

ANÁLISIS TÉCNICO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN DE PINZAS EN LOS PÓRTICOS DE SOLDADURA EN
SOFASA S.A.

ANDRÉS MAURICIO TOBÓN CADAVID
JUAN LUIS LÓPEZ ROA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
UNIVERSIDAD EAFIT
MEDELLÍN
2012

ANÁLISIS TÉCNICO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN DE PINZAS EN LOS PÓRTICOS DE SOLDADURA EN
SOFASA S.A.

ANDRÉS MAURICIO TOBÓN CADAVID
JUAN LUIS LÓPEZ ROA

Propuesta de proyecto de grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Asesor:

Ingeniera física y mecánica Carolina Mira Hernández

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
UNIVERSIDAD EAFIT
MEDELLÍN
2012

DEDICATORIA

Andrés Mauricio: A mis padres por apoyarme en todo momento a pesar de las dificultades económicas, a mis hermanos por estar siempre impulsándome a salir adelante y por el buen camino y a mis amigos quienes con mucho cariño no creían que esto fuera posible y a Albeiro Usurriaga quien me ayudo a reconocer a la gente en los últimos tiempos.

Juan Luis: A mi familia, especialmente a mi madre quien me ha apoyado incondicionalmente a través de este camino, motivándome siempre a ser una mejor persona. A mi hermanita quien ha estado a mi lado dándome consejos y apoyándome en todo momento. A mis amigos quienes me han brindado una amistad sincera.

AGRADECIMIENTOS

A SOFASA, quién nos abrió las puertas a través del departamento de Soldadura y Mantenimiento Central en cabeza de sus gerentes Juan Fernando Builes y Marytzabel Aguirre, sin cuyo apoyo, tiempo y atención no hubiese sido posible el desarrollo de este proyecto de grado. A los ingenieros Francisco Restrepo, Responsable de Grupo de servicios, Andrés Hoyos, Staff de soldadura, Catalina Sierra, Responsable de grupo de mantenimiento serie soldadura y a todo su grupo de trabajo, quienes nos brindaron todo el apoyo necesario y la información requerida para un exitoso desarrollo del proyecto.

A los proveedores consultados, quienes nos brindaron toda la asesoría técnica y metodológica cada vez que fue necesario.

A la Ingeniera Física y Mecánica, nuestra asesora, quien con su amplio conocimiento del temas, nos orientó y apoyo con total confianza, brindándonos la posibilidad de aprender y realizar este proyecto.

A quienes de manera directa e indirecta aportaron conocimiento, tiempo y dedicación al desarrollo de este proyecto de grado.

CONTENIDO

CONTENIDO	6
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
1 PRÓLOGO	12
1.1 INTRODUCCIÓN	12
1.2 RESEÑA HISTÓRICA SOFASA	13
1.3 JUSTIFICACIÓN	13
2 ASPECTOS GENERALES	15
2.1 OBJETIVOS	15
2.1.1 Objetivo general	15
2.1.2 Objetivos específicos	15
2.2 ALCANCE	15
3 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	17
3.1 PINZAS DE SOLDADURA DE PUNTO	17
3.2 TORRES DE ENFRIAMIENTO	18
4 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ORIGINAL	20
4.1 PUNTOS DE MEJORA	25
5 PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL SISTEMA	27
5.1 PROPUESTA 1: REEMPLAZO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO	27
5.1.1 TIPOS DE TORRES DE ENFRIAMIENTO TENIDAS EN CUENTA PARA LAS OPCIONES DE MEJORA	29
5.1.2 SISTEMA DE BOMBEO	29
5.1.3 TUBERÍA	30
5.1.4 OBRA CIVIL	30
5.2 PROPUESTA 2: PUESTA EN MARCHA ANTIGUA TORRE DE TOYOTA	30
5.2.1 TORRES DE ENFRIAMIENTO	31
5.2.2 SISTEMA DE BOMBEO	31
5.2.3 TUBERÍA	31

5.3	PROPUESTA 3: REDISTRIBUCION DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO	
	32	
5.4	DISEÑO DE DETALLE DE LA PROPUESTA ESCOGIDA	32
5.4.1	Cálculos red de tubería	35
6	IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA DE REDISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO EN LOS PÓRTICOS DE SOLDADURA	42
7	VALORACION EXPERIMENTAL Y ECONOMICA DE LA MEJORA	56
7.1	MEDIDAS DE PRESIÓN DESPUÉS DE LA MEJORA	56
7.2	MEDIDAS DE CAUDAL	58
8	CONCLUSIONES	60
9	RECOMENDACIONES	62
10	BIBLIOGRAFÍA	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de pinzas por torre de enfriamiento.	21
Tabla 2. Especificaciones técnicas pinzas de soldadura en SOFASA.	21
Tabla 3. Especificaciones técnicas torres de enfriamiento en SOFASA.	22
Tabla 4. Especificaciones técnicas del ventilador de las torres de enfriamiento.	23
Tabla 5. Especificaciones técnicas de bombas y motores de las torres de enfriamiento.	23
Tabla 6. Reporte de paros por recalentamiento en el taller de soldadura [min]	24
Tabla 7. Comparación de las propuestas.	33
Tabla 8. Medidas de presión realizadas en el taller.	33
Tabla 9. Cantidad de pinzas de soldadura por torre de enfriamiento.	34
Tabla 10. Tipos de pinzas en cada pórtico del taller de soldadura.	35
Tabla 11. Cantidad de pinzas por pórtico.	36
Tabla 12. Caudales de las pinzas enganchadas a la torre X90 antigua.	39
Tabla 13. Caudales de las pinzas enganchadas a X90 nuevo.	41
Tabla 14. Caudales de las pinzas enganchadas a Sertissage nuevo.	41
Tabla 15. Cantidad de pinzas ancladas a su respectiva torre de enfriamiento.	43
Tabla 16. Número de bombas por torre de enfriamiento	44
Tabla 17. Medidas actuales extremas de presión en el taller de soldadura	44
Tabla 18. Medidas de presión realizadas en el taller después de la mejora.	56
Tabla 19. Costos de operación de las bombas de las torres de enfriamiento.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Súper-cargador de lóbulos	17
Figura 2. Torre de enfriamiento con un corte de sección transversal.	19
Figura 3. Esquema pórticos de Soldadura en el taller de SOFASA.	20
Figura 4. Distribución de las torres de enfriamiento SOFASA.	22
Figura 5. Consolidado de los paros de línea por recalentamiento de pinzas	25
Figura 6. Esquema pórticos de Soldadura en el taller de SOFASA.	36
Figura 7. Esquema pórticos simplificados de Soldadura en el taller de SOFASA.	37
Figura 8. Esquema pinzas de soldadura.	38
Figura 9. Esquema pórticos con pinzas de diferentes marcas.	39
Figura 10. Esquema pórtico con pinzas de la misma marca.	40
Figura 11. Esquema pórticos del taller de soldadura.	43
Figura 12. Sistema by pass con 3 válvulas de bola y una electroválvula.	46
Figura 13. Pórtico antes y después del montaje de los sistemas by pass.	47
Figura 14. Estado en el que se encontraron varios tramos de tubería.	49
Figura 15. Válvula de bola desmontada en el área de Sertissage.	50
Figura 16. Lodos en el tanque de la torre	51
Figura 17. Sonde pinzas, filtros y lodo encontrado en las pinzas.	52
Figura 18. Accesorios de tubería taponados en el área de Sertissage.	53
Figura 19. Rocas de alambre en filtros de la torre de enfriamiento.	54
Figura 20. Evaporadores de las torres de enfriamiento.	54
Figura 20. Formato revisión de parámetros de mantenimiento.	59

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 CURVAS DE LAS BOMBAS	64
ANEXO 2 CUADERNO DE CARGAS	66
ANEXO 3 COTIZACIONES	67
ANEXO 4 CARTAS CONTRATO	68
ANEXO 5 PLANOS ESQUEMÁTICOS	69
ANEXO 6 OBRA CIVIL	70

GLOSARIO

SOFASA: Sociedad de fabricación de automotores S.A.

SERTISSAGE: Grafado, doblez de lámina que se hace por medio de troquelado, utilizado para unir y sellar las piezas móviles de una cabina. Área específica del taller.

X90: Forma de generalizar los tipos de carros B90 y L90 que corresponden al Renault Sandero y Renault Logan respectivamente.

PÓRTICO: Estructura metálica que soporta los herramientas utilizados para el ensamble de las carrocerías en el taller de Soldadura.

CUADERNO DE CARGAS: Especificaciones técnicas al detalle que busca que los licitantes de un proyecto coticen bajo las mismas condiciones

CARRY OVER: Seleccionar materiales que cumplieron un ciclo y pueden ser reutilizados en otros procesos.

PMP: Plan de mantenimiento programado.

1 PRÓLOGO

1.1 INTRODUCCIÓN

La compañía SOFASA S.A ensambla y comercializa vehículos de la marca RENAULT, siendo una empresa reconocida en el medio automovilístico de la región andina por la calidad de sus productos. Para este fin, esta empresa se basa en procesos productivos mayormente manuales, los cuales son soportados por instalaciones y equipos que proveen a los trabajadores los recursos necesarios para el apropiado desarrollo de sus actividades.

La red de refrigeración es uno de los sistemas centrales de los cuales depende el proceso productivo de SOFASA para el desarrollo de su actividad económica, pues de ella se derivan equipos y subsistemas en el taller de soldadura que conforman la línea de producción de la compañía.

Dentro de las remodelaciones que ha ido haciendo la empresa para acomodarse a la entrada de los nuevos vehículos, en el taller de soldadura se hace una adición de pinzas de soldadura, las cuales son conectadas a la red de refrigeración existente ocasionando que las torres de enfriamiento sean sobrecargadas, generando calentamiento en las pinzas y problemas de paros de equipos afectando el volumen de producción establecido.

Este proyecto de grado pretende analizar propuestas de mejora para la situación actual del sistema de refrigeración de pinzas en el taller de soldadura en SOFASA, para lograr un aumento en la capacidad del mismo y cumplir expectativas de volumen deseadas por la empresa. Se hacen análisis teóricos y experimentales de la redistribución de torres de enfriamiento en los pórticos de soldadura buscando un diseño de red mejorado y apropiado para la distribución actual de la planta.

1.2 RESEÑA HISTÓRICA SOFASA

En enero de 1969 el Gobierno Nacional seleccionó a la Regie National Des Usines Renault de Francia como la ganadora de la licitación internacional tendiente al establecimiento de una compañía ensambladora de automóviles en Colombia. El 2 de julio se constituyeron oficialmente tres sociedades con participación accionaria del gobierno colombiano a través del Instituto de Fomento Industrial –IFI– y del fabricante francés.

La primera de ellas, Socofam, se encargó de la fabricación de motores y mecanizados de autopartes; la segunda, SOFASA Renault S.A., fabricó los automóviles y la tercera, Renault de Colombia S.A., se orientó a la comercialización de los vehículos y autopartes producidas por las dos primeras. La Planta de Producción de vehículos se inauguró el 15 de julio de 1970.

En 1971 las tres empresas se fusionaron en una; dos años más tarde, el contrato inicial de la sociedad se modificó para permitir la fabricación de vehículos de otras marcas diferentes a Renault, hecho que se concretaría a finales de los 80's.

El 8 de febrero de 1989, Renault de Francia le compró la totalidad del paquete accionario al Gobierno Nacional y ofreció el 24% a la compañía japonesa Toyota Motor Corporation, quien ingresó como socio de la Compañía con el propósito de iniciar el proceso de ensamble de camperos y pick ups de esta reconocida marca. En enero de 1994, el Grupo Empresarial Bavaria adquirió el 51% del total de las acciones de SOFASA S.A., hecho que marca el inicio de una nueva etapa de su historia, orientada al liderazgo en el mercado nacional y a la expansión de las operaciones comerciales en exterior.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El proceso productivo de SOFASA comprende tres talleres principales: Soldadura, donde las piezas de la carrocería son ensambladas, Pintura, donde se acondiciona la cabina ya ensamblada y se le da la protección anticorrosiva, el

color y el acabado exterior; y ensamble, donde la motorización y todos los componentes del vehículo son integrados a la cabina.

La red de refrigeración de pinzas de la ensambladora SOFASA representa en el taller de soldadura, una relevancia vital para los subsistemas que permiten que las actividades llevadas a cabo en este se desempeñen con normalidad y de conformidad con los estándares de calidad de la empresa.

SOFASA en los dos últimos años ha venido experimentando un crecimiento en sus ventas, lo que concurrió a un aumento de producción pasando de un turno a dos y se espera que para julio del presente año llegar a tres.

La participación en el mercado automotor en la región andina estará dada por la oferta presentada por los comercializadores de vehículos, y los costos de los productos que se presentan a dicho mercado. Bajo estas consideraciones, un vehículo ofrecido a tiempo y a bajo costo permitirá asegurar una participación importante en el medio, logrando de esta manera brindar beneficios económicos a las empresas, lo que directamente repercute en estabilidad laboral y social del entorno.

2 ASPECTOS GENERALES

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo general

Analizar técnicamente una propuesta de mejora del sistema de refrigeración de pinzas en los pórticos de soldadura en SOFASA S.A.

2.1.2 Objetivos específicos

- Identificar puntos de mejora en la red de refrigeración actual.
- Levantar planos esquemáticos de la red de refrigeración actual.
- Proponer mejoras al sistema de refrigeración de pinzas de soldadura.
- Elaborar el diseño a detalle de las propuestas de la mejora seleccionada al sistema de refrigeración de pinzas de soldadura.
- Valorar económicamente la propuesta de mejora del sistema de refrigeración de pinzas de soldadura.,
- Implementar mejora de redistribución de la carga de las torres de enfriamiento en los pórticos de soldadura
- Valorar experimentalmente el impacto de la mejora en la redistribución de la carga de las torres de enfriamiento en los pórticos de soldadura.
- Estimar ahorros en energía que se pueden obtener con la implementación de las mejoras propuestas.

2.2 ALCANCE

Después del desarrollo exitoso de este proyecto se entregará:

- Memorias de cálculo de la propuesta de mejora seleccionada en Microsoft Excel
- Planos esquemáticos de la red actual de refrigeración en soldadura.

- Implementación de la redistribución de torres de enfriamiento en la red de refrigeración de pinzas.
- Planos de la red óptima para la distribución actual de la planta.
- Valoración económica de las propuestas.
- Pruebas de operación.

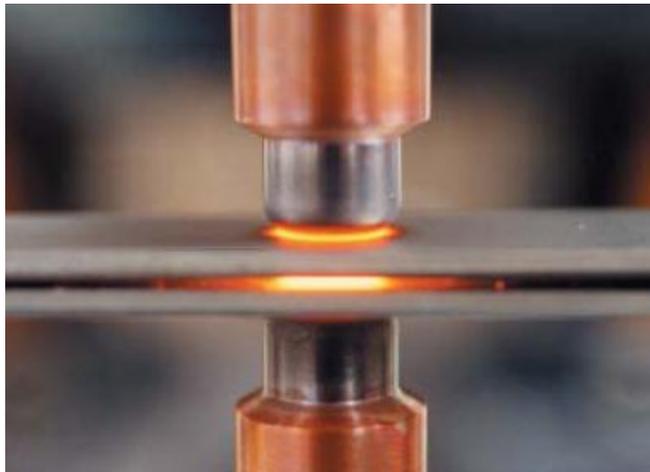
No se hará el montaje de la nueva red de refrigeración, que puede incluir una nueva torre de enfriamiento ubicada en el techo de la planta

3 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

3.1 PINZAS DE SOLDADURA DE PUNTO

La soldadura de puntos es uno de los procesos de soldadura eléctrica de resistencia, aplicado a juntas de superposición por medio de presión ejercida por el cilindro en los electrodos. La fusión entre las dos chapas queda localizada en el punto de presión entre los dos electrodos como se muestra en la figura 1.

Figura 1 Súper-cargador de lóbulos



(Pinzas Manuales ARO, Instrucciones Técnicas 2002)

La presión ejercida en los electrodos se da por parte de un cilindro neumático que mantiene en presión los elementos a soldar y por un transformador de soldadura que provee la energía necesaria para llevar a fusión el material a soldar. Es accionado del exterior por medio de un control electrónico que regula tiempos y parámetros de soldadura, los cuales son diferentes en cada pinzas dependiendo del calibre de las láminas a soldar y la resistencia del punto de dicha aplicación. El proceso de soldadura en el taller, que en su mayoría es realizado por esta técnica, cuenta con 370 pinzas de operación manual, las cuales deben ser

refrigeradas con agua. La presión, el flujo y temperatura de esta, varía dependiendo de la marca y las especificaciones del fabricante.

Para poder operar las pinzas y cumplir con los requerimientos técnicos para el correcto funcionamiento de estas es indispensable hacer uso de un equipo de refrigeración de agua, que en este caso son torres de enfriamiento.

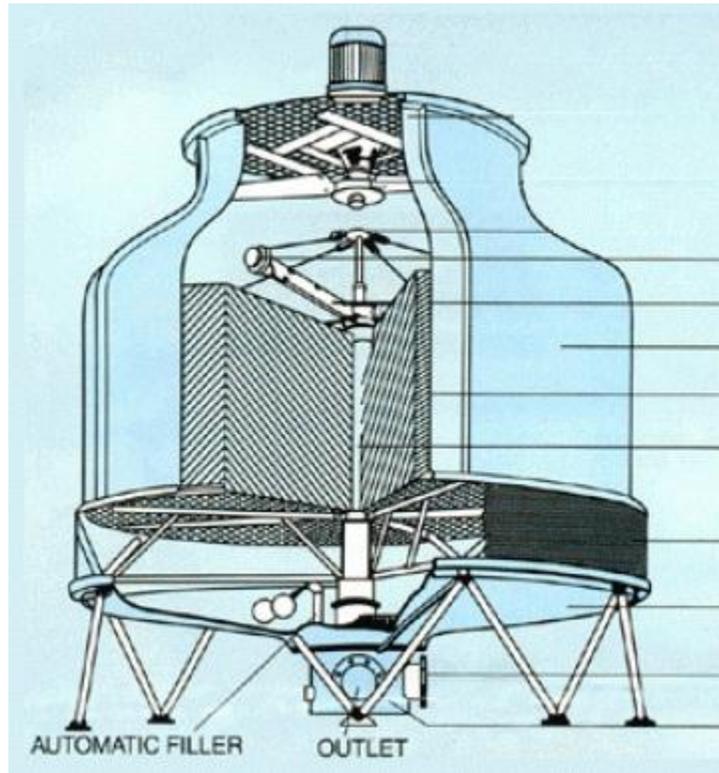
3.2 TORRES DE ENFRIAMIENTO

Las torres de enfriamiento son equipos que se usan para enfriar agua en grandes volúmenes, extrayendo el calor del agua mediante evaporación o conducción. El proceso es económico, comparado con otros equipos de enfriamiento como los intercambiadores de calor donde el enfriamiento ocurre a través de una pared.

El agua se introduce por el domo de la torre por medio de vertederos o por boquillas para distribuir el agua en la mayor superficie posible. El enfriamiento ocurre cuando el agua, al caer a través de la torre, se pone en contacto directo con una corriente de aire que fluye a contracorriente o a flujo cruzado, con una temperatura menor a la temperatura del agua, en estas condiciones, el agua se enfría por transferencia de masa (evaporación), originando que la temperatura del aire y su humedad aumenten, y que la temperatura del agua descienda; la temperatura límite de enfriamiento del agua es la temperatura del aire a la entrada de la torre. Parte del agua que se evapora, causa la emisión de más calor, por eso se puede observar vapor de agua encima de las torres de refrigeración. (Marketizer 2006)

Para crear flujo hacia arriba, algunas torres de enfriamiento contienen aspas en la parte superior, las cuales son similares a las de un ventilador. Estas aspas generan un flujo de aire ascendente hacia la parte interior de la torre de enfriamiento. Además, en el interior de las torres se monta un empaque con el propósito de aumentar la superficie de contacto entre el agua caliente y el aire que la enfría (Marketizer 2006).

Figura 2. Torre de enfriamiento con un corte de sección transversal.

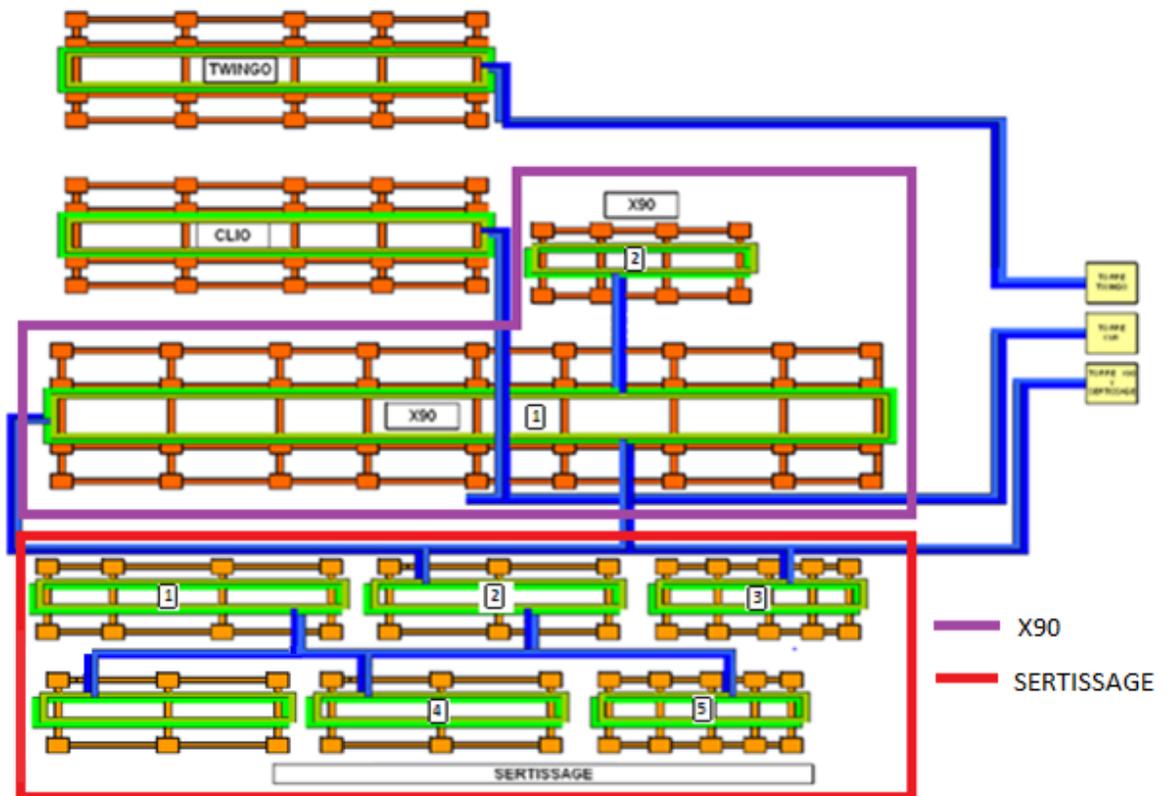


4 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ORIGINAL

La sociedad de fabricación de automotores, más conocida como SOFASA S.A., está dividida en tres talleres de fabricación: soldadura, pintura y ensamble, el área a trabajar será en soldadura.

Renault-SOFASA actualmente ensambla 5 diferentes tipos de vehículos: Clio, Twingo, Logan, Sandero y Duster; por las similitudes que comparten los últimos 3 en cuanto a la geometría y especificaciones técnicas en las carrocerías, éstas son ensambladas en un mismo pórtico, Clio y Twingo por la geometría de sus carrocerías deben ser ensamblados en pórticos diferentes. Estos pórticos comprenden el ensamble de la cabina general, ya que las piezas móviles de los vehículos como las puertas, el capo y el portillón son fabricados en los pórticos de Sertissage. La distribución de estos pórticos se observa en la siguiente figura.

Figura 3. Esquema pórticos de Soldadura en el taller de SOFASA.



El proceso de soldadura, que en su mayoría es realizado por soldadura de electro-punto, cuenta con un número aproximado de 370 pinzas de operación manual, las cuales por especificaciones del fabricante deben ser refrigeradas con agua. Estas pinzas se encuentran distribuidas en los pórticos del taller como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Cantidad de pinzas por torre de enfriamiento.

Torre de enfriamiento	X90-Sertissage	Toyota	Clio	Twingo
Cantidad de pinzas por pórtico	227	0	71	71

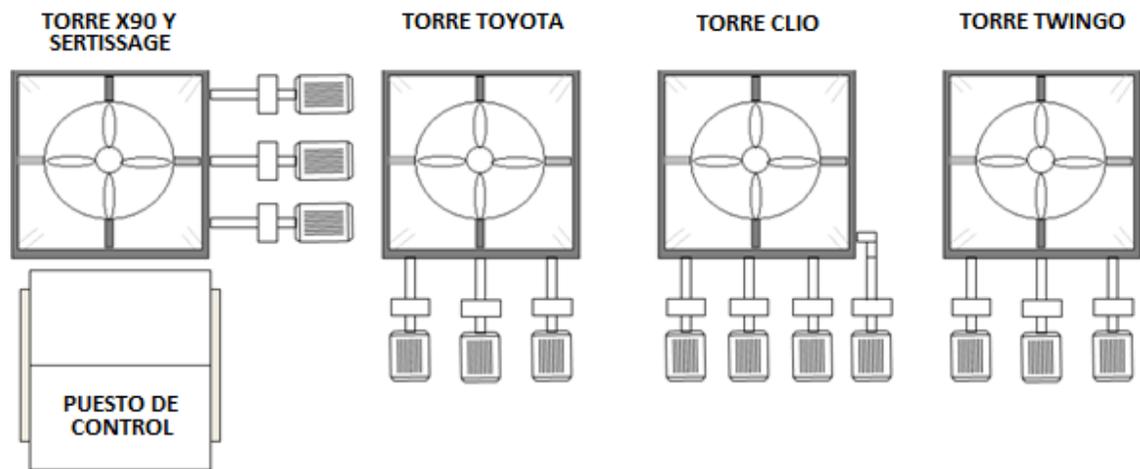
Debido a la entrada de proyectos a la planta, anualmente SOFASA adquiere nuevos equipos para la fabricación de nuevos ensambles por lo que la empresa en estos momentos cuenta con 3 marcas de pinzas de soldadura. Los fabricantes de estas pinzas son diferentes, lo que lleva a que sus especificaciones técnicas varíen en ciertos puntos. Es importante conocer los parámetros de operación de las pinzas, para un buen estudio de la situación hidráulica original del sistema. En la tabla 2 se muestran los parámetros de las pinzas con las que cuenta el taller.

Tabla 2. Especificaciones técnicas pinzas de soldadura en SOFASA.

CARACTERISTICAS	OBARA WELDING	GF WELDING	ARO WELDING
Tensión nominal alimentación	440V +10%-10% 50/60Hz	440V +10%-10% 60Hz	440V +10%-10% 60Hz
Corriente permanente máxima admitida	135A	135A	135A
Sección de los cables de alimentación (para fase)	35 mm2(*)	35 mm2(*)	35 mm2(*)
Tensión de alimentación del control	24Vac ±10% - 100VA máx.	24Vac ±10% - 100VA máx.	24Vac ±10% - 100VA máx.
Peso cabina	~30 kg	~55 kg	~55-100 kg
Temperatura de almacenaje (°C)	0-60	0-60	0-60
Temperatura operativa (°C)	0÷30	5÷45	10÷30
Humedad máxima	90%	90%	90%
Flujo de agua (caudal)	6-16 Lts/min	10-24 Lts/min	6-20 Lts/min
Presión máx. de agua	3-6 bars	3-6 bars	3-6 bars

Actualmente estos pórticos son refrigerados con cuatro torres de enfriamiento, donde la primera torre cuenta con 3 bombas Sihi Halberg Nowa 5020 con motores de 35 hp y distribuye el pórtico de X90 y Sertissage, la segunda torre no posee bombas debido a la salida de la marca Toyota de SOFASA en el año 2007, la tercera torre refrigera el pórtico de Clio con bombas Sihi Halberg Nowa 5016 con motores de 25 hp y la cuarta torre trabaja con 3 bombas Sihi Halberg Nowa 5020 de 25 hp y está anclada al pórtico de Twingo. En la siguiente figura se muestra la distribución de las torres de enfriamiento del taller.

Figura 4. Distribución de las torres de enfriamiento SOFASA.



Al igual que las pinzas, es necesario conocer los parámetros y especificaciones técnicas de las torres de enfriamiento, sus motores, bombas y demás componentes.

Tabla 3. Especificaciones técnicas torres de enfriamiento en SOFASA.

CARACTERÍSTICAS	CLIO	LOGAN SANDERO	TWINGO	TOYOTA
Fabricante	A. Faccini	A. Faccini	A. Faccini	A. Faccini
Modelo	TP 160	TPA 200	TP 120	TPA 150
Caudal aire (CFM)	34000	44000	34000	32500
Caudal de agua (GPM)	447	600	390	447
Toneladas nominales	149	203	130	149
Material del ventilador	Aluminio extruido	Fibra de vidrio	Plástico	Aluminio extruido

Tabla 4. Especificaciones técnicas del ventilador de las torres de enfriamiento.

CARACTERISTICAS	CLIO	LOGAN SANDERO	TWINGO	TOYOTA
Fabricante	ABB	Siemens	E-line	Siemens
Potencia	5.0 hp	10 hp	10 hp	5,0 hp
Velocidad	1200 rpm	900 rpm	1200 rpm	900 rpm
Protección	IP 55	IP 55	IP 55	IP 55

Tabla 5. Especificaciones técnicas de bombas y motores de las torres de enfriamiento.

CARACTERISTICAS	CLIO	LOGAN SANDERO	TWINGO	TOYOTA
Motor siemens	25 hp 3600 rpm	35 hp 3600rpm	25 hp 3600rpm	-
Rodamientos motor	6209 zz c3	6209 zz c3	6209 zz c3	-
Bombas	Halberg Nowa 5016	Halberg Nowa 5020	Halberg Nowa 5020	-
Rodamientos bomba	6305c3, 3305 c3	6305 c3, 3305 c3	6305 c3 , 3305 c3	-
Impeler	174 mm	195 mm	195 mm	-

El principal problema que se presenta y afecta la producción en el taller de forma directa es el recalentamiento de las pinzas, cuando éste ocurre, la línea tiene que parar por un tiempo aproximado de 2 a 3 minutos (pérdida de una cabina) esto en caso de que el paro sea leve y se debe esperar que las pinzas lleguen otra vez a su temperatura de operación.

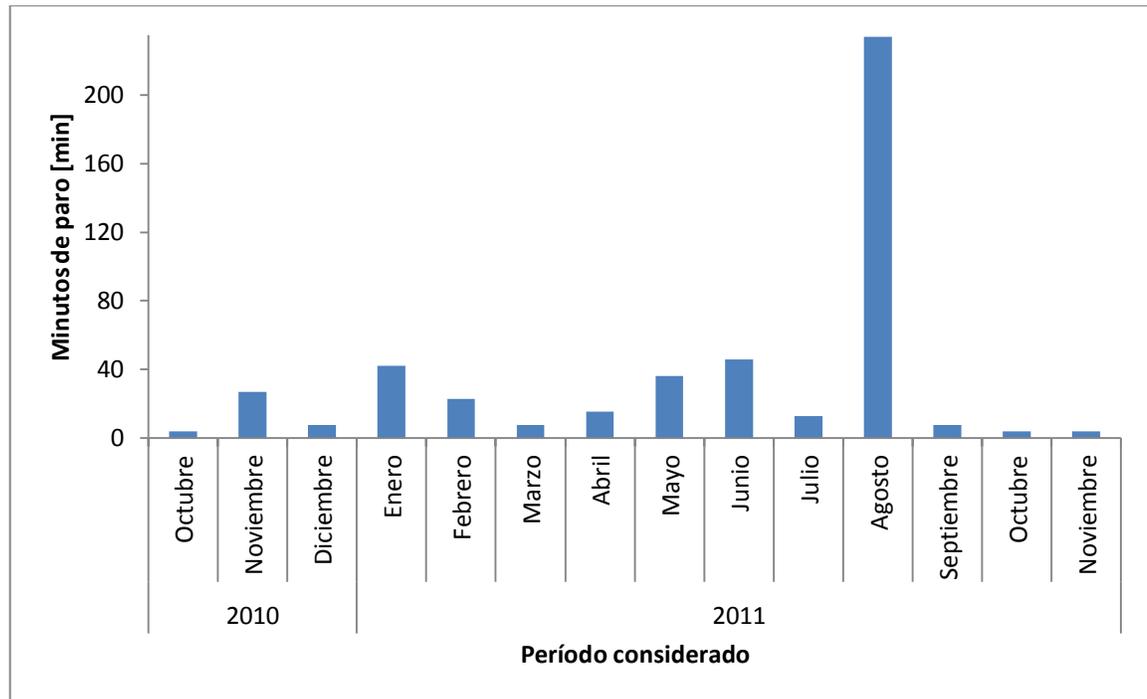
En la tabla 6 se puede observar los paros más relevantes que se presentaron en los últimos 13 meses de producción, todos éstos relacionados con el recalentamiento de pinzas, donde los componentes de esta misma son los afectados. (Datos suministrados por Mantenimiento Soldadura)

Tabla 6. Reporte de paros por recalentamiento en el taller de soldadura [min]

FECHA	TIEMPO	VEH. PERD.	UBICACIÓN DEL PARO	CAUSA
25/10/2010	3,83	1,0	Pinza W20809 Ensamble General L90	Recalentamiento
03/11/2010	3,83	1,0	Pinza w20813	Recalentamiento
08/11/2010	11,49	3,0	Cofre ARO pinza W20771	Recalentamiento
09/11/2010	7,66	2,0	Pinza lateral derecho	Recalentamiento
23/11/2010	3,83	1,0	Trenilla de pinza W20816	Recalentamiento
07/12/2010	3,83	1,0	Pinza W20814 B90	Recalentamiento
16/12/2010	3,83	1,0	Pinza W20879 en lateral izquierdo	Recalentamiento
13/01/2011	3,83	1,0	Pinza W20893	Recalentamiento
17/01/2011	15,32	4,0	Pinza W20709 de bloque general	Recalentamiento
25/01/2011	11,49	3,0	Pinza W20743	Recalentamiento
25/01/2011	3,83	1,0	Pinza W20709	Recalentamiento
25/01/2011	3,83	1,0	Puntos en estribo derecho L90	Recalentamiento
27/01/2011	3,83	1,0	Pinza w20817 de Bloque	Recalentamiento
21/02/2011	15,31	4,0	Brazo pinza W20756	Recalentamiento
25/02/2011	7,66	2,0	Allonge reventado en pinza 20749	Recalentamiento
14/03/2011	7,66	2,0	Pinza W20814 estallando puntos	Recalentamiento
08/04/2011	3,83	1,0	Pinza W20817 (Cambio de auxiliar)	Recalentamiento
11/04/2011	3,83	1,0	Daño pinza W20244	Recalentamiento
29/04/2011	7,66	2,0	Manguera reventada en pinza W20744 (Obara de Mexico)	Recalentamiento
05/05/2011	11,48	3,0	Daño brazo pinza W20743 (Obara Mexico)	Recalentamiento
19/05/2011	3,83	1,0	Daño en manguera de agua pinza W20804	Recalentamiento
20/05/2011	3,83	1,0	Puntos estallados de pinza W20707	Recalentamiento
27/05/2011	5,00	1,3	Pinza W20744 (Estallaba Puntos)	Recalentamiento
28/05/2011	12,00	3,1	Pinza W20744 (Estalla Puntos)	Recalentamiento
15/06/2011	8,00	2,1	Pinza W20732 estallando puntos	Recalentamiento
21/06/2011	19,14	5,0	Calentamiento tiristor pinza W20819	Recalentamiento
23/06/2011	7,00	1,8	Pinza W20743 recalentada(pinza Obara Mex)	Recalentamiento
28/06/2011	3,83	1,0	Recalentamiento Pinza W20745	Recalentamiento
28/06/2011	8,00	2,1	Fuga de agua por racor reventado en pinza W20731	Recalentamiento
11/07/2011	6,00	1,6	Pinza W20817 racor reventado por juego en eje de pinza	Recalentamiento
21/07/2011	3,83	1,0	Calentamiento pinza W20891	Recalentamiento
26/07/2011	3,00	0,8	Pinza Recalentada W20706	Recalentamiento
16/08/2011	234,00	58,5	Tubería de PVC de refrigeración de X90 reventada	Sobrecalentamiento
15/09/2011	7,66	2,0	Brazo fracturado de pinza 20744	Recalentamiento
31/10/2011	3,83	1,0	Paro en Pinza W20813 (Pinza mejicana obsoleta)	Recalentamiento
09/11/2011	3,83	1,0	Daño pinza lateral izq L90	Recalentamiento

La comprensión de la situación actual de la red de refrigeración de pinzas de soldadura en SOFASA es el punto de partida del desarrollo del presente proyecto de grado. Con este fin, se presenta un consolidado de los paros de línea del último año originados por problemas con la red de refrigeración, con el fin de dimensionar el impacto sobre la producción. A continuación se muestra el impacto en minutos sobre la línea de producción por recalentamiento de pinzas entre los años 2010 y 2011.

Figura 5. Consolidado de los paros de línea por recalentamiento de pinzas



Lo arriba tabulado se interpreta como los paro de línea debido a problemas con la red de refrigeración como ruptura de tubería, daño en bombas de suministro, caídas de presión, viéndose todo esto reflejado en el recalentamiento de pinzas y daños en los transformadores de las pinzas.

4.1 PUNTOS DE MEJORA

Durante el estudio de la situación actual en la que se encuentra el taller, se puede identificar varios puntos de mejora, tales como:

- Tubería: Accesorios y cambios de diámetro innecesarios o mal diseñados que aumentan las pérdidas a lo largo de su trayectoria.
- Bombas centrífugas: Obsoletas y sobredimensionadas. Sin plan de mantenimiento definido.

- Torres de enfriamiento: Tanque de agua sub-dimensionado para la capacidad de enfriamiento de la torre.
- Filtros: Falta de filtros en la mayor parte del sistema; como en pinzas y en tuberías principales.
- Contaminación: Son torres de enfriamientos a la intemperie, están expuesta a la suciedad que contenga el ambiente, reflejándose en el agua que regresa la torres generando taponamientos.
- Paneles evaporadores: No poseen Plan de Mantenimiento Programado (PMP), por lo que se encuentran saturadas o en mal estado, afectando el rendimiento de las torres.
- Válvulas: Se encuentran taponadas por falta de mantenimiento o sin utilizar.
- Refrigeración: Aumento de capacidad de refrigeración en el sistema para garantizar el buen funcionamiento a la hora de un el incremento en la producción.

Para el diseño y análisis de propuestas a entregar a SOFASA sobre la optimización de su red de refrigeración, se debe tener en cuenta las exigencias que Renault Mundo tiene con todas su plantas alrededor de globo terráqueo. Renault define su normativa para las plantas ensambladoras alrededor del mundo, según requisitos y parámetros de seguridad y calidad exigidos, es por ésto que antes de proponer soluciones se debe revisar esta normativa para poder constituir unas excelentes propuestas de mejora a la red de refrigeración de soldadura en SOFASA.

5 PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL SISTEMA

Como se mencionó anteriormente, el taller de soldadura de SOFASA se ha visto afectado por una serie de paros en línea debido al recalentamiento de pinzas; ésto se pudo evidenciar claramente cuando la planta comienza a realizar los primeros ensambles de su nuevo proyecto dando como resultados paros inesperados por tal situación.

El departamento de mantenimiento central comienza un análisis detallado en conjunto con Soldadura, con el fin de analizar profundamente la situación del sistema y así poder determinar cuál es el camino más viable para la solución del problema.

Los parámetros más relevantes a la hora de definir el plan de acción a seguir en este proyecto son los costos que se puedan generar en una propuesta entregada y el tiempo de ejecución de esta misma.

Después de la investigación efectuada por ambos departamentos se acuerda que de las soluciones evaluadas, son 3 las más potenciales para la ejecución del proyecto.

A continuación se explican estas 3 posibles mejoras para el sistema de refrigeración.

5.1 PROPUESTA 1: REEMPLAZO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO

Esta propuesta consiste en reemplazar las 4 torres de enfriamiento por una sola torre abierta o cerrada, ubicada en el techo de la planta para que se produzca un ahorro en la parte energética operando para las diversas zonas de producción (Clio - Twingo, X-90 y Sertissage).

También se debe diseñar un sistema completo de tuberías y bombas con rendimiento óptimo para el correcto funcionamiento del taller; y a su vez independización de pórticos para el ahorro de energía.

Se debe calcular cada p3rtico con un 15% m3s de capacidad de la que tienen actualmente.

Los par3metros utilizados para los c3lculos de este estudio son sacados de los manuales de cada una de las pinzas y validados por el departamento de mantenimiento soldadura y son los siguientes:

- Para todos los equipos 10 a 16 l/min,
- Presi3n de entrada 3 a 6 bares
- Temperatura m3xima de entrada a los equipos 30° C.

En esta propuesta se consideran dos opciones:

- El sistema A, trabajando con una sola bomba para las tres zonas y una bomba equivalente de Stand by.
- El sistema B, operando con dos bombas trabajando simult3neamente y una bomba de Stand By.

En ambas opciones se consideran variadores de velocidad para cuando el sistema no trabaje para todas las zonas seg3n necesidades de producci3n. Adem3s, se incluyen sensores de temperatura para el agua para controlar el encendido y apagado de los ventiladores de la torre.

Se desconoce la altura sobre el nivel del piso, ya que es una decisi3n que se toma con los ingenieros civiles de acuerdo a los estudios de las estructuras y de los techos, pero se va a asumir con una altura de 8m. As3 mismo, se desconoce la localizaci3n exacta porque depende de estudios m3s avanzados, pero tomando una posici3n aproximada a la propuesta en el plano, no afectar3 en gran medida las capacidades de la torre, las bombas y la tuber3a.

El tiempo de ejecuci3n de cada etapa de esta propuesta es: 30 d3as para realizar los estudios necesarios de la redistribuci3n y c3lculos de las bombas y la torre, 60 d3as en el proceso de negociaci3n e importaci3n de los elementos necesarios para llevarla a cabo, como motores y bombas, y 60 d3as para la ejecuci3n de la misma

teniendo en cuenta que son 20 días para la realización de la obra civil; estos tiempos son calculados de acuerdo a los procesos Renault para la compra de activos

5.1.1 TIPOS DE TORRES DE ENFRIAMIENTO TENIDAS EN CUENTA PARA LAS OPCIONES DE MEJORA

5.1.1.1 TORRE DE CIRCUITO ABIERTO

Inicialmente se calcula una torre de enfriamiento de circuito abierto con una capacidad para la torre de 400 toneladas de enfriamiento debido a que uno de los parámetros es la posibilidad de llegar a 18 vehículos/hora.

El valor de esta torre es aproximadamente 40 millones de pesos.

5.1.1.2 TORRE DE CIRCUITO CERRADO

Las torres de circuito cerrado que nos permitan efectuar correctamente la refrigeración tienen dos circuitos, uno cerrado que va de la torre a los equipos y retorna y el segundo de circuito abierto, enfría los serpentines o placas según el caso.

Estas torres tienen menos eficiencia y por lo tanto es recomendable colocarle 2 torres de 300 toneladas por su facilidad de montaje y construcción.

El valor de ambas torres es de 290 millones de pesos.

5.1.2 SISTEMA DE BOMBEO

Se consideraron 2 alternativas de operación y por la facilidad de mantenimiento, lo cual se seleccionará cuando la ingeniería detallada esté definida.

El sistema A, trabajando con una sola bomba 150 hp para las tres zonas y una bomba equivalente de Stand by.

- Valor bomba de 150 hp: 28 millones de pesos

El sistema B, operando con dos bombas de 100 hp trabajando simultáneamente y una bomba de Stand by.

- Valor bomba de 100 hp: 22 millones de pesos

El precio de este sistema incluyendo tableros de control y de potencia para sistemas de presión variable, con interruptor principal, variador de velocidad, sensores de presión con señal de 20 a 400 ma. es de aproximadamente 115 millones de pesos para la opción A y de 125 millones para la opción B.

5.1.3 TUBERÍA

Tubería de PVC que la mayoría de su longitud es en 6 pulgadas exceptuando los loops dentro de los pórticos donde posee un diámetro de 2 pulgadas. La tubería queda con la siguiente capacidad de crecimiento adicional.

- Twingo y Clio: 18 pinzas.
- X 90: 20 pinzas.
- Sertissage: 8 pinzas con bombas actuales pero la tubería tiene una alta capacidad para permitir crecimiento y puede ser más de 30.

5.1.4 OBRA CIVIL

Un aspecto importante en la implementación de esta propuesta es la ejecución de la obra civil que se requiere para poder soportar todo el sistema que pesa aproximadamente 13 toneladas a unos 8 metros de altura. Para el estudio de obra civil se calcula la cantidad de material a utilizar, costos y tiempo de ejecución de ésta. (Ver anexo 6)

5.2 PROPUESTA 2: PUESTA EN MARCHA ANTIGUA TORRE DE TOYOTA

Se propone reactivar la antigua torre que era utilizada para refrigerar los pórticos donde se fabricaron los vehículos Toyota hasta el 2007, para distribuir proporcionalmente la carga de la torre de X90 y así garantizar un aumento en la capacidad de producción dándole fiabilidad a la refrigeración de las pinzas.

También se debe diseñar un sistema completo de tuberías y bombas con rendimiento óptimo para el correcto funcionamiento del taller; y a su vez independización de los pórticos para el ahorro de energía.

Se debe calcular cada zona del taller con un 15% más de capacidad de la que tienen actualmente y los parámetros utilizados para los cálculos de este estudio, son los mismos presentados en la propuesta 1.

Para poner de nuevo en marcha la antigua torre de Toyota, se debe considerar el estado actual de los equipos, torre, bombas, filtro, etc.

El tiempo de ejecución en esta propuesta es de 30 días para realizar los estudios necesarios de la redistribución y cálculos de bombas, 60 días en el proceso de negociación e importación de los elementos necesarios para llevarla a cabo como motores y bombas y 20 días para la ejecución de la misma; estos tiempos son calculados de acuerdo a los procesos Renault para la compra de activos.

5.2.1 TORRES DE ENFRIAMIENTO

Se debe realizar un mantenimiento correctivo a la torre con un tercero que sea especializado en tratamiento de elementos fabricados en fibra de vidrio, ya que ésta no ha sido utilizada desde el 2007 y su funcionalidad pudo haber sido afectada por el paso del tiempo.

5.2.2 SISTEMA DE BOMBEO

La torre cuenta con entrada para 3 bombas, en este caso las bombas hay que adquirirlas, ya que estas fueron utilizadas para reemplazar bombas para otras torres.

Para poder hacer una adecuada distribución de las tuberías se considera colocar dos bombas funcionales de 25 hp y una tercera de Stand By.

- Valor bomba de 25 hp: 7.8 millones de pesos.

5.2.3 TUBERÍA

La tubería que sale de esta torre se encuentra clausurada, por lo que no se puede hacer un Carry Over ya que no hay como verificar el estado de ésta, lo que implica más costos de tubería para poder hacer la redistribución por la ubicación de las

torres de enfriamiento, pero si se evaluaría el estado de la tubería de los pórticos que son de acero inoxidable para realizar un Carry Over y aprovechar al máximo los elementos en buen estado.

5.3 PROPUESTA 3: REDISTRIBUCION DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO

Los resultados de las tomas de medidas de presión y caudal y la información entregada por los departamentos de Soldadura y Mantenimiento central muestran lo saturado que está el sistema en ciertos puntos del mismo, por lo que se procede a proponer un estudio más avanzado para la identificación de los puntos críticos, y redistribuir todo el sistema de tuberías enfocados a equilibrar las cargas en las torres de enfriamiento que hoy en día están en funcionamiento.

Para esta propuesta se debe analizar el costo-beneficio de realizar un carry over de la tubería existente y poner toda la tubería propuesta nueva en acero inoxidable.

Se debe calcular cada zona del taller con un 15% más de capacidad de la que tienen actualmente y los parámetros utilizados para los cálculos de este estudio, son los mismos presentados en la propuesta 1.

El tiempo de ejecución en esta propuesta es de 20 días para realizar los estudios necesarios de la redistribución, 10 días para la búsqueda de proveedores y planeación de los mismos para el desarrollo y 10 días para la ejecución de ésta.

5.4 DISEÑO DE DETALLE DE LA PROPUESTA ESCOGIDA

Basándose en los parámetros establecidos para la identificación de la mejor propuesta entregada, se decide llevar a cabo la tercera de ellas, ya que por costo y tiempo de ejecución es la opción más viable con respecto a las otras como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 7. Comparación de las propuestas.

	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
VALOR	83 MILLONES DE PESOS 349 MILLONES DE PESOS	55 MILLONES DE PESOS	30 MILLONES DE PESOS
TIEMPO DE ESTUDIOS Y NEGOCIACIÓN	4 MESES	2 MESES Y MEDIO	1 MES
TIEMPO DE EJECUCIÓN	30 DIAS	20 DIAS	1 SEMANA

A continuación se entrará a detallar esta propuesta para dejar en claro todos los requisitos necesarios para el posible desarrollo de la misma.

Se realizan mediciones de presión original de las bombas en lo que a la presión de descarga se refiere, lo mismo que a la entrada y salida de los pórticos, la siguiente tabla muestra los resultados que arroja las mediciones.

Tabla 8. Medidas de presión realizadas en el taller.

Mediciones de presión				
En Psig	Twingo	Clio	X 90	Sertissage
Suministro	90	58	86	88
Retorno	25	19	25	24
Suministro	80	43	84	91
Retorno	26	19	25	16
Suministro	78	44	89	89
Retorno	27	24	29	20
Suministro	76	43	86	89
Retorno	27	24	26	44
Suministro	75	42	82	84
Retorno	27	26	26	44
Suministro	73	42	86	80
Retorno	28	26	29	43
Suministro	65	41	88	64
Retorno	28	27	28	42

Las mediciones de temperatura tomadas en las torres de enfriamiento oscilaron entre 23 y 25° C a excepción del pórtico de X90 que arrojó 28° C.

Después de realizar estas mediciones, se procede a analizar en los planos esquemáticos las posibles distribuciones de las torres de enfriamiento en los pórticos de soldadura, y por tiempos de ejecución, costos y beneficio se decide realizar la redistribución explicada en las siguientes 2 fases:

- FASE 1: En esta fase se opta por refrigerar los pórticos de Twingo y Clio con una sola torre de enfriamiento, dejando la otra libre para ser utilizada en Sertissage que es el área más crítica en este caso, y así poder bajar carga al pórtico de X90.
- FASE 2: Separar los pórticos de Sertissage y X90 utilizando la torre liberada en la fase anterior para refrigerar los pórticos de Sertissage.

Con el desarrollo de las dos fases mencionadas anteriormente, el número de pinzas que están ancladas a cada torre de enfriamiento va a variar significativamente tomando como referencia la situación original.

Tabla 9. Cantidad de pinzas de soldadura por torre de enfriamiento.

Torres Antes de redistribución	Twingo	Clio	X90 Sertissage
Pinzas antes de redistribución	71	71	227
Torres Después de redistribución	Twingo	Clio	Sertissage
Pinzas después de redistribución	142	81	146
Caudal inicial (gpm)	338	338	1080
Caudal actual (gpm)	338	385	694
Presiones suministro actuales (psig)	90	80	92

Renault en busca de mejorar la calidad de sus procesos de producción en todas las plantas a nivel mundial, sostiene negociaciones con proveedores para adquirir los equipos esenciales y materias primas necesarias para éstos. Debido a esto

SOFASA ha venido adquiriendo equipos de diferentes marcas, en este caso las pinzas de soldadura Aro, GF Welding y Obara Welding.

En las especificaciones técnicas de los diferentes equipos se puede notar que sus parámetros de operación pueden variar entre sí, lo que conlleva a tener una relación acorde a la cantidad de equipos de cada marca en cada uno de los pórticos.

Tabla 10. Tipos de pinzas en cada pórtico del taller de soldadura.

Zona	N Pinzas	OBARA WELDING	GF WELDING	ARO
Twingo	71	71	0	0
Clio	71	71	0	0
X90	146	4	6	136
Sertissage	81	2	29	50

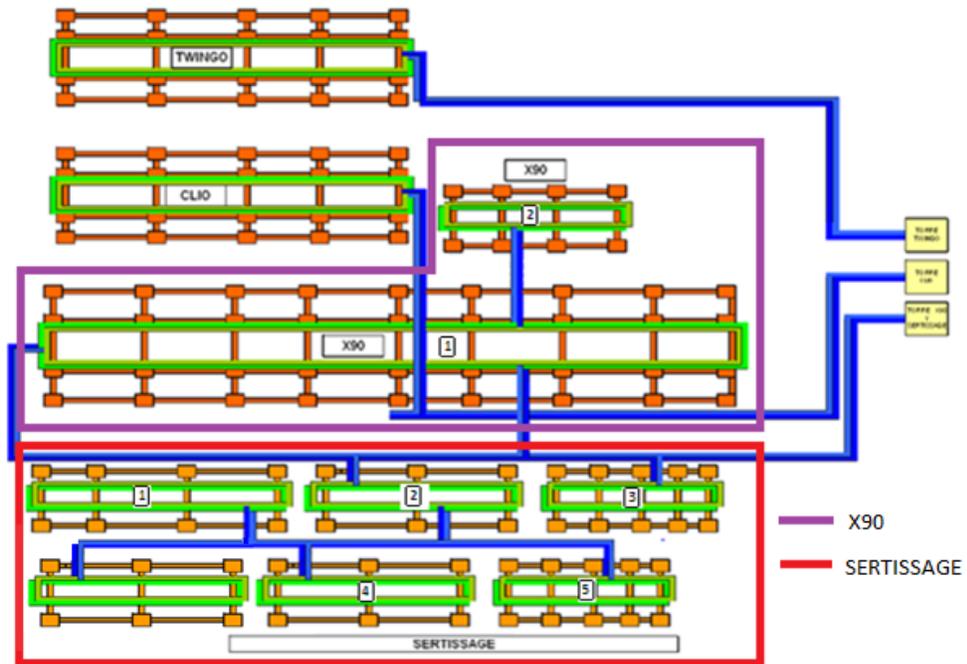
Basado en la experiencia adquirida por parte del equipo de mantenimiento soldadura a través de los años y los requerimientos técnicos de los equipos, se decide realizar el diseño del sistema de la red de refrigeración bajo los siguientes parámetros para todos los equipos:

- Flujo de entrada 10 a 16 l/min,
- Presión de entrada 3 a 6 bares
- Temperatura máxima de entrada a los equipos 30° C

5.4.1 Cálculos red de tubería

En el cálculo de pérdidas del sistema se simplificarán los pórticos del taller, teniendo en cuenta los 3 tipos de pinzas, ya que por razón de distribución, cada pórtico posee una marca de pinza específica, permitiendo realizar cálculos generales por cada uno de ellos y en casos puntuales unir pórticos que contengan la misma referencia o marca de pinza.

Figura 6. Esquema pórticos de Soldadura en el taller de SOFASA.



Por facilidad de manejo, cada pórtico será referenciado con el fin de poder enseñar que cantidad de pinzas poseen éstos y la marca específica.

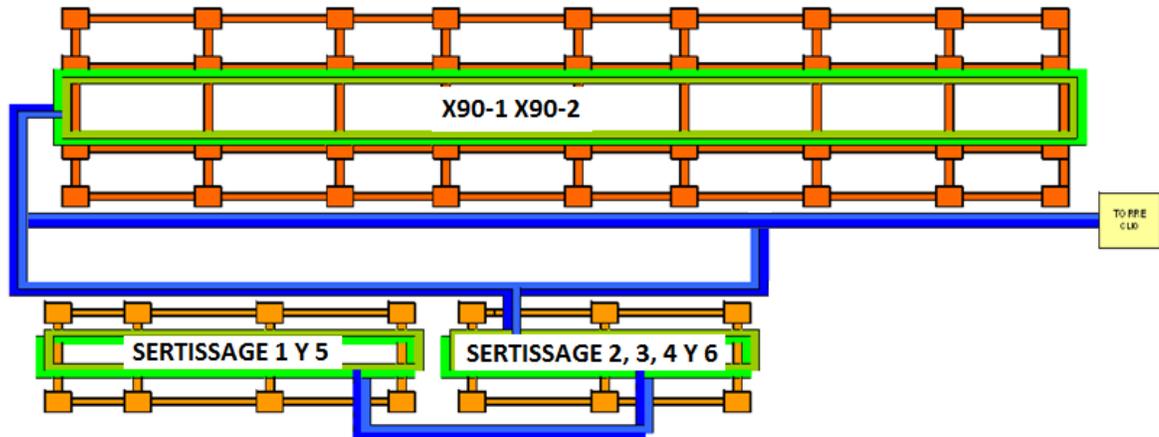
Tabla 11. Cantidad de pinzas por pórtico.

PÓRTICOS	Número de pinzas	Tipo de pinzas
X90 1	125	ARO
X90 2	21	ARO
Sertissage 1	10	ARO
Sertissage 2	20	GF Welding
Sertissage 3	10	GF Welding
Sertissage 4	12	GF Welding
Sertissage 5	15	ARO
Sertissage 6	14	GF Welding

Empezando con la torre definida como X90 donde los pórticos X90-1 y X90-2 poseen la misma marca de pinzas se van a tomar en los cálculos como uno solo sumando la totalidad de pinzas de cada uno de éstos. En el área de Sertissage se

unirán los pórticos denominados Sertissage 1 con 5 y Sertissage 2, 3, 4 y 6, quedando así un sistema simplificado como se muestra en la siguiente figura.

Figura 7. Esquema pórticos simplificados de Soldadura en el taller de SOFASA.



Es importante resaltar que debido a que las pérdidas en las pinzas son tan grandes, se van a despreciar las pérdidas en los accesorios en el pórtico. Sin embargo, se tienen en cuenta las pérdidas desde la torre hasta la entrada del pórtico y desde la salida del pórtico hasta la torre.

Las pérdidas en las pinzas se van a calcular en dos partes diferentes, la primera es en los tramos de manguera que alimentan la pinza, que en promedio tienen una longitud de 5m de suministro y 5m de retorno, ambas con un diámetro interior de 8mm, y la segunda en la pinza, donde los parámetros son especificados por el fabricante. En la siguiente imagen se ilustra el diagrama de las pinzas con el que se va a calcular las pérdidas generadas.

Figura 8. Esquema pinzas de soldadura.



Con los puntos de operación de presión y caudal para cada pinza, extraídos de la información del fabricante, se construye una línea de ajuste, cuyos parámetros son la pendiente y el intercepto. De esta manera, se puede determinar la pérdida hidráulica impuesta por la pinza para la operación con distintos caudales.

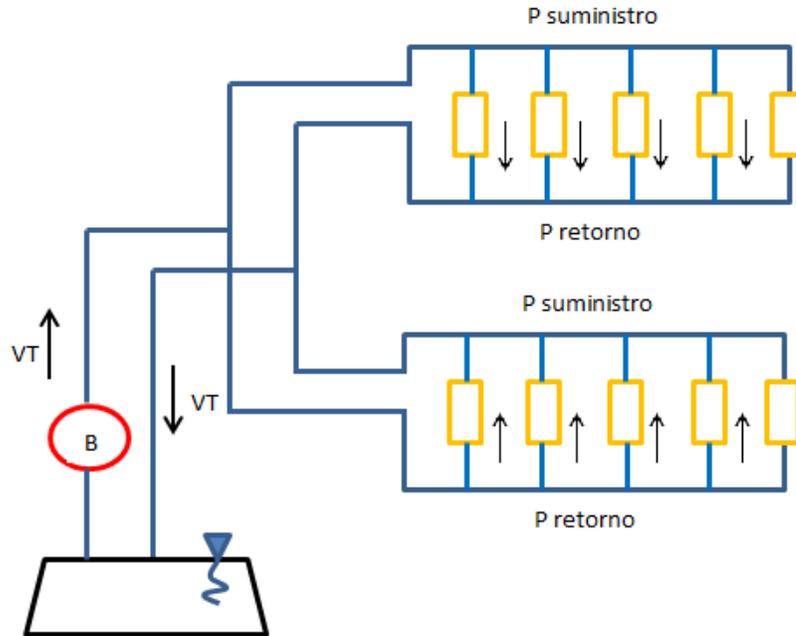
Para las pérdidas en los tramos de las mangueras que se utilizan, se tiene en cuenta una viscosidad de $\mu=0.001$ Pa.s y una rugosidad de $\varepsilon=0.01$ mm debido a que la manguera es de caucho liso y una densidad del agua de $\rho=998.2$ Kg/m³, se supone un caudal de $v=10$ LPM y con estos datos se halla el número de Reynolds mediante la fórmula $Re = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\mu}$; con estos datos se determina el factor

de fricción y se encuentra la pérdida hidráulica mediante la ecuación $h_l = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D}$

Estas pérdidas van a ser las mismas para todas las pinzas ya que la totalidad de estas poseen las mismas mangueras.

Para los cálculos de las pérdidas en los pódicos se supone uno solo con las pinzas en paralelo, y mediante iteraciones se encuentra el punto de trabajo de las bombas en las torres de enfriamiento, iterando hasta que la diferencia de los caudales sea cercana a cero. En la siguiente imagen podemos ver el esquema de trabajo con el que se calculan las pérdidas.

Figura 9. Esquema pórticos con pinzas de diferentes marcas.



Una vez realizado este procedimiento se encuentra el caudal teórico que debería estar pasando por cada una de las pinzas en los pórticos para una correcta refrigeración, estos datos los podemos encontrar en la siguiente tabla.

Tabla 12. Caudales de las pinzas enganchadas a la torre X90 antigua.

Pórticos	Tipo de pinzas	Caudal Teórico (LPM)	Caudal Real (LPM)
X90 1	ARO	8.81	4.8
X90 2	ARO	8.81	5.1
Sertissage 1	ARO	8.81	4.6
Sertissage 2	GF Welding	10.44	4.7
Sertissage 3	GF Welding	10.44	4.3
Sertissage 4	GF Welding	10.44	5
Sertissage 5	ARO	8.81	3.9
Sertissage 6	GF Welding	10.44	4.9

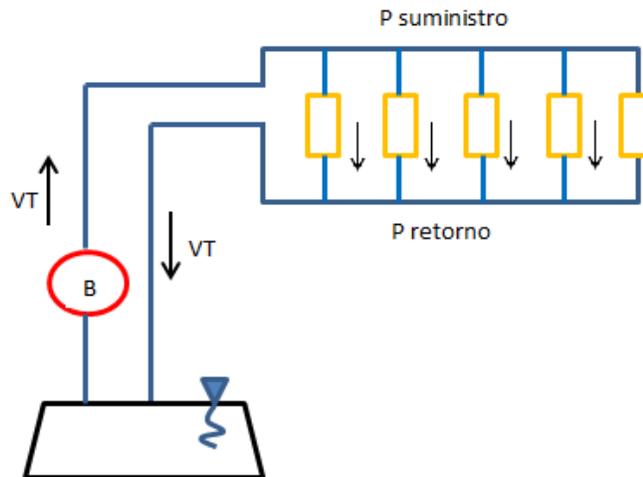
Los caudales teóricos están calculados con las especificaciones de las bombas existentes de 25 hp y con una eficiencia del 53% y los reales son tomados con

instrumentos de medida debidamente calibrados en el laboratorio de la Universidad Eafit.

Como se puede observar en la anterior tabla lo caudales teóricos y reales no están coincidiendo, debido a esto se crean varias hipótesis con respecto a las posibles causas; las torres de enfriamiento son abiertas, lo que permite que al sistema ingresen partículas del aire que dentro del sistema van creando taponamientos en los capilares de las pinzas; las válvulas de bola de ingreso y salida de las pinzas pueden no estar abiertas; los impeler de las bombas no tienen plan de mantenimiento programado y no se revisan desde dos años atrás.

Para el cálculo de la nueva distribución de la torre de enfriamiento de X90 se tomaría en cuenta el siguiente esquema, ya que todas las pinzas de los pórticos son de la misma marca.

Figura 10. Esquema pórtico con pinzas de la misma marca.



Con esta nueva redistribución se realizan los cálculos nuevamente, en esta ocasión con un solo tipo de pinzas y un total de 146, en esta ocasión se utiliza una sola bomba de 35 hp con una eficiencia del 65%.

Con la información anterior se obtiene los resultados mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 13. Caudales de las pinzas enganchadas a X90 nuevo.

PÓRTICOS	Tipo de pinzas	Caudal Teórico (LPM)
X90 1	ARO	10.7
X90 2	ARO	10.7

Para el cálculo de los caudales nuevos que van a pasar por las pinzas de los pórticos de Sertissage, se realiza con el mismo esquema que se utilizó para los cálculos de las pérdidas de la antigua torre de X90. Pero en esta ocasión se utilizan las datos técnicos de las bombas que estaban ancladas a Clio, es decir, bomba Halberg Nowa 5016 con impeler de 174mm e impulsor de 25hp obteniendo así los siguientes datos.

Tabla 14. Caudales de las pinzas enganchadas a Sertissage nuevo.

PÓRTICOS	Tipo de pinzas	Caudal Teórico (LPM)
Sertissage 1	ARO	9.6
Sertissage 2	GF Welding	11.5
Sertissage 3	GF Welding	11.5
Sertissage 4	GF Welding	11.5
Sertissage 5	ARO	9.6
Sertissage 6	GF Welding	11.5

En los cálculos de los caudales que pasan por las pinzas de los pórticos de Twingo y Clio, se realizaron bajo el mismo esquema que se calculan las pérdidas en la nueva distribución de la torre de enfriamiento de X90, teniendo en cuenta que quedan trabajando con la antigua torre de Twingo, es decir, bomba Halberg Nowa 5020 con impeler de 184mm e impulsor de 25 hp: Estos pórticos son exactamente iguales, es decir, están a la misma distancia de la torre, con la misma cantidad de pinzas y accesorios, esta vez con un sistema by pass que permite desviar el agua a uno de ellos aumentando las pérdidas en un valor correspondiente a 3 metros de tubería lisa.

6 IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA DE REDISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO EN LOS PÓRTICOS DE SOLDADURA

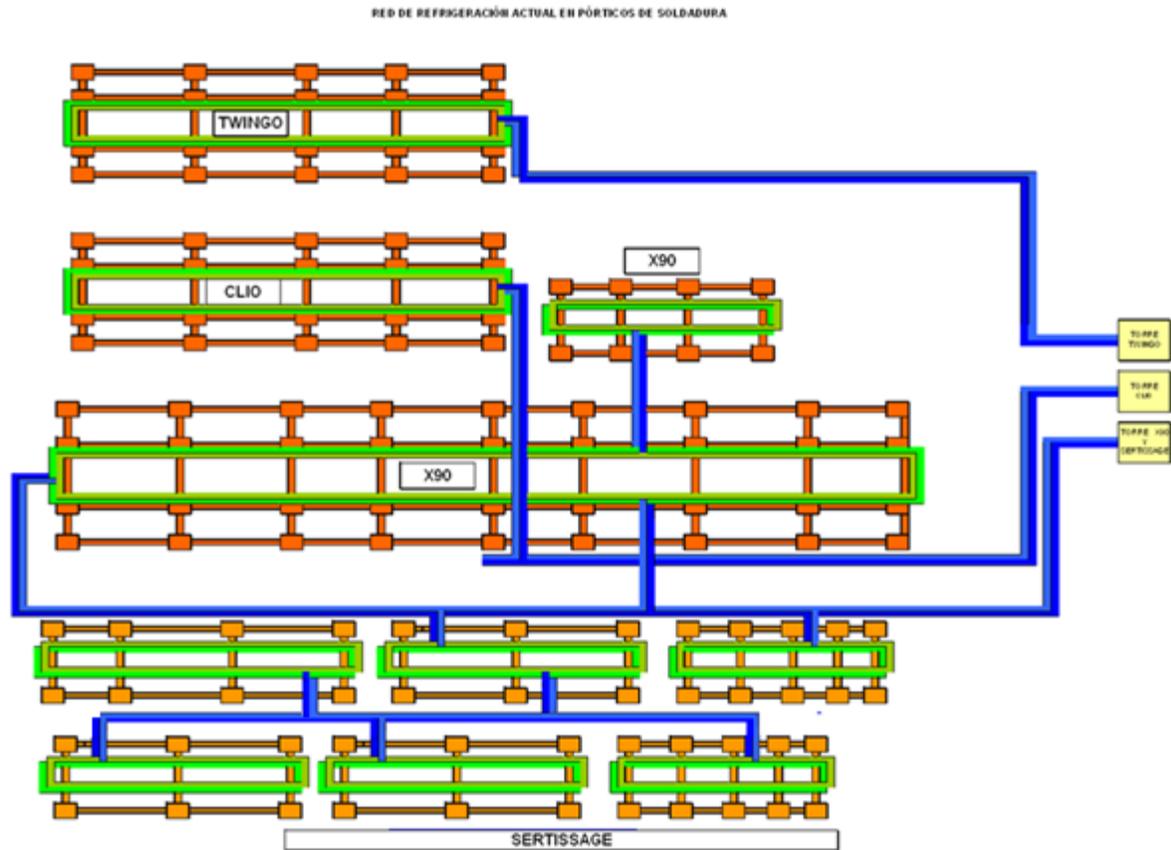
Después de analizar las propuestas de mejora anteriormente mencionadas, se decide implementar la redistribución de las torres de enfriamiento en los pórticos de soldadura, ya que por tiempos de ejecución y presupuesto avalado, ésta mejora resulta siendo la más indicada para llevar a cabo.

Para este procedimiento SOFASA cuenta con un método para la contratación de proyectos de gran impacto para la producción, llamado Cuaderno de Cargas. Éste tiene como fin especificar los alcances del proyecto, las responsabilidades, cláusulas, compromisos, tiempos de ejecución, normativa Renault, material, procedimientos y los seguros exigidos por la empresa, para que los proveedores liciten al proyecto teniendo en cuenta todo lo anterior, y así poder determinar que proveedor ofrece la mejor opción.

El taller de soldadura cuenta con 10 pórticos de los cuales 6 pertenecen al área de Sertissage, 2 a la unidad de X90, 1 a Twingo y 1 a Clio.

Los pórticos de soldadura cuentan con 369 pinzas que están distribuidas en ellos como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 11. Esquema pórticos del taller de soldadura.



Se cuenta con 3 torres de enfriamiento en funcionamiento y una clausurada. En la siguiente tabla se especifica cuantas pinzas están ancladas a cada torre y sus respectivos caudales.

Tabla 15. Cantidad de pinzas ancladas a su respectiva torre de enfriamiento.

Torre	Twingo	Clio	Toyota	X90 y Sertissage
Número de Pinzas	71	71	0	227
Caudal	338	338	0	1080

Se puede observar que la torre encargada de la refrigeración de la zona de X90 y Sertissage se encuentra sobrecargada por un número muy alto de pinzas, lo que conlleva a que esta deba operar en simultáneo con todas sus bombas.

En la siguiente tabla se muestra el número de bombas que operan por torre de enfriamiento.

Tabla 16. Número de bombas por torre de enfriamiento

Torre	Número de bombas	Bombas en operación	Bombas de stand by	Potencia de las bombas	Caudal (gpm)
Twingo	3	2	1	25 hp	338
Clio	4	2	2	25 hp	338
X90 y Sertissage	3	2	1	35 hp	1080

Teniendo en cuenta lo anterior, y ya habiendo identificado varios puntos de mejora; como los son bombas, la tubería, los filtros, las torres, etc. Se realiza un estudio de la situación actual del taller de soldadura para determinar la criticidad del sistema y las posibles redistribuciones de las tuberías, buscando optimizar el rendimiento de las torres.

El estudio consiste en efectuar diferentes tomas de medidas de presiones y caudales, en puntos estratégicos de cada uno de los pórticos que conforman el taller de soldadura. Con el fin de establecer los tramos críticos y así determinar los posibles cambios en la tuberías, logrando reducir la carga de las torres y llegando a un número adecuado de equipos por cada una de las torre de enfriamiento.

Tabla 17. Medidas actuales extremas de presión en el taller de soldadura

Medidas de presión				
En Psig	Twingo	Clio	X90	Sertissage
Suministro	90	58	85	88
Retorno	25	19	25	24
Suministro	70	43	75	64
Retorno	26	19	28	42

FASE 1:

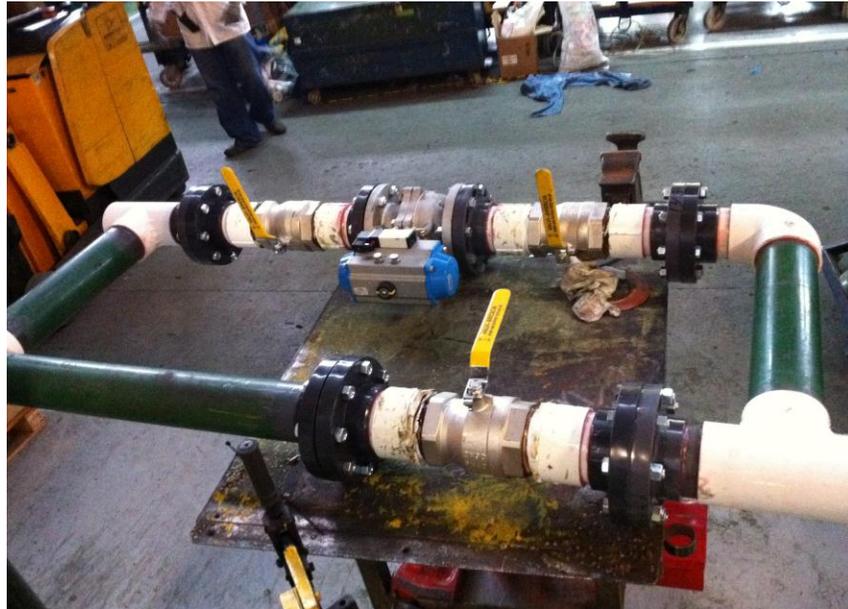
Un punto muy importante a tener en cuenta sobre la producción de vehículos en el taller, enfocándose en las zonas de Twingo y Clio, es que por razones de programación de la producción, estos pórticos no operan en simultánea, es decir, puede estar operando Clio pero no Twingo y viceversa.

Basándose en lo anterior se establece que estos dos pórticos pueden llegar a operar con una de las dos torres, teniendo en cuenta las medidas de presión, caudal y capacidad de las bombas. Debido a la localización de las tuberías de los dos pórticos se decide que la torre de enfriamiento de Twingo es la indicada para realizar la refrigeración, dejando libre la torre de Clio y gran parte de la tubería para poder ser aprovechada en otra parte del proceso.

Para poder utilizar la torre de Twingo en la refrigeración de estos dos pórticos, se diseña un sistema de by pass para independizarlos y así poder trabajar con los dos pórticos en los momentos que requiera la producción. El by pass consiste en la construcción de un sistema de tuberías donde el agua pueda ser desviada y permitir la refrigeración en el pórtico deseado.

Para la manufactura de los by pass es necesario una electroválvula instalada normalmente abierta y 3 válvulas de bola para cada uno, éstas últimas son adicionadas al sistema con el fin de continuar la producción en caso de un mantenimiento programado a las electroválvulas. Buscando un menor costo posible para la realización del proyecto se procede a reutilizar la tubería de PVC que va de la torre de enfriamiento al pórtico de Clio (Carry over), siendo esta usada para la construcción de los sistemas by pass.

Figura 12. Sistema by pass con 3 válvulas de bola y una electroválvula.



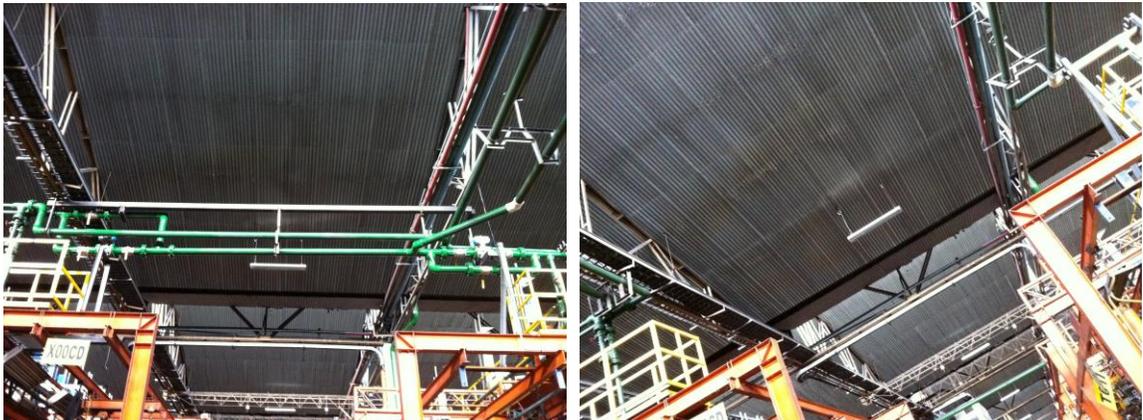
Para el montaje de estos dos by pass fue necesario la implementación de una viga de acero entre los pórticos de Twingo y Clio, con el fin de soportar el peso de la estructura durante su vida útil, teniendo en cuenta que la tubería se encuentra llena de agua y está sometida a esfuerzos que generan deformación en ésta.

Es importante destacar que para la ejecución de estos montajes era necesaria la supervisión por parte de brigadistas de salud ocupacional, quienes acompañaron el proceso en todo momento, ya que se estaba trabajando en alturas y con equipos en caliente (soldadura).

Los sistemas de by pass completos quedaron pesando aproximadamente unos 100 kilogramos, presentando inconvenientes a la hora de la instalación, por este motivo se necesitó el apoyo de un montacargas para elevarlo a unos 6 metros de altura y así proceder de forma más segura a la respectiva conexión.

A continuación se muestran 2 imágenes de los pórticos antes y después del montaje.

Figura 13. Pórtico antes y después del montaje de los sistemas by pass.



Después del exitoso montaje se procede a realizar pruebas de operación en los pórticos de Twingo y Clio, en busca de fugas de agua, encontrando dos puntos con este problema, específicamente dos de las válvulas de bola, que no fueron debidamente apretadas. Se suspenden las pruebas para corregir el inconveniente y continuar con éstas.

Posteriormente se sellan las fugas, se procede a prender de nuevo la torre de enfriamiento de Twingo - Clio, cuando ésta alcanza su rango de operación indicado, se hace un ensayo de las electroválvulas. En este caso se opta por desviar el curso del agua solamente al pórtico de Clio, para realizar una serie de mediciones de presión y caudal, repitiendo este mismo procedimiento para el pórtico de Twingo. Una vez se analizan, se envía la señal a las electroválvulas para que estas dos permitan el flujo del agua a ambos pórticos y así comprobar que la torre puede cumplir la función de refrigerar ambos pórticos al mismo tiempo en caso de ser necesaria tal situación.

Todas las pruebas realizadas son estudiadas por los departamentos de mantenimiento central y soldadura, arrojando resultados satisfactorios y más que nada cumpliendo con el objetivo principal al cual se quería llegar.

Para la correcta operación de las electroválvulas se realiza la instalación de interruptores enclavados, para evitar que los dos sean energizados al mismo tiempo, y que sólo puedan ser accionados por llave. Se estandariza el procedimiento capacitando el personal de mantenimiento soldadura, quienes son encargados de éstas y del accionamiento de las torres en los momentos previos al inicio de producción, y de esta manera se impide que un tercero tenga acceso a éstos para evitar un mal uso de los mismos, ocasionando un daño en los elementos que componen la red.

FASE 2:

Por efectos de la distribución de la tubería que va de las torres hacia los pórticos, la de Clio es la que tiene el recorrido más cercano al pórtico de Sertissage. Éste fue uno de los criterios tenidos en cuenta para la selección de la torre que sería liberada en la fase 1.

Una vez culminada la primera fase, y como se mencionó anteriormente, la torre encargada de la refrigeración del pórtico de Clio quedó habilitada para ser utilizada en otra parte del proceso, asignándole a ésta la refrigeración de los pórticos de Sertissag. Buscando así reducir el número de pinzas que están ancladas a la torre de X90.

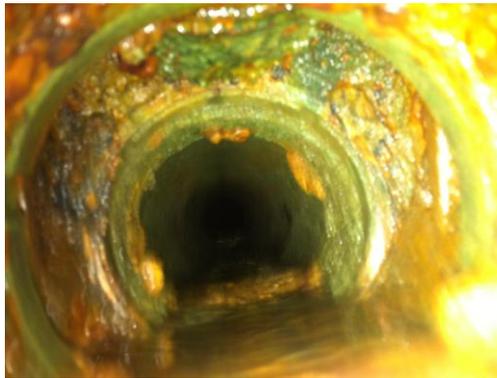
Sertissage es una de las zonas donde se identificaron los primeros problemas de recalentamiento de pinzas, todo esto debido a que en la distribución de la tubería, la ramificación para los pórticos de Sertissage, es la más lejana de la torre de refrigeración de X90 por lo que las presiones en estos puntos se encontraron muy bajas.

Lo primero es identificar los puntos donde la tubería procedente de la torre de X90, hace su ingreso a los pórticos de Sertissage, con el fin de clausurar ésta y poder enganchar la tubería de la torre de Clio a estos pórticos.

Se observó que en 2 puntos específicos de la tubería, ésta hace el recorrido hacia el área de Sertissage.

Uno de los planes de acción por parte de Mantenimiento Soldadura, consiste en ir cambiando el material de la tubería de su red de refrigeración, pasando de material PVC a tubería en acero inoxidable. Esta determinación es tomada debido a que en el momento de los montajes se observó un deterioro significativo en la red, ocasionando taponamientos y daños en componentes como válvulas de bolas, entre otros, como lo podemos observar en la siguiente figura.

Figura 14. Estado en el que se encontraron varios tramos de tubería.



Es por ésto que los tramos de tubería que se destinan para el enganche de la torre de Clio a la zona de Sertissage se trabajan en acero inoxidable.

El primer tramo es desviado en el mismo punto donde la tubería de X90 hace su ingreso a los primeros pórticos de Sertissage. Esta unión se hace a partir de una T y es utilizada la tubería en acero inoxidable.

Una vez identificado el segundo punto de enganche, se procede de la misma manera a instalar el tramo de tubería para los pórticos restantes. Dando como resultado la unión de la tubería de la torre de enfriamiento de Clio al área de Sertissage.

En este punto del montaje se encontró una válvula de bola en muy mal estado mostrada en la figura 15, y comparando las medidas de presión en estos pórticos, se pudo deducir que esta válvula era uno de los elementos que dificultaba la refrigeración en esta zona, presentando problemas más serios de recalentamiento de pinzas.

Figura 15. Válvula de bola desmontada en el área de Sertissage.



Una vez terminado estos montajes se procede a la realización de pruebas en búsqueda de fugas de agua, arrojando resultados satisfactorios, ya que en ningún tramo de la tubería hubo fugas.

En estos momentos la red de refrigeración queda acorde a lo planeado y se procede a ejecutar pruebas de operación tanto con la torre de refrigeración de X90 como con la torre que quedó asignada para el área de Sertissage (antigua torre Clio).

La primera torre que es encendida es la de X90 mostrando un funcionamiento ideal, ya que la presión de flujo a la entrada de los equipos, mostró un comportamiento óptimo viéndose reflejado en los medidores de caudal en cada uno de los transformadores de la pinzas en esta zona. Se midieron las presiones y se tuvo un incremento significativo. Cabe resaltar que el pórtico de X90 es el pórtico principal de la línea, ya que por éste se realiza el ensamble general de la cabina. Los caudales fueron los indicados, por lo que esta parte del sistema quedó cumpliendo el objetivo trazado.

El objetivo se cumple en parte por la reducción del número pinzas en X90, que pasa de tener 227 a 146 pinzas, disminuyendo la carga de la torre de enfriamiento en un 35.7%.

En los pórticos de Sertissage no se pudo correr con la misma suerte en las pruebas de operación como en el área de X90, ya que en los momentos de realizar las pruebas, estos pórticos presentaron medidas de presión y caudal más bajos de lo esperado. Es ahí donde se empieza un análisis más detallado de la situación en búsqueda de posibles causas a estos problemas.

Lo primero que se realiza es un mantenimiento a las tuberías, éste consiste en accionar el by pass que contienen cada uno de los pórticos, abriendo sus válvulas para desviar el flujo del agua directamente desde la tubería de suministro hacia la de retorno evitando que el flujo llegue a las pinzas y así impedir taponamientos en los equipos.

Una vez ejecutado este procedimiento se observó que el agua que retorna al tanque de la torre de enfriamiento contiene una cantidad considerable de lodos. Este inconveniente también es considerado como uno de los problemas más relevantes a la hora de la refrigeración de los equipos en Sertissage.

A continuación se muestra los lodos encontrados en el fondo del tanque de la torre.

Figura 16. Lodos en el tanque de la torre



Se drena el tanque de la torre por completo para poder ingresar a éste y ser limpiado, buscando reducir la mayor parte de suciedad en este sistema.

Se repite este procedimiento 2 veces, dejando que el agua circule durante hora y media, buscando limpiar la red lo mejor posible.

Se continúa con las pruebas de operación, pero el sistema continuó mostrando en sus medidores de caudal, lecturas no aptas para la correcta operación, es por esto que se empieza un sondeo de las pinzas, sus cofres y la limpieza de los filtros en cada equipo. Éste consiste en inyectar aire a presión a unos 100 psi durante 20 segundos por la manguera de suministro y de retorno de cada pinza, logrando que el sistema expulse cualquier partícula de lodo que pudiera estar en los cofres o en la pinza misma.

Una vez concluida la serie de sondeos, se reanudan las pruebas de operación, encontrando un leve aumento en los caudales y presiones, pero no siendo consistentes para la correcta operación en producción.

Figura 17. Sondeo pinzas, filtros y lodo encontrado en las pinzas.



Sin resultados satisfactorios esperados, se continúa con el análisis de las posibles causas por las cuales no se logra la refrigeración óptima, y es ahí donde se pasa a

revisar los componentes que comunican la red de suministro y retorno con las mangueras de las pinzas, específicamente los accesorios de tubería.

Figura 18. Accesorios de tubería taponados en el área de Sertissage.



En este estado se encontraron la mayor parte de accesorios de tubería distribuidos en los pórticos de Sertissage, en algunos casos, este componente se encontraba taponado en su totalidad, por lo que se procede a cambiarlos, consiguiendo un aumento significativo y satisfactorio en cuanto a la presión y caudal de flujo de agua refrigerante.

Las pruebas continúan mostrando resultados acordes al propuesto, sin embargo el retorno del agua hacia el tanque de la torre todavía es muy bajo. Se procede a desmontar los filtros, en la tubería de retorno del agua hacia la torre, y los evaporadores para ser revisados. Éstos fueron encontrados en muy mal estado y en el caso de los filtros (flautas), se hallaron taponados por una especie de rocas de alambre; este material es producto de las mangueras de las pinzas Obara, que al pasar el tiempo los alambres se van soltando, ocasionando la formación de estas rocas a lo largo de la tubería.

Figura 19. Rocas de alambre en filtros de la torre de enfriamiento.



Los evaporadores también se encontraron en mal estado, taponados y en algunos casos quebrados.

Figura 20. Evaporadores de las torres de enfriamiento.



Los evaporadores en buen estado son lavados con agua a presión y son montados de nuevo, mientras se realiza un pedido de nuevos evaporadores.

Después de ejecutar esta serie de actividades correctivas, se enciende de nuevo las bombas de la torre para verificar el funcionamiento del sistema, mostrando resultados satisfactorios en cuanto a la refrigeración, cumpliendo con el objetivo propuesto.

Para la implementación de esta propuesta, fue indispensable la contratación de un tercero, que fue el encargado del montaje de las tuberías en todo el taller y la colaboración por parte del equipo de mantenimiento soldadura, quien estuvo presente en el proceso de puesta a punto de todo el sistema de refrigeración.

7 VALORACION EXPERIMENTAL Y ECONOMICA DE LA MEJORA

7.1 MEDIDAS DE PRESIÓN DESPUÉS DE LA MEJORA

Después de la implementación de la mejora seleccionada, se procede a realizar toma de medidas de presión para ser comparadas con los datos calculados anteriormente y así poder determinar el impacto generado por la mejora.

Tabla 18. Medidas de presión realizadas en el taller después de la mejora.

Medidas en (PSIG)	Twingo Clio	X 90	Sertissage
suministro	90	92	90
retorno	25	4	3
suministro	87	91	91
retorno	26	5	3
suministro	84	88	89
retorno	27	5	3
suministro	83	87	87
retorno	27	5	3
suministro	81	87	85
retorno	27	6	4

Se chequearon las pérdidas en las tuberías con los nuevos caudales a manejar en todos los pórticos encontrándose zonas de altas velocidades pero son permisibles. Con las pérdidas obtenidas y los caudales necesarios para la operación, se procedió a analizar los cambios en los sistemas hidráulicos, y se observa que con la nueva configuración los sistemas operan satisfactoriamente, inclusive con capacidad para crecimiento mayor al presupuestado.

Con la configuración actual de las bombas y tubería los pórticos quedan con la siguiente capacidad para crecimiento aproximado.

- Twingo y Clio 18 pinzas
- X90 20 pinzas
- Sertissage. 8 pinzas con bombas actuales pero la tubería tiene una alta capacidad para permitir crecimiento y puede ser más de 30.

De acuerdo con el análisis teórico y la experiencia, las torres actuales tienen capacidad para operar adecuadamente con los actuales equipos permitiendo un incremento de equipos inclusive para lo proyectado de 18 vehículos/hora.

Las bombas Sihi Halberg Nowa modelo 5020 de la torre X90 que actualmente están operando, tienen una capacidad mayor de presión debido a que se cambiaron sus impulsores de 195 a 214 mm.

Las presiones son uniformes en los puntos de suministro, lo cual está indicando que no hay por el momento desbalanceo en los flujos y no hay necesidad de compensar en la entrada de los ramales, y no se requiere instalar nuevos anillos.

Como resumen el sistema actual tiene capacidad suficiente para los equipos actuales permitiendo un incremento. Además es posible trabajar con menos bombas siempre y cuando los equipos y accesorios estén libres de taponamientos y suciedad, lo cual impide que el suministro sea el adecuado y el retorno tenga grandes deficiencias.

Para medir el impacto en cuanto a los ahorros energéticos del taller hay que resaltar cuales son los costos de operación que se tienen por el funcionamiento de las bombas centrífugas de las torres, que son las encargadas de sostener la refrigeración.

Como se mencionó anteriormente se cuenta con bombas marca Sihi Halberg Nowa de 25 y 35 caballos de fuerza (hp), las cuales permanecen 20 horas al día en funcionamiento.

Mantenimiento central cuenta con registros de gastos energéticos por cada área de la empresa para poder determinar qué área de producción está generando más gastos y crear planes de acción para disminuirlos.

A continuación se muestra los gastos generados por las torres de enfriamiento por la operación de las bombas, teniendo en cuenta un promedio del valor por kilovatio del último año pagado por SOFASA de \$256.

Las bombas de 25 hp consumen 18.7 kilovatios/hora y las bombas de 35 hp con 26.2 kilovatios.

Tabla 19. Costos de operación de las bombas de las torres de enfriamiento.

Tiempo operacional	Bombas 25 HP	Bombas 35 HP
HORA	\$ 4.787,2	\$ 6.707,2
DIA	\$ 95.744	\$ 134.144
MES	\$ 2'297.856	\$ 3'219.456
AÑO	\$ 22'978.560	\$ 32'194.560

Tomando como referencia la tabla 12. El taller funciona con 4 bombas de 25 hp, lo que genera un costo operacional anual de \$ 91'914.240 por estas, mientras que el costo operacional anual de las bombas de 35 hp es de \$ 64'389.120.

- Total costo operacional anual de las bombas \$ 156'303.360

Después de la implementación de la mejora se pudo pasar de 6 bombas en operación, a sólo 3, 2 de 25 hp y una de 35 hp. Para un ahorro total anual de \$78'151.680

7.2 MEDIDAS DE CAUDAL

El taller de soldadura realiza mantenimientos programados a todos los equipos y herramientas que son fundamentales para la producción de los vehículos. Es por esta razón que todos los datos que son recolectados producto de éstos mantenimientos, son llevados en registros para poder determinar qué tanto han sufridos o se han modificado sus parámetros con el pasar del tiempo. Las pinzas de soldadura son los equipos con una frecuencia de revisión más alta que los otros, ya que su función es primordial en la producción de la planta.

Figura 21. Formato revisión de parámetros de mantenimiento.

W20865										
		I1	T1	P	I2	T2	P	Temp.		FLUJO
FECHA	ACTIVIDAD	10,0	14	320	9.5	14	280			
25/07/2011	P. FOS	9,10	14,00	310,00	9,20	14,00	270,0			3,80
03/10/02011	P. FOS	9,8	14,00	308	9,3	14,00	274			3,9
08/01/02011	P. FOS	9,7	14,00	315	9,3	14,00	276			9,8
15/03/02012	P. FOS	9,9	14,00	319	9,4	14,00	279			9,9

8 CONCLUSIONES

- Se diseñó, analizó e implementó una propuesta de mejora para el sistema de refrigeración de pinzas de soldadura en SOFASA. Cumpliendo con el objetivo de reducir significativamente uno de los problemas principales que afectaba de forma directa la producción de vehículos del taller, el recalentamiento de pinzas.
- Se identificaron los puntos de mejora más relevantes en el sistema, los cuales son: falta de PMP para las bombas hidráulicas y las tuberías de suministro, PMP para las torres de enfriamiento con frecuencia muy baja, no hay buenas distribuciones de los pódicos en las torres de enfriamiento, no existe filtros de partículas a la entrada de los pódicos
- Se plantearon tres posibles mejoras para el sistema: la reactivación de la antigua torre de Toyota, la sustitución de todas las torres de enfriamiento por una sola, que quedaría ubicada en el techo, y la redistribución de la tubería en las tres torres de refrigeración. Por razones de tiempo de ejecución y costos, se decidió llevar a cabo la tercera propuesta.
- Con la propuesta de mejora seleccionada se logró pasar de trabajar con 6 bombas hidráulicas a tener sólo 3, logrando un ahorro de energía pasando de una potencia total de 170hp a 85 hp.
- El costo total de la redistribución fue de 30 millones de pesos y el ahorro obtenido con este proyecto es de un poco más de 70 millones de pesos al año, logrando así un retorno de la inversión en 5 meses.
- Se implementó la redistribución de pódicos de soldadura, encontrando elementos que afectaban el buen funcionamiento de los equipos del taller, tales como: formaciones de fibras del alambre que recubren las mangueras de suministro y retorno de las pinzas marca Obara Welding, accesorios de tubería totalmente taponados, válvulas de bola malas que se encuentran bloqueadas estando cerradas. Logrando aumentar el caudal de suministro en las pinzas.

- Se evaluó el impacto de la mejora implementada viéndose reflejado en el incremento del doble de los flujos en las pinzas.
- Se identificó que el segundo elemento que más pérdidas genera en el sistema después de la pinza son las mangueras de suministro y retorno de cada una de ellas, ya que su diámetro es pequeño y su longitud es mayor a la necesaria.

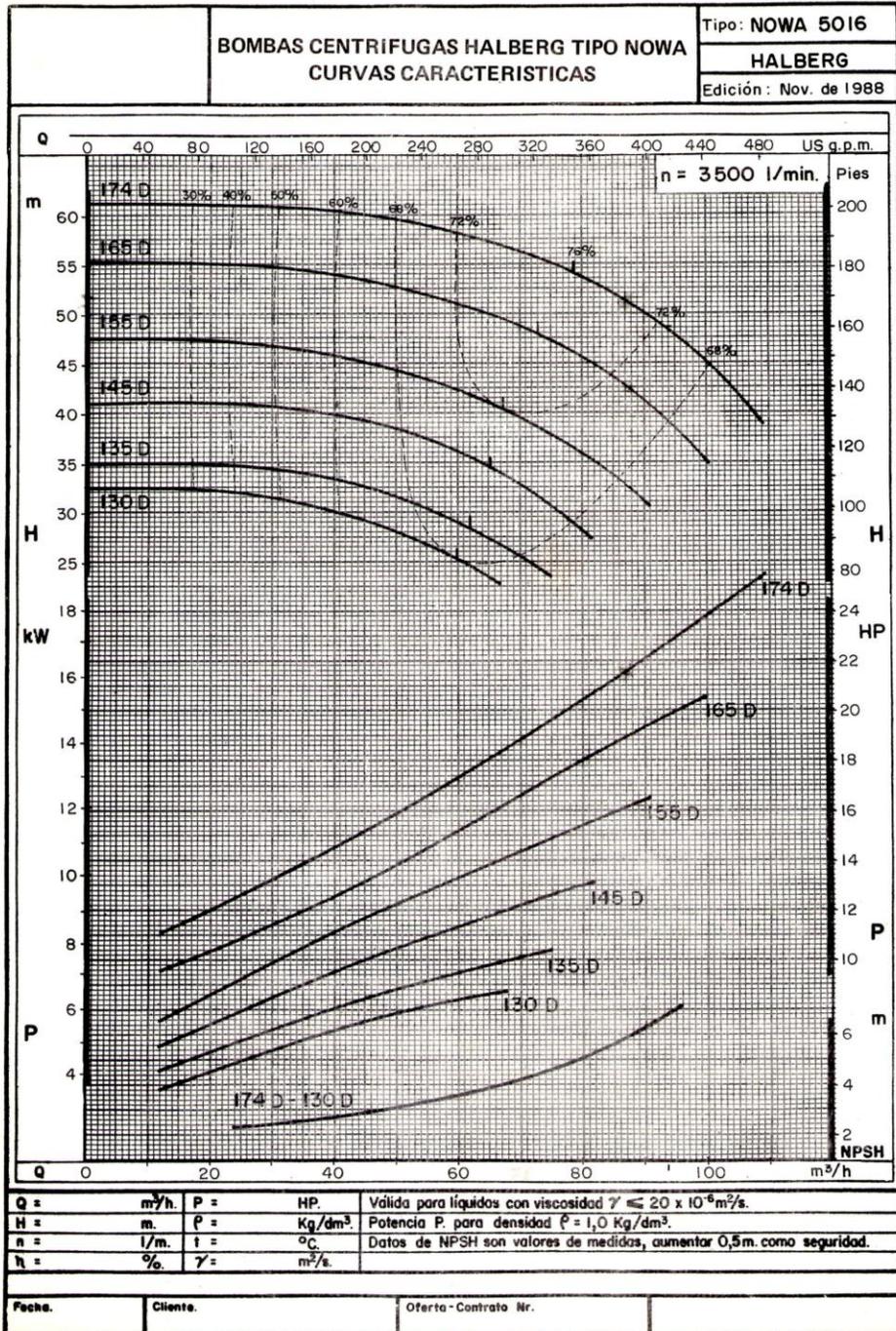
9 RECOMENDACIONES

- Durante el desarrollo del proyecto se encontraron varios aspectos a mejorar en el sistema, como lo fueron la creación de PMP para las redes de tuberías que van desde las torres de enfriamiento hacia los pórticos de soldadura en el taller. Incluir en este PMP el cambio periódico de accesorios de tubería en los pórticos. El PMP de las torres de enfriamiento no posee la frecuencia de revisión adecuada para un equipo de estas características. Es recomendable la utilización de filtros a la entrada de los pórticos, para disminuir significativamente la contaminación dentro de la tubería y las pinzas.
- Los componentes de las bombas y motores con las que cuenta el taller se encuentran en estados de desgaste avanzado. Además estas bombas dejaron de ser fabricadas en el 2009, lo que las convierte en equipos obsoletos. Se recomienda la instalación de bombas y motores nuevos, que brinden una mayor eficiencia, reduciendo así el consumo de energía.
- El pórtico más crítico de la línea es X90, debido a que aproximadamente el 90% de la producción se ensambla en éste. Una falla en esta tubería podría generar un paro considerable afectando, no sólo la producción del taller, sino la de toda la planta. Por esta razón se recomienda la instalación de un by pass entre torres de enfriamiento para poder suministrar agua de refrigeración a este pórtico en caso de que ocurra una falla.
- El sistema carece de manómetros instalados a través de la red de tuberías de refrigeración. Es importante contar con estos equipos por la información en tiempo real que éstos pueden suministrar.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Cengel, Y., & Cimbala, J. M. (2006). *Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones*. México: McGraw - Hill.
- Díez, P. F. (s.f.). *Ingeniería Energética*. Recuperado el 05 de Febrero de 2012, de http://es.scribd.com/doc/8331609/Mecanica-de-Fluidos-Excelente-Libro#outer_page_182
- Marketizer. (s.f.). *Marketizer*. Recuperado el Septiembre de 2011, de http://pr36.marketizer.com/Torres%2Bde%2Benfriamiento%2Balto%2Btonelaje.htm?rq=1#t_art
- S.A, S. (2010). *Plan de mantenimiento programado- Red de aguas*. Envigado.
- S.A, S. (2010). *Plan de mantenimiento programado-Torres de enfriamiento*. Envigado.
- Sierra, C. (27 de 09 de 2011). Información sobre problemas de paros, recalentamientos y funcionamiento operacional del sistema de enfriamiento en SOFASA. (M. T.-J. López, Entrevistador)
- Spa, G. W. (s.f.). *Gf Welding Spa*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2011, de <http://www.gf-welding.it/>
- Welding, A. T. (s.f.). *Aro Technologies Welding*. Recuperado el 04 de Noviembre de 2011, de <http://www.arotechnologies.com/>
- Welding, O. (s.f.). *Obara Corporation USA*. Recuperado el 02 de Noviembre de 2011, de <http://www.obarausa.com/DesktopDefault.aspx>

ANEXO 1 CURVAS DE LAS BOMBAS

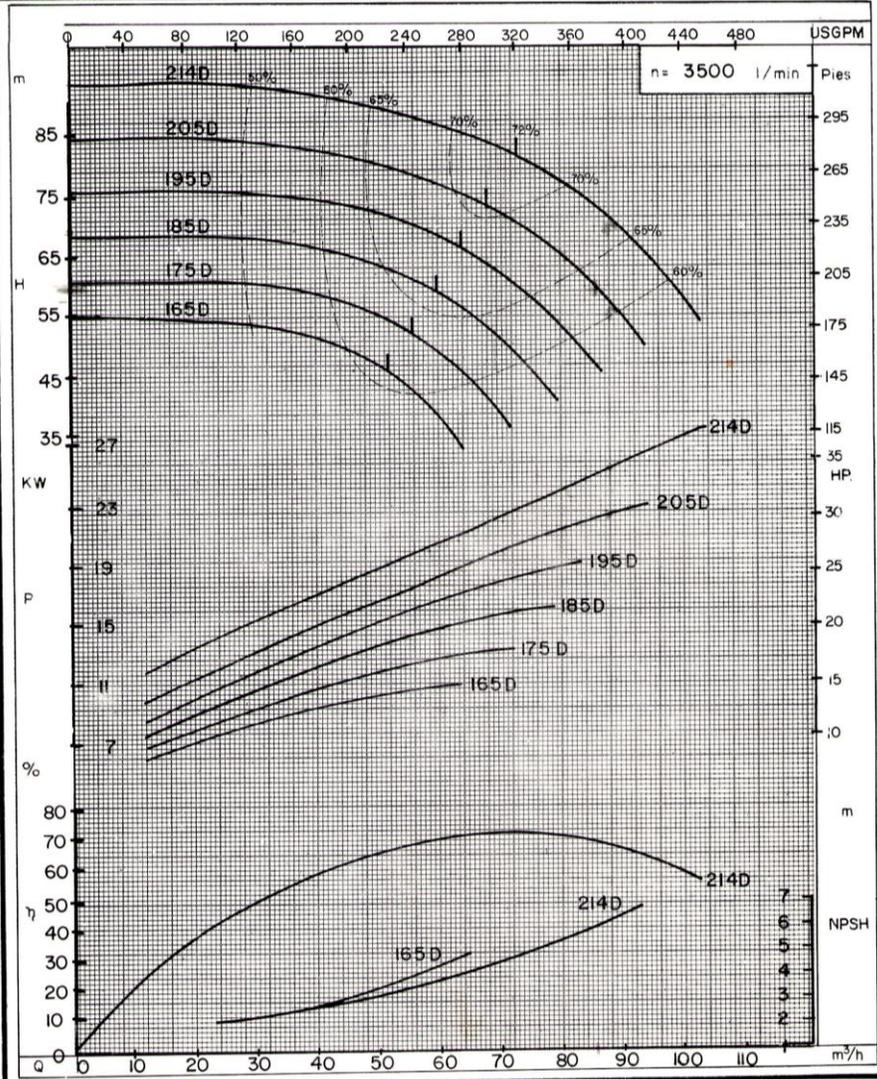


**BOMBAS CENTRIFUGAS HALBERG TIPO NOWA
CURVAS CARACTERISTICAS**

Tipo: NOWA 5020

HALBERG

Edición: SEPT. 1977



Q =	m ³ /h	P =	HP	Válida para líquidos con viscosidad $\gamma \leq 20 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
H =	m	P =	Kg/dm ³	Potencia P para densidad $\rho = 1,0 \text{ kg} / \text{dm}^3$
n =	l/min	t =	°C	Datos de NPSH son valores de medidas; aumentar 0,5m como seguridad.
η =	%	γ =	m ² /s	

Fecha:	Cliente:	Oferta - Contrato- Nr:
--------	----------	---------------------------

ANEXO 2 CUADERNO DE CARGAS

ANEXO 3 COTIZACIONES

ANEXO 4 CARTAS CONTRATO

ANEXO 5 PLANOS ESQUEMÁTICOS

ANEXO 6 OBRA CIVIL