equipo.
- Reposición de cubiertas y protecciones.
- Entrega del equipo operativo al encargado.

3.1 Adquisición de materiales y componentes para la ejecución de bastidores y mecanismos.

Se procedió a comprar materiales y componentes para la producción de tres prototipos. Básicamente los insumos corresponden a aceros para los bastidores (perfiles canales y perfiles ángulos), aceros en barras y aceros redondos para los elementos mecanizados, planchas dimensionadas y plegadas para las hojas abatibles. Los componentes estándar incluyen bujes de bronce y de plástico, conectores y chavetas, roscas y pernos, tubos y empaques.

3.2 Desarrollo de tres actuadores, ad-hoc para los prototipos definidos.

Se desarrollaron tres actuadores para la aplicación previamente definida: un actuador hidráulico, un actuador neumático y un actuador eléctrico. Dadas las características de las alimentaciones hidráulicas y neumáticas de las máquinas, se optó por un único formato para los pistones los que se desarrollaron en tubo de 32 mm con una carrera de 120 mm (ver figura 3.6). El actuador eléctrico, ver figura 3.1, se desarrolló sobre la base de una guía métrica encapsulada en un tubo. Para esta aplicación se empleó un motor miniatura de corriente continua.

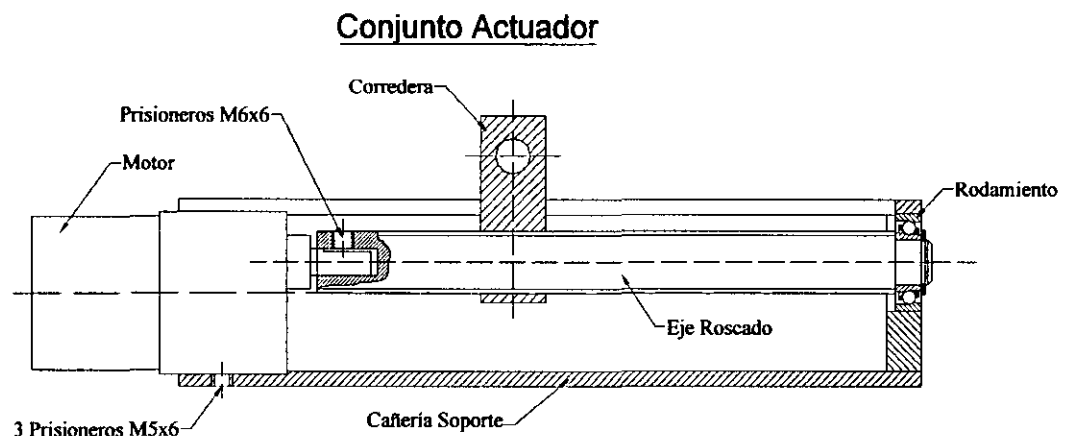


Figura 3.1: Diseño general del actuador eléctrico para KACFE.

3.3 Desarrollo de los sistemas de control aplicables en función del actuador seleccionado y del sistema de control de enfriamiento del motor de la máquina.

El sistema de control de las KACFE de la aplicación seleccionada se desarrolló sobre la base de un bulbo de temperatura con intervalo de actuación de 75-85 °C y una válvula solenoide de 24 V. La lógica de control del sistema es la siguiente: EL KACFE se instala normalmente cerrado, es decir, sin flujo externo hacia el motor, a medida que el motor se calienta el bulbo de temperatura comanda al actuador para que abra el paso del aire hacia el motor.

El KIT comienza a abrir cuando la temperatura del refrigerante del motor alcanza 75 °C y está completamente abierto cuando la temperatura del refrigerante llega a 85 °C. Una vez que la temperatura del refrigerante cae por debajo de 75 °C, la válvula solenoide comanda al actuador para bloquear el flujo de aire externo. EL ciclo de apertura y cierre se repite tantas veces como sea necesario mientras la temperatura del motor varía entre los límites establecidos por el bulbo.

3.4 Integración del primer KIT y evaluación de problemas de fabricación y funcionamiento general.

Se procedió a la fabricación e integración del primer KIT, para calibrar el proceso de producción y evaluar los problemas de desarrollo observados cuyas principales conclusiones son las siguientes:

- El mecanismo de hoja abatible presenta problemas de fabricación al desarrollarse con soldaduras muy extensas, provocando deformación de las hojas y mala calidad de sellado del área de control de flujo.
- El sistema de barra de tiro, que genera la actuación de las hojas, es altamente susceptible a la calidad de fabricación de los brazos de conexión. En producciones masivas, los brazos deben ser matizados y el montaje del conjunto, previo al ensamble final, debe hacerse con una matriz de montaje para asegurar un buen alineamiento.
- El funcionamiento del KACFE es muy sensible al rozamiento en los apoyos de las hojas abatibles, por lo que es necesario generar un armado muy preciso para no forzar la capacidad del actuador.

3.5 Pruebas preliminares y correcciones del primer prototipo.

Se efectuaron pruebas preliminares de funcionamiento del primer prototipo empleando un banco de pruebas muy simple compuesto por los siguientes elementos:

- Un compresor con descarga regulada para entregar aire a 8 Bar.
- Una batería de 24 V para alimentar la válvula solenoide.
- Un vaso precipitado conteniendo agua y un calefactor eléctrico para simular el ciclo térmico del refrigerante del motor.
- Una termocupla externa de control.

Los resultados de las pruebas, una vez resueltos los problemas de rozamiento interno, indican que el ciclo de apertura y cierre del KIT se desarrolla a velocidad adecuada en el intervalo de actuación definido por el bulbo térmico. El ciclo de funcionamiento se desarrolla de manera estable y reproducible.

3.6 Producción de tres KIT para evaluaciones en laboratorio.

Se desarrollaron tres KIT de acuerdo a lo propuesto originalmente, la figura 3.6 permite formarse una idea en perspectiva del desarrollo.



Figura 3.6: Desarrollo e integración de unidades KAFCE.

3.7 Evaluaciones de desempeño en túnel de viento.

Dos unidades KAFCE se montaron en el túnel de viento de Inppa S.A. para evaluar su funcionamiento y desempeño en condiciones simuladas. El protocolo de pruebas desarrollado incluyó los siguientes aspectos: a) Funcionamiento del mecanismo de apertura y bloqueo del área frontal del radiador, b) Respuesta del actuador y de la instrumentación de control, c) Respuesta del conjunto en ciclos de apertura y bloqueo de larga duración. La figura 3.7 muestra la disposición general de ensayo antes de montar el prototipo KAFCE.



Figura 3.7: Disposición general de un ensayo en Túnel de Viento de Inppa S.A.

En general, después de resolver problemas iniciales de rozamiento y trabazón de las hojas abatibles y de los actuadores de los prototipos, se logró alcanzar condiciones de régimen para el funcionamiento térmico y mecánico.

El área frontal del radiador se bloquea completamente al actuar el cierre de los KAFCE, pero se producen algunas infiltraciones menores debido a la calidad de cierre de las hojas. Este es un problema de calidad de fabricación que se puede resolver con una buena técnica de fabricación de las hojas y con la incorporación de sellos adecuados.

Para intervalos de actuación entre 85-93 °C, la respuesta del actuador y del sensor térmico es muy buena y procede a una velocidad adecuada en las condiciones de ensayo. La velocidad de respuesta ante rápidos ciclos de calentamiento-enfriamiento, se consideró adecuada y el mecanismo no generó ningún tipo de pérdida ante condiciones de alta exigencia.

Algunos ensayos se ejecutaron con una periodicidad de 2 a 3 días, para evaluar la respuesta de los sistemas ante ciclos de larga duración. En general, no se detectaron problemas en estas condiciones de ensayo.

La figura 3.8 muestra resultados de potencia disipada en función de la apertura de las hojas del KAFCE, para un montaje empleando un radiador de vehículo Chevrolet 2.300. Como era lógico de esperar, al aumentar el bloqueo del área frontal disminuye la capacidad del radiador.

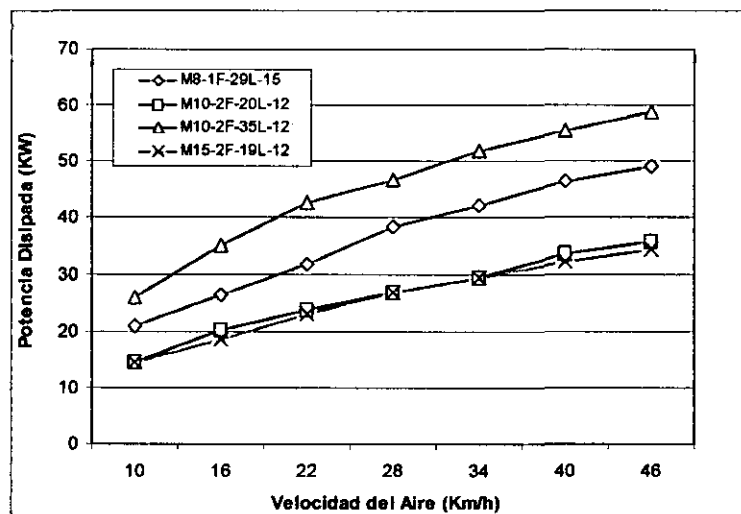


Figura 3.8: Potencia disipada en función de la velocidad del aire para cuatro posiciones de bloqueo del área frontal de un radiador de vehículo Chevrolet 2.300.

3.8 Síntesis de resultados y correcciones a los prototipos.

Con los resultados obtenidos en esta fase de la metodología, se procedió a efectuar correcciones de diseño de los KAFCE y se prepararon prototipos para una prueba en terreno.

Actividad 4 : Ejecución de una Prueba en Terreno

4.1 Instalación de prototipos KAFCE

Se logró coordinar la ejecución de pruebas de prototipos KAFCE en las instalaciones de CODELCO División Andina, en equipos de movimiento de tierra KOMATSU operados bajo un contrato MARKO. Se seleccionaron dos Motoniveladoras GD 825 A-2 y un Wheel Dozer WD 600-1, ambas trabajan en el área de la mina SUR-SUR entre 3.000 a 4.000 m de altura.

Tres prototipos se trasladaron a terreno y se instalaron en las máquinas indicadas, estas actividades también permitieron capacitar al personal de operación del contrato MARKO para asistir el seguimiento de las pruebas. La figura 4.1 muestra una secuencia de detalles para evaluar la instalación de los KAFCE en los equipos proporcionados para la prueba.



Figura 4.1: Secuencia de preparación de las máquinas para instalación de prototipos KAFCE.

Vista superior muestra equipos GD 825 A y WD 600.

Vistas inferiores muestran detalles de las mascararas y de los motores.

El procedimiento de instalación de los prototipos fue complicado por las condiciones de la máquinas y por las condiciones de trabajo en altura. Sin embargo, después de algunos ensayos previos se perfeccionó el método de instalación descrito en la sección 2.

4.2 Pruebas y Evaluación de Usuarios

Después del primer montaje de equipos KAFCE, la actividad se concentró básicamente en la apreciación de los prototipos KAFCE en funcionamiento y en la recopilación de información pertinente para efectuar una evaluación de desempeño de tales componentes.

Los profesionales que desarrollaron la actividad fueron recibidos por personal directivo de Komatsu, con quienes definieron las tareas a concretar. Posteriormente, se entrevistaron con personal de mantenimiento, para recopilar antecedentes sobre la experiencia con los prototipos KAFCE y, como última tarea, efectuaron una prueba de funcionamiento de un prototipo KAFCE montada en un equipo (motoniveladora) que estaba en faena.

4.3 Desempeño de los prototipos KAFCE, según la apreciación del personal de mantenimiento

Con la configuración original, las máquinas que tienen instaladas las persianas presentaron serios problemas de sobrecalentamiento, ocasionando pérdidas de líquido refrigerante por las empaquetaduras del motor y por la tapa del radiador, haciendo más ineficiente el funcionamiento de dichas máquinas. Como consecuencia de lo anterior las persianas fueron desactivadas, dejándolas en posición abierta.

En general, se estima que las persianas tardan mucho tiempo en abrir y que la temperatura de la máquina no comienza a bajar tan pronto se abren las persianas, sino que existe una inercia térmica la cual hace que el motor se sobrecaliente. Lo inverso también es válido, es decir, cuando las persianas se cierran la temperatura no comienza a subir de inmediato.

4.4 Prueba de funcionamiento de una persiana montada en una motoniveladora

La persiana de este equipo estaba desactivada, de modo que se repuso el accionamiento y se activó el interruptor de cierre para dejarla operativa. Se le explicó al operador de dicho equipo que se realizaría una prueba de funcionamiento y que se deseaba observar la evolución del indicador de temperatura del panel de la máquina. Desde ese minuto en adelante la prueba no pudo ser observada por los ingenieros, ya que debieron volver a la nave de mantenimiento. No obstante ello, en una etapa posterior se ubicó la máquina, la que presentaba problemas de sobrecalentamiento según se describe a continuación:

- La inspección de la cabina revelaba un fuerte olor a refrigerante evaporado.
- El equipo presentaba la rotura de una manguera de refrigeración, con fuga de abundante refrigerante.
- La persiana estaba abierta como consecuencia del corte de la alimentación eléctrica.

- Al energizar la máquina, se verificó que el interruptor de cierre de la persiana se encontraba cerrado, indicación de que la temperatura del refrigerante se encontraba entre 85 – 93 °C, después de haber superado 93 °C.

4.5 Conclusiones de la primera fase de pruebas y evaluaciones

- El sistema de persianas funciona. Las persianas se cierran y se abren según el intervalo de temperatura establecido por el sensor térmico instalado.
- El sensor de temperatura de las persianas está mal ubicado, ya que no mide la temperatura del refrigerante directamente en la cavidad del block del motor, sino que recibe la señal del refrigerante que recircula dentro de la Tee donde está instalado. Ello implica que el tiempo que transcurre hasta que el sensor de las persianas se acciona es suficiente para que el motor se sobrecaliente.
- En la placa donde están instalados los sensores de temperatura de la máquina hay espacio suficiente como para instalar el sensor de las persianas paralelo al sensor de temperatura del motor.

4.6 Acciones para desarrollar la modificación de las persianas

Los resultados de la actividad indican que para modificar y dejar operativas las persianas es necesario desarrollar un sensor térmico que brinde una temperatura de corte inferior a la del sensor actual. De acuerdo a lo indicado por los técnicos de la compañía, el nivel de corte debe ser de 75°C. Por otro lado, también se sugirió que es necesario reemplazar el actuador neumático de las persianas por uno eléctrico.

Posteriores análisis de la problemática generaron la siguiente propuesta:

- a) Reposicionar la ubicación del sensor de temperatura, de tal manera que éste recoja la señal de actuación desde el estanque superior del radiador.
- b) Agregar sistema de accionamiento manual de la persiana para casos de emergencias.
- c) Eventualmente, cambiar los sensores de temperatura por unos con intervalo de actuación de 75-85 °C, de acuerdo a resultados de pruebas con configuración (a).

Los técnicos de mantenimiento de los equipos Komatsu, entregaron un completo reporte de la experiencia que la compañía ha obtenido con las persianas instaladas en los respectivos equipos (2 motoniveladoras y un Wheel Dozer), cuyos aspectos más relevantes son los siguientes:

- El sistema no puede trabajar con un actuador neumático, pues el suministro de aire no asegura un 100% de disponibilidad durante la jornada de trabajo.
- El sistema de persianas provoca efectos adversos sobre el sistema de enfriamiento del motor (por ejemplo, sobre el enfriador de aceite de caja automática) y no permite establecer buenas condiciones de confort térmico en la cabina.

Los operadores de los equipos entregaron su visión acerca de un sistema de persianas modificado (sistema de control de flujo que no interfiere con el sistema de

enfriamiento y que permite establecer un buen grado de confort térmico en la cabina del equipo), que cumpliría el cometido de controlar flujo y mejorar las falencias del sistema original. Los principales aspectos de interés son los siguientes:

- Cada persiana debe tener un 40% de cobertura frontal, con un 60% de su área inferior descubierta.
- El sistema debe montarse muy bien adosado al radiador, para lo cual es conveniente emplear una empaquetadura de ajuste.
- El actuador debe ser eléctrico.
- El sensor térmico debe abrir a 70-75 °C y su posición actual es correcta.

Sobre esta base de recomendaciones se efectuaron cambios de formato de los KAFCE y de bulbo sensor de temperatura, ver figura 4.6.

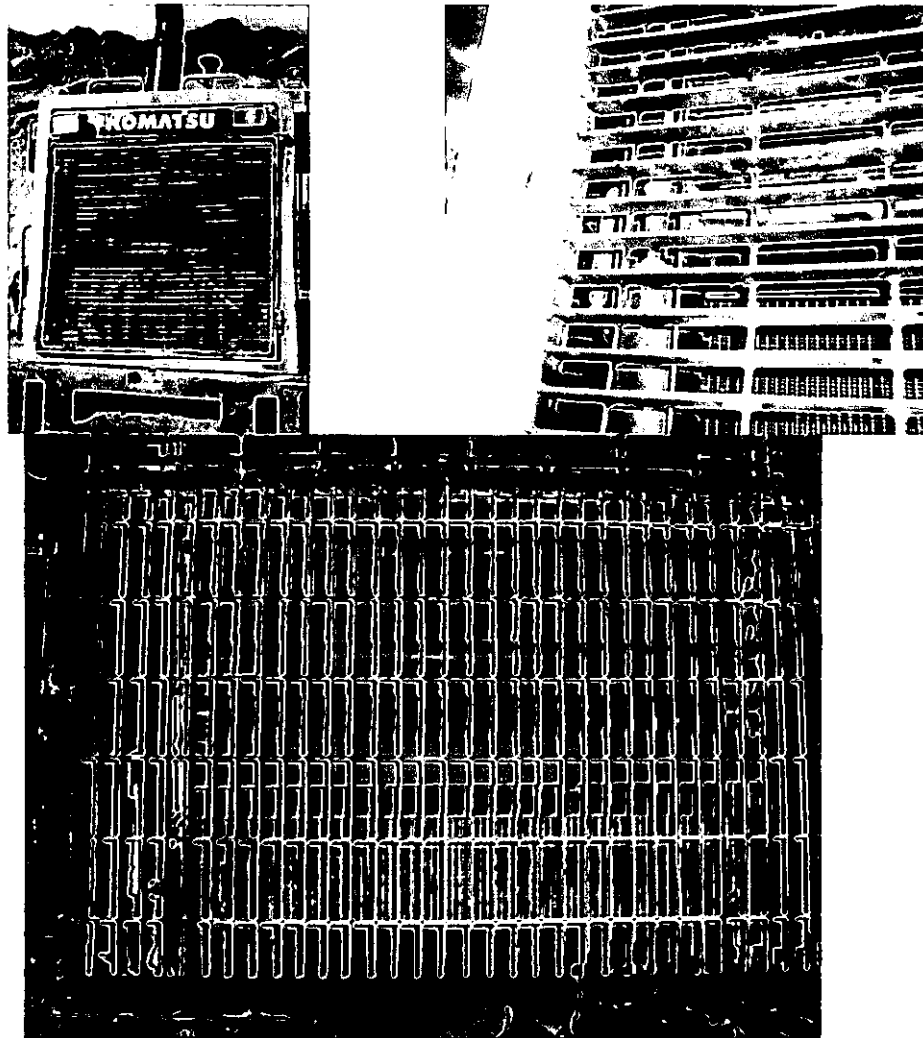


Figura 4.6: Versión final del prototipo KACFE montado en un WD 600.
En vista superior se aprecia el montaje general y el detalle del actuador neumático.
En vista inferior se aprecia el área inferior del radiador descubierta.

Finalmente, los prototipos se configuraron con actuadores neumáticos, ejecutándose el montaje de acuerdo al siguiente procedimiento:

INSTALACION PROTOTIPOS KAFCE MODIFICADOS

- a) Extracción máscara.
- b) Enderezado de máscara.
- c) Llevar a cabo sujeción de persiana, lo más próxima al radiador.
- d) Sellar el contorno entre persiana y radiador.
- e) Definir junto a Komatsu la posición de filtro y electro válvulas.
- f) Instalación del bulbo sensor.
- g) Suministro de línea de aire de alimentación definir con Komatsu
- h) Suministro de línea de alimentación eléctrica definir con Komatsu.
- i) Instalación circuito neumático en equipo.
- j) Instalación circuito electrónico en equipo.

4.7 Evaluaciones de comportamiento del motor, evaluaciones de confort de cabina.

De acuerdo a las informaciones recopiladas en terreno e investigando la configuración de los equipos a los que se les instalaron KAFCE, se deduce éstos no están diseñados para trabajar en estas condiciones climáticas (frío extremo, bajo cero), lo cual ha complicado el desarrollo de la experiencia con los KACFE. En efecto, las intervenciones al área del motor están modificando las condiciones térmicas al obstruirle paso de aire en el radiador para lograr una temperatura adecuada de confort en la cabina.

Una vez probada la primera persiana en la moto 508, con las condiciones satisfactorias para el usuario, se lograron temperaturas ambientes de 30 °C en la cabina del operador y temperaturas de inyección de aire caliente de 50 °C, aproximadamente. Estas pruebas se vieron complicadas por problemas en una de las trompas de inyección de aire caliente hacia la cabina. Por otro lado, se constató que las persianas se abrieron a 95 °C aproximadamente, lo que originó un sobre calentamiento en el sistema de refrigeración. Por este motivo fue necesario abrir paso de aire en la parte inferior entre la persiana y el radiador para una posterior prueba en terreno. Posteriores pruebas y modificaciones realizadas por el usuario han dejado a los equipos funcionando en buenas condiciones, sin la ocurrencia de sobrecalentamientos o eventos de falla.

4.8 Análisis y evaluación de los resultados logrados.

Los resultados logrados, si bien no han estado exentos de problemas, son alentadores ya que indican que es factible desarrollar, adaptar e instalar KAFCE en prácticamente cualquier maquinaria que requiera control de flujo de aire exterior. En efecto, la experiencia de terreno indica que lo que se ejecutó corresponde a la prueba más complicada de todas las posibles, porque la configuración de ventilación de las máquinas de movimiento de tierra es muy diferente a la de los camiones u otros equipos con ventilación convencional.

Actividad 5 : Síntesis del Desarrollo Logrado y Opciones de Mejoramiento

El proyecto ha logrado cumplir con el plan de trabajo trazado originalmente, consiguiendo los siguientes resultados concretos:

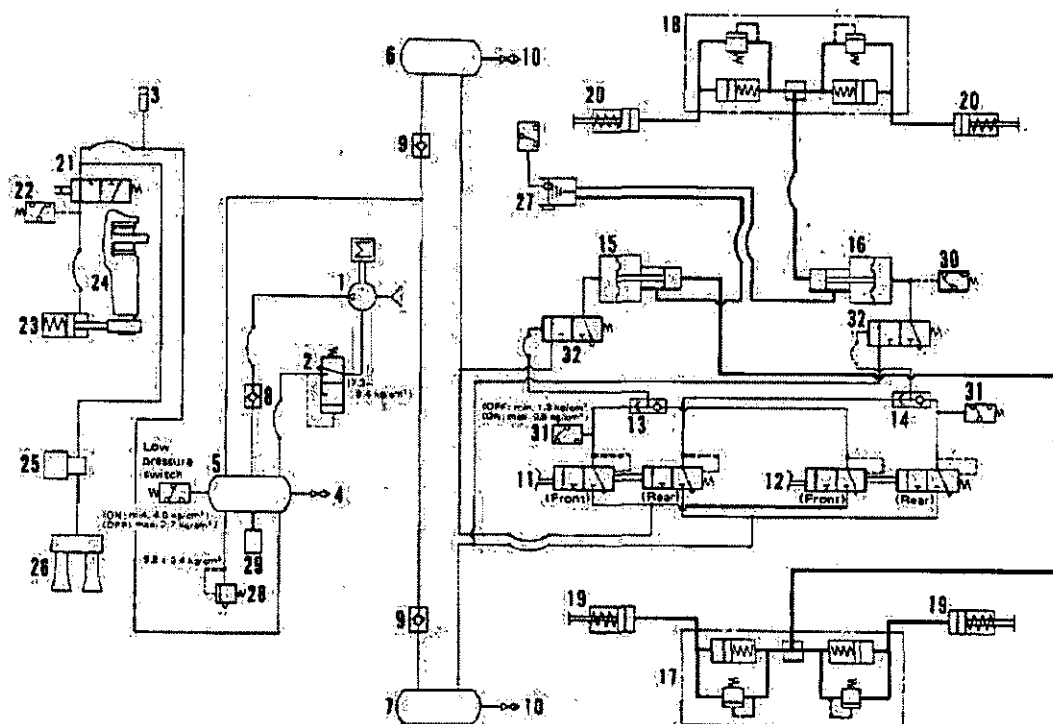
- Se desarrolló un diseño general de KACFE aplicable a maquinarias de apoyo y camiones que trabajan en faenas de alta montaña.
- Se logró visualizar los detalles de la tecnología de enfriamiento de motores de maquinaria de movimiento de tierras, que hacen factible la incorporación de los KACFE como efectivos elementos de control de temperatura del motor y desempeño de la máquina.
- Se desarrollaron tres prototipos KACFE hasta un nivel detallado, generando una valiosa base de conocimiento para evaluar su producción en masa y sus detalles de funcionamiento en aplicaciones específicas.
- Dependiendo del tipo de ventilación del motor de la maquinaria, los KACFE deben desarrollarse teniendo especial cuidado en la selección de los sensores de temperatura y en los actuadores; para que su funcionamiento no genere problemas al sistema de refrigeración del motor. En general, el control de flujo de aire externo mejora las condiciones térmicas de la cabina, pero este efecto se desarrolla bien en aquellos motores de ventilación aspirada (camiones) y requiere previsiones especiales en aquellos motores de ventilación impulsada (máquinas de movimiento de tierra).
- Los productos desarrollados pueden manufacturarse en versiones de alta calidad, siempre que los componentes metálicos se fabriquen en lotes de producción y la instrumentación sea de gran fiabilidad. Otras condiciones de producción van a generar prototipos, con los problemas típicos que ello implica.
- El desarrollo alcanzado es susceptible de mejorarse en muchos aspectos, particularmente en aquellos relativos a configuración. Sin embargo, la gran diversidad de aplicaciones complica la estandarización de los productos y en definitiva la problemática comercial.

ANEXO 1

SISTEMAS AUXILIARES DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTOS DE TIERRA

FIGURA A: Circuito Hidráulico de Motoniveladora GD 825.

BRAKE AND AIR CIRCUIT DIAGRAM

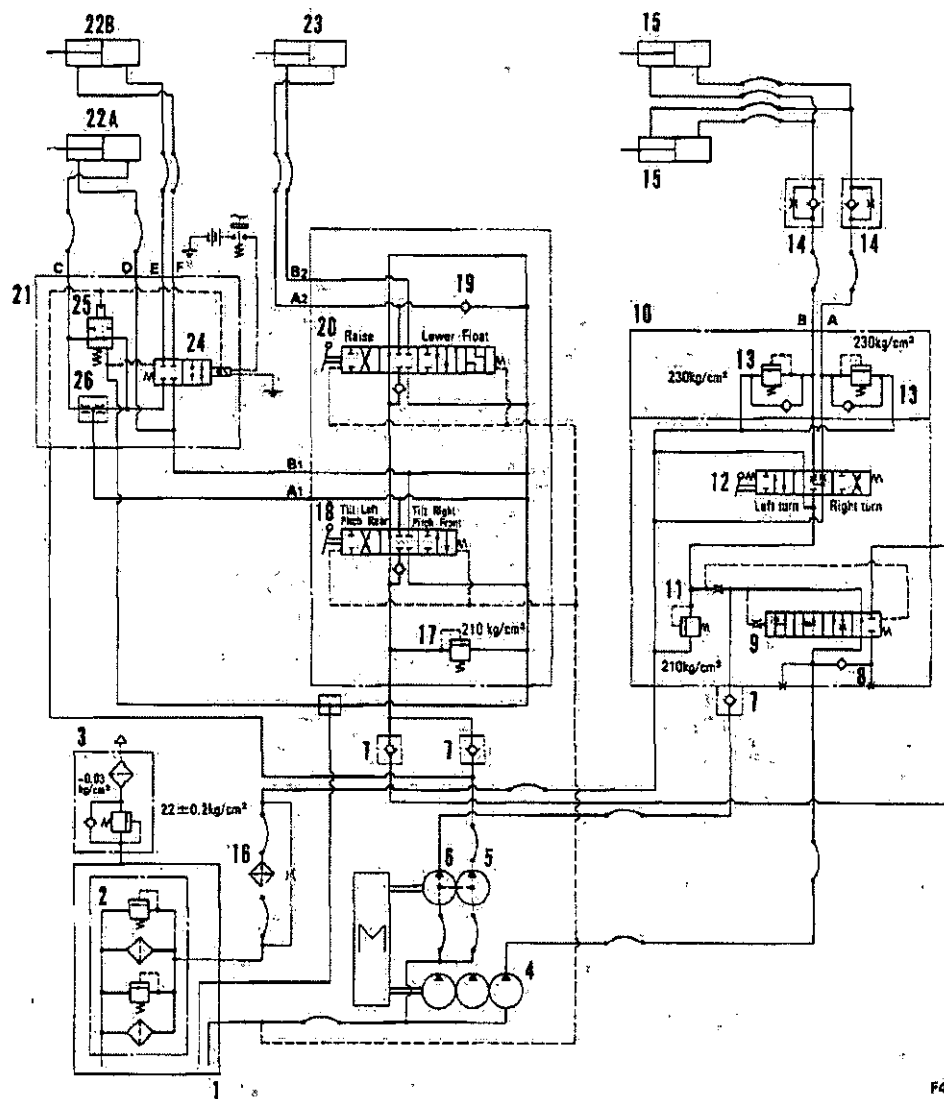


426F095

- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1. Air compressor | 17. Front slack adjuster |
| 2. Air governor | 18. Rear slack adjuster |
| 3. Tire inflation | 19. Front brake |
| 4. Drain valve | 20. Rear brake |
| 5. Air tank (wet) | 21. Parking brake solenoid valve |
| 6. Air tank (dry) | 22. Parking brake sensor |
| 7. Air tank (dry) | 23. Spring cylinder |
| 8. Check valve | 24. Parking brake |
| 9. Check valve | 25. Horn valve |
| 10. Drain valve | 26. Horn |
| 11. R.H. brake valve | 27. Brake oil tank |
| 12. L.H. brake valve | 28. Safety valve |
| 13. Two-way valve | 29. Air pressure sensor |
| 14. Two-way valve | 30. Stop lamp switch |
| 15. Front brake chamber | 31. Transmission cut-off switch |
| 16. Rear brake chamber | 32. Relay valve |

FIGURA B: Diagrama Circuito de Aire Equipo WD 600-1.

HYDRAULIC CIRCUIT DIAGRAM



F41E01069

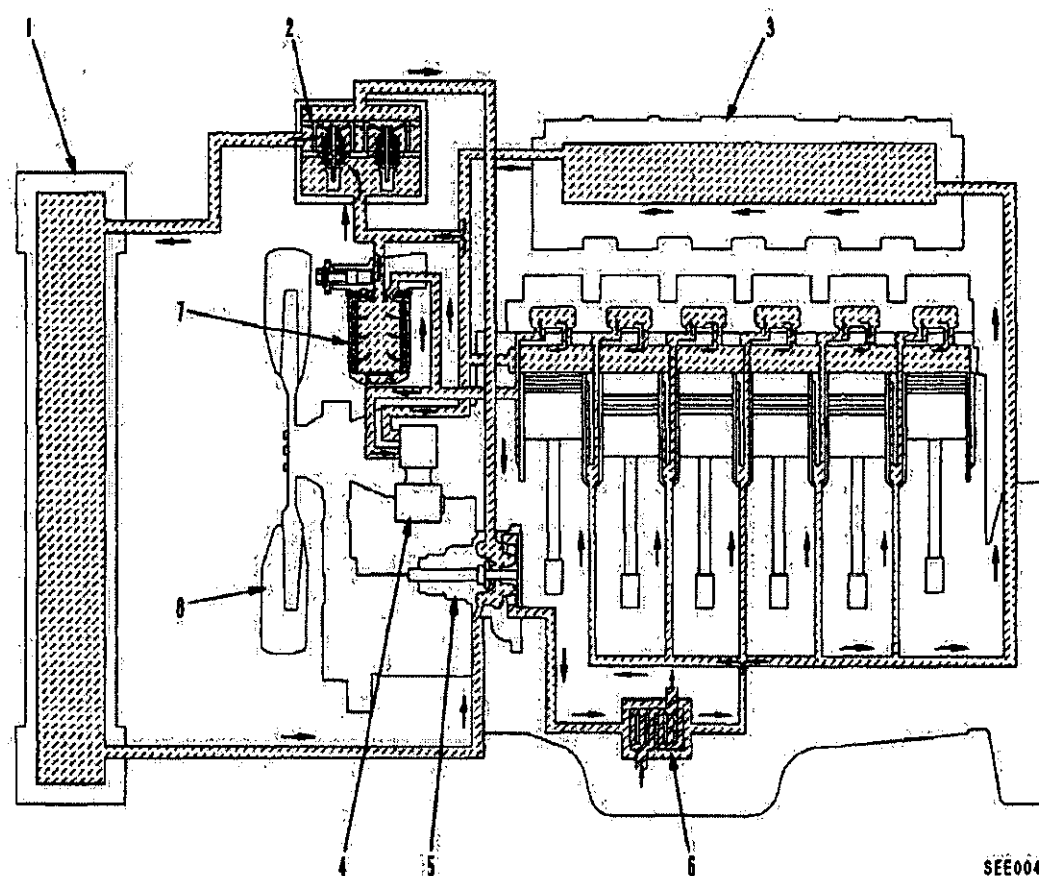
- | | | |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Hydraulic tank | 10. Steering valve | 19. Suction valve |
| 2. Hydraulic filter | 11. Relief valve | 20. Lift spool |
| 3. Breather | 12. Steering spool | 21. Deco valve |
| 4. Switch pump | 13. Safety valve (with suction) | 22A. Tilt and pitch cylinder (L.H.) |
| 5. Hydraulic pump | 14. Two-way restrictor valve | 22B. Pitch cylinder (R.H.) |
| 6. Steering pump | 15. Steering cylinder | 23. Lift cylinder |
| 7. Check valve | 16. Oil cooler | 24. Solenoid valve |
| 8. Check valve | 17. Relief valve | 25. Solenoid valve |
| 9. Demand spool | 18. Tilt and pitch spool | 26. Valve |

WD600-1

61-3-2
①

FIGURA C: Diagrama Circuito Hidráulico Equipo WD 600-1.

COOLING SYSTEM CHART For construction machinery generator



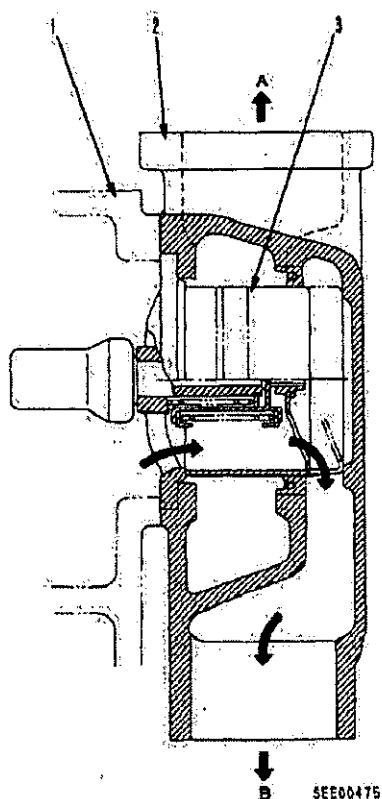
SEE004

- 1. Radiator
- 2. Thermostat
- 3. Water-cooled aftercooler (SA6D140-2)
- 4. Air compressor
- 5. Water pump
- 6. Oil cooler
- 7. Corrosion resistor
- 8. Cooling fan
- A: Oil inlet and outlet

FIGURA D: Circuito de Refrigeración de Motoniveladora GD 825.

THERMOSTAT

★ The specifications may be different from the following figure, depending on the type of machine model.



1. Cylinder block
 2. Thermostat housing
 3. Thermostat
- A. To radiator
To heat exchanger (For marine engines)
- B. To water pump
To Brake cooler (HD325)
To oil cooler on machine body
(D155A-3, D155AX-3)

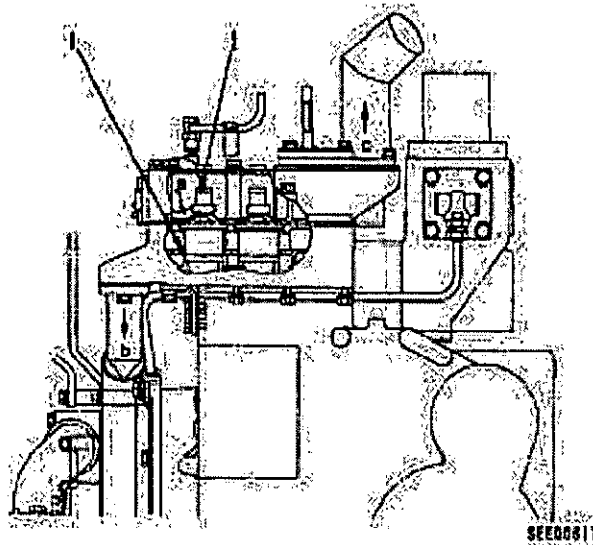
THERMOSTAT

- Valve opening temperature:
76.5 ± 2°C (For construction machine and generator)
82 ± 2°C (For marine engines)
- Fully opening temperature: 90°C
- Lift and fully opening position: 10 mm min.

FIGURA E: Estructura Termostato de Motoniveladora GD 825.

THERMOSTAT

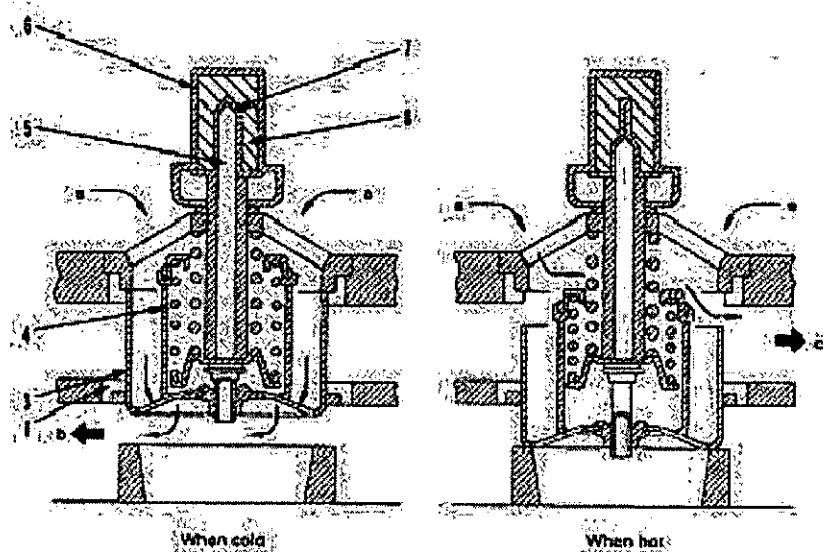
* The specifications are subject to change according to modifications, etc.



1. Seal
2. Thermostat
3. Valve
4. Body
5. Piston
6. Sensor
7. Sleeve
8. Wax

- a. From engine each component
b. To water pump
c. To radiator

OPERATION



Function

- Opening temperature: $76.5 \pm 2^\circ\text{C}$
- Full opening temperature: 90°C
- Valve lift: Min. 10 mm

FIGURA F: Estructura Termostato de Equipo WD 600-1.