

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERIA
MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERIA



“Desarrollo e implementación de un departamento en investigación en materiales para la industria automotriz”

Tesis que presenta:

Gustavo Padilla Rubio.

Para obtener el título de:

Maestro en Ingeniería.

Director de tesis.

Dr. Benjamín Valdez Salas.

Co-Director de tesis

Dr. Abraham Arias León

Agradecimientos

Todo mi respeto y agradecimiento a mis padres los cuales siempre se esforzaron por darme todo su apoyo durante mi vida de estudiante hasta mi terminación como un profesional que soy actualmente, por enseñarme que el estudio es una parte esencial en los seres humanos, no solo por el desarrollo del conocimiento, sino también por lo que podemos hacer con este conocimiento para el bien de los demás. Hoy después de muchos años de haber terminado mi educación superior y continuar con este nuevo reto que es mi maestría en ingeniería ahora al lado de mi esposa y mis hijas, me hacen entender mejor la razón por la cual mis padres siempre se preocuparon por educarme de la mejor manera.

A mi esposa Ángeles que siempre ha estado conmigo en todo momento, y que siempre me ha alentado en esta nueva etapa de mi vida, aunque esta le haya costado menos tiempo de convivencia entre nosotros, siempre le estaré agradecido por estar ahí conmigo.

A mis hijas, Daniela Alejandra y Fernanda para seguir siendo un ejemplo para ellas y que ellas entiendan que el aprendizaje y el conocimiento continuo no solo son la puerta a muchas más oportunidades en nuestras vidas, sino que también nos ayudan a ser mejores personas.

A mi tutor de tesis el Dr. Benjamín Valdez por su confianza hacia mi persona y todo el apoyo que he recibido de él, no solo como estudiante de maestría, sino desde que lo conozco. Realmente si no hubiera sido por él quizás nunca habría emprendido esta nueva etapa de desarrollo y crecimiento personal que actualmente estoy por concluir.

Doc, como siempre le he llamado mil gracias por todo y muy especialmente por su amistad.

A todos mis maestros por su paciencia al enseñarme y continuar inculcándome el hábito del estudio para continuar mi crecimiento personal y profesional.

A mi escuela por darme la oportunidad de volver después de muchos años de egresado y haberme brindado nuevamente su apoyo y atención.

Por último a Furukawa México Por todo el apoyo que siempre me ha brindado.

CAPITULO 1	6
OBJETIVOS	6
1.1 Objetivos Generales.....	6
2.2 Objetivos Particulares.....	6
CAPITULO 2	8
MARCO TEORICO.....	8
2.1 Introducción.....	7
2.2 Industria automotriz a nivel global.....	8
2.3 Producción de automóviles a nivel global.....	9
2.4 La industria automotriz en México.....	10
CAPITULO 3.....	12
DISEÑO DE MODELO DE INNOVACION.....	12
3.1 CASO FURUKAWA AUTOMOTIVE MEXICO.....	12
3.1.1 Historia de Furukawa México.....	12
3.2 Inicio de proyectos de Innovación.....	13
3.3 Programas estímulos a la innovación.....	14
3.4 Proyecto CONACYT 2012.....	15
3.5 Inicio del proceso de vinculación con el Instituto de Ingeniería UABC ..	16
CAPITULO 4.....	18
ESTUDIOS DE BENCHMARKING, QUE DEBEMOS ATENDER PRIMERO.....	18
4.1 Proyecto CONACYT 2013.....	20
4.2 Proyecto CONACYT 2014.....	22
4.3 Análisis de problemas crónicos Furukawa.....	24
4.3.1 Sistema de engrasado conector de bolsa de aire.....	25
4.4 Comentarios y recomendaciones.....	26
4.5 Prueba eléctrica para verificación de posición neutral.....	27
4.6 Comentarios y recomendaciones.....	29
4.7 Proyecto CONACYT 2016.....	30
4.8 Métodos de soldadura para cable plano.....	32
4.8.1 Introducción.....	32
4.8.2 Soldadura por tecnología Láser.....	32

4.9 Caso de aplicación.....	33
4.10 Procedimiento.....	35
4.11 Análisis de resultados.....	39
4.12 Proceso de soldado por alta corriente (Spot Welding).....	40
4.13 Caso de aplicación.....	43
4.14 Análisis de resultados.....	44
4.15 Experimento de soldado Vs. contaminación.....	45
4.16 Experimento de soldado Vs. oxidación.....	46
4.17 Proceso de soldado por ultrasonido.....	47
4.18 Caso de aplicación.....	49
4.19 Procedimiento.....	50
4.20 Análisis de resultados.....	52
CAPITULO 5.....	54
DESARROLLO E IMPLEMMENTACION DE UN LABORATORO DE ANALISIS DE	
MATERIALES.....	54
5.1 Selección de equipo de laboratorio.....	54
5.2 Estudios de campo magnético y vibraciones mecánicas.....	58
5.3 Mediciones de la zona A cuarto principal.....	60
5.3.1 Mediciones de Vibraciones Mecánicas.....	60
5.3.2 Mediciones de campo Magnético.....	62
5.4 Conclusiones del estudio.....	70
5.5 Lay out de laboratorio y distribución de equipo.....	74
5.6 Métricos del laboratorio, periodo 2017.....	76
CAPITULO 6.....	78
PROPIEDAD INTELECTUAL.....	78
CAPITULO 7.....	79
CONCLUSIONES FINALES.....	79
ANEXO 1	83
PUBLICACIONES CIENTIFICAS.....	83
ANEXO 2	86
PROYECTO CONACYT 2017.....	86
REFERENCIAS.....	88

GLOSARIO DE TERMINOS IMPORTANTES.

SRC (Steering Roll Conector por sus siglas en inglés) Conector de bolsa de aire.

Es un dispositivo que sirve de conexión entre el sensor y el detonador de la bolsa de aire, además de otras funciones secundarias para el auto. Es un dispositivo suplementario de seguridad, el cual agrega un 15 % de probabilidad de salvar la vida en un accidente en auto ayudando a abrir la bolsa de aire en un tiempo aproximado de 10 a 25 milisegundos después del impacto transitorio de 5 a 7g, a una velocidad de choque de entre 8,05 y 24,24 km/h.

Las funciones primarias del SRC con 3 conectores son:

- 1) Enviar la señal para el inflado de la bolsa de aire.
- 2) Disminuir el impacto de apertura de la bolsa de aire y
- 3) Desinflar la bolsa de aire como medida de precaución; y sus funciones secundarias: controlar luces, controles de sistema de audio claxon así como control automático de velocidad.

FFC (Flat Flexible Cable por sus siglas en inglés) Cable Plano Flexible.

El término FFC usualmente se refiere a un cable plano extremadamente delgado que a menudo se encuentran en dispositivos de alta densidad electrónica. El cable generalmente consiste en una película plana y flexible de plástico, con múltiples conductores metálicos unidos a una superficie. Los conductores metálicos tradicionalmente son de cobre y estos pueden llegar a ser tan delgados como 35 micrones de espesor.

Sonotrodo

El sonotrodo, en un equipo de soldado por ultrasonido, es la parte del conjunto oscilante que se apoya en una de las piezas a soldar, transmitiendo las vibraciones mecánicas hasta conseguir la fusión entre las dos piezas a soldar.

La soldadura no se produce por calor, sino, por la elevada vibración ejercida sobre la zona de apoyo, acompañado de una presión. Algunos aspectos importantes a incluir en el diseño de un sonotrodo son frecuencia, amplitud y geometría entre otros.

Barra de cobre (Busbar en inglés)

La barra de cobre conocida en el proceso de manufactura de los conectores de bolsa de aire como “*Busbar*” es el elemento que sirve como interfase entre el cable plano y los conectores físicos en un proceso de soldado por ultrasonido, su misión es juntar a las dos partes mencionadas en un punto en común para el proceso de ensamble. Tradicionalmente estas barras de cobre son en su mayoría de cobre y algunas veces de latón.

Modelo de utilidad.

Un modelo de utilidad es un derecho exclusivo que se concede a una invención y permite al titular del derecho impedir a terceros utilizar comercialmente la invención protegida, sin su autorización, durante un período limitado. De acuerdo con su definición básica, que puede variar de un país a otro (en el que se brinde dicha protección), un modelo de utilidad se asemeja a una patente. De hecho, los modelos de utilidad se denominan a veces "pequeñas patentes" o "patentes de innovación".

Capítulo 1

1.1. OBJETIVOS

1.2 OBJETIVO GENERAL

Este trabajo de investigación tiene como principal objetivo general mostrar la situación actual de la industria automotriz tanto local como a nivel mundial, así como los requerimientos a sus proveedores, esto debido a su gran crecimiento en la última década, de las mismas maneras se mencionarán los mecanismos y las estrategias que dichos proveedores deben de seguir para cumplir con dichos requerimientos esto desde la perspectiva principal de innovación y desarrollo tecnológico.

1.3 OBJETIVOS PARTICULARES

- Presentar el Caso de “Furukawa Automotive México” su proceso y ecosistema de innovación.
- Estudiar su desarrollo tecnológico a través del tiempo, así como sus casos de éxito basado en el modelo de triple hélice (Escuela, Gobierno e Industria).
- Exponer las estrategias a seguir y el plan de trabajo para la implementación de un departamento en investigación de materiales para la industria automotriz el cual es el tema principal de este proyecto.

Capítulo 2

MARCO TEORICO

2.1. Introducción

En los últimos años la industria automotriz ha demandado de todos sus proveedores reducciones de costos en sus productos, así misma reducción de tiempo en la entrega inicial de prototipos, de la misma manera y debido a la gran competencia entre las casas ensambladoras, los lanzamientos de producto deben de ser perfectos y muchas de las veces iniciados en un corto periodo de tiempo. Esto implica para todos sus proveedores una gran habilidad para poder cumplir con estas exigencias actuales, de tal manera que una integración vertical es ya una necesidad importante para nuestra empresa y lo estamos haciendo en el desarrollo de las materias primas, equipos, herramientas y procesos, iniciando con aquellos de mayor valor agregado.

De aquí que nace la idea de este proyecto “Desarrollo e Implementación de un Departamento en Investigación en Materiales para la empresa Furukawa Automotive México” con esto nos estaremos moviendo en el campo de la industria a no solo manufacturar productos automotrices sino a encontrar la solución a nuevos requerimientos de nuestros clientes relacionados a la aplicación en dichos productos. Específicamente hablando los conectores de bolsa de aire SRC (Por sus siglas en ingles Steering Roll Conector) las especificaciones de prueba rotacionales así como el número de circuitos de control exigen un desempeño mejor de los materiales utilizados actualmente (especialmente cobre y latón) de la misma manera algunas de las especificaciones dimensionales de algunos materiales tienen que cambiar para poder cumplir con las nuevas especificaciones de espacio en la columna del vehículo, lo cual nos obliga también a desarrollar nuevos procesos de manufactura o a innovar en los que actualmente tenemos para cumplir todos estos requerimientos.

Es importante mencionar también que nuestros procesos están diseñados para proveer un sistema de manufactura con integración vertical al máximo y así poder reducir los costos de manufactura y de producto. De tal manera que aparte de nuestras líneas de

ensamble, contamos con procesos de transformación de componentes tales como, Moldeo por inyección, estampado corte y laminación de cable plano.

Parte del equipo de trabajo de Furukawa México está constituido por el grupo de ingeniería de manufactura que a su vez engloba al grupo de Ingeniería de diseño, así como un área asignada para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para aplicarse en los productos actuales que nosotros construimos, este grupo está formado por 12 ingenieros los cuales tienen conocimientos en programación, diseño asistido por computadora neumática y mecánica. El gerente del área de ingeniería que es líder de este grupo y ha estado trabajando desde el inicio de operaciones de la planta y cuenta con una experiencia en la misma de 20 años.

Como ya anteriormente se mencionó y bajo todas estas consideraciones es que se pretende desarrollar y preparar este proyecto de tesis *“Desarrollo e Implementación de un Departamento en Investigación en Materiales para la empresa Furukawa Automotive México”* el cual se alinearía con nuestras estrategias de visión *“Un producto hecho por nosotros en cada auto de América.”*

2.2 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ A NIVEL GLOBAL.

En 2015, la producción mundial de *vehículos ligeros* alcanzó un valor de 1,498 miles de millones de dólares, con un total de 86.9 millones de unidades producidas, lo que representó un crecimiento en términos de valor de 6.7% con respecto a su año anterior. Se estima que para 2020 la producción mundial de vehículos ligeros tendrá un valor de 1,649 miles de millones de dólares, con un volumen de 105.9 millones de unidades producidas, lo que significa que la industria registrará una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 1.9% entre 2015 y 2020.

El segmento de vehículos pesados registró una producción de 3.7 millones de unidades en 2015, con un valor total 252,000 millones de dólares, lo que representó un crecimiento en términos de valor de 9.1% con respecto a 2014. Se espera que para

2020 el valor de la producción de vehículos pesados será de 280,000 millones de dólares, con una TMCA de 2.2% entre 2015 y 2020

Por último se dice que entre 2015 y 2017 la industria automotriz tuvo una producción promedio de alrededor de 98 Millones de vehículos de los cuales solo el 85% cuenta con sistema de bolsa de aire, para este 2020 se piensa que será una regulación mandatoria universal que todos los vehículos construidos después de dicho año utilicen sistemas de bolsa de aire y por consiguiente un conector de bolsa de aire. Basados en estos números es imperativo para el corporativo Furukawa y especialmente para Furukawa Automotive México poder cumplir con los nuevos requerimientos de los clientes y ofrecer soluciones a dichas demandas para seguir incrementando nuestra marca a nivel mundial y poder incrementar nuestros productos tanto en volumen como en nuevos clientes.

2.3 PRODUCCION DE AUTOMOVILES A NIVEL GLOBAL

De acuerdo a información de ProMéxico en 2015 China se mantuvo como el mayor fabricante de vehículos en el mundo, seguido por Estados Unidos y Japón. De acuerdo con el ranking de 40 países elaborado por la Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA), México ocupó el séptimo lugar entre los principales productores a nivel mundial en 2015, por encima de países como Brasil, España, Canadá, Francia, Rusia, Reino Unido y Bélgica. (Tabla 1)

La manufactura de vehículos representa 62.1% de la producción total de la industria automotriz, mientras que la participación del sector de autopartes es de 37.9%. Como se muestra en la Figura 1.

#	2011	2012	2013	2014	2015
1	China-18.8	China-19.2	China-22.1	China-23.8	China-24.5
2	EUA-8.6	EUA-10.3	EUA-11.0	EUA-11.7	EUA- 12.1
3	Japón-8.3	Japón-9.9	Japón-9.6	Japón-9.8	Japón-9.3
4	Alemania-6.3	Alemania-5.6	Alemania-5.7	Alemania-5.9	Alemania-6.0
5	Corea del S.-4.6	Corea del S.-4.5	Corea del S.-4.5	Corea del S.-4.5	Corea del S.-4.5
6	India-3.9	India-4.1	India-3.9	India-3.8	India-4.1
7	Brasil-3.4	Brasil-3.3	Brasil-3.7	México-3.4	México-3.6
8	México-2.7	México-3.0	México-3.0	Brasil-3.1	España-2.7
9	España-2.3	Tailandia-2.4	Tailandia-2.5	España-2.4	Brasil-2.4
10	Francia-2.2	Canadá-2.4	Canadá-2.4	Canadá-2.4	Canadá-2.3

Tabla 1 Principales países productores de automóviles a nivel mundial.

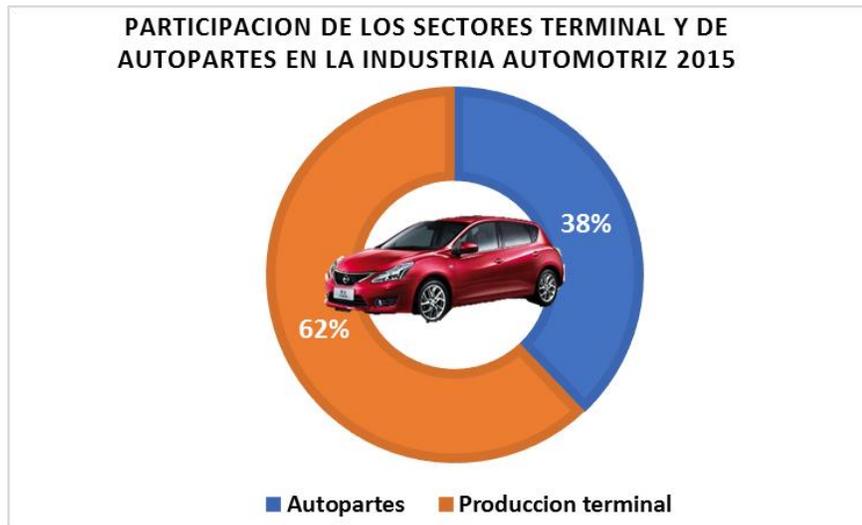


Figura 1. Participación del sector terminal Vs. autopartes 2015.

2.4 LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MEXICO

La industria automotriz es una de las más dinámicas y competitivas de México y se ha consolidado como un jugador importante del sector a nivel global. En las últimas

décadas, México ha llamado la atención de los principales actores del sector automotriz debido al crecimiento sostenido en la producción de vehículos y autopartes, así como a la fortaleza y las perspectivas de crecimiento de su mercado interno. Hoy la industria automotriz mexicana vuelve a ser centro de atención en la escena global, debido a que vive un proceso de transición de un perfil orientado principalmente a la manufactura, a uno en el que la innovación y el diseño juegan un papel preponderante.

Algo también muy importante a mencionar es que en México al igual que otras naciones manufactureras, la industria automotriz es considerada un pilar estratégico económico en virtud de los diferentes beneficios que trae consigo la generación de empleos a gran escala, las recaudaciones fiscales derivadas de las operaciones comerciales de la industria, la capacitación del personal, el desarrollo de proveedores locales y la modernización tecnológica relacionada. La industria automotriz es una de las más dinámicas y competitivas de México y se ha consolidado como un jugador importante del sector a nivel global. En los últimos años, México ha llamado la atención de los principales actores del sector automotriz debido al crecimiento sostenido en la producción de vehículos y autopartes, así como a la fortaleza y las perspectivas de crecimiento de su mercado interno. Hoy la industria automotriz mexicana vuelve a ser centro de atención en la escena global, debido a que vive un proceso de transición de un perfil orientado principalmente a la manufactura, a uno en el que la innovación y el diseño juegan un papel preponderante como ya se ha mencionado anteriormente. Este momento es el resultado de una larga historia de aciertos, en la que las empresas del sector han sabido sumarse de manera muy inteligente a la estrategia de apertura comercial del país, adaptarse a los cambios económicos globales, y aprovechando las ventajas que México ofrece para hacerles frente a todos estos nuevos retos.

Capítulo 3

DISEÑO DE MODELO DE INNOVACIÓN

3.1 Caso Furukawa Automotive México.

3.1.1 HISTORIA DE FURUKAWA MEXICO

FURUKAWA de México S.A. de C.V. (Furmex) inició sus operaciones en 1998 enfocados a la manufactura de cables para conectores de bolsas de aire, iniciando con el requerido para Honda Accord, con 18 empleados. Actualmente se encuentra enfocada a la manufactura y ensamble de cajas de fusibles, arneses y conectores de bolsa de aire para la industria automotriz con un total de aproximadamente 2,443 empleados. Furukawa dentro de su infraestructura tiene el área de diseño y desarrollo tecnológico, el cual ha trabajado en la mejora de los procesos y en especial y actualmente enfocados en el diseño y desarrollo de equipos y líneas con mayores ventajas competitivas buscando ser altamente productivos y de excelencia en la calidad. Entre los principales clientes de Furukawa se encuentra: General Motors, Honda, Toyota, Volkswagen, Chrysler y Dodge.

Con lo que respecta al corporativo mundialmente, Furukawa Automotive System producen entre 3 y 4 conectores de bolsa de aire de cada 10 que existen en el mundo. La figura 2, muestra la distribución de clientes de Furukawa México a nivel mundial

Figura 2 Mapa de distribución de clientes Furukawa México.



3.2 INICIO DE PROYECTOS DE INNOVACION Y DESARROLLO TECNOLOGICO.

Los primeros proyectos y actividades de innovación y desarrollo tecnológico en Furukawa México nacieron de la necesidad de la estrategia del negocio enfocada a bajar los costos de producción, mejorar nuestra calidad y la reducción de costos en las inversiones de capital, esto con el objetivo de reducir el tiempo de retorno de la inversión y con ello ser más competitivos y capaces de atraer más y mejores negocios a nuestra empresa, de la misma manera alentar el pensamiento innovador de nuestros ingenieros así como de elevar su motivación, todo esto en cumplimiento a las metas de nuestra empresa.

A partir del año 2012 Furukawa México empieza su participación en los Programas Estímulos a la Innovación, los cuales son llevados a cabo por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

CONACYT es un organismo público descentralizado del gobierno federal mexicano dedicado a promover y estimular el desarrollo de la ciencia y la tecnología en ese país. Tiene la responsabilidad oficial para elaborar las políticas de ciencia y tecnología nacionales. En lo correspondiente al estímulo a la ciencia y la tecnología en las empresas, el CONACYT administra una serie de fondos financieros de estímulo, a través del cual se ofrece financiamiento a proyectos de alto desarrollo técnico y tecnológico.

Los programas estímulos a la innovación comúnmente conocidos como PEI son programas de apoyo para las empresas que invierten en proyectos de investigación, desarrollo de tecnología e innovación dirigidos al desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios. Uno de sus objetivos primordiales es incentivar, a nivel nacional, la inversión de las empresas en actividades y proyectos relacionados con la investigación, desarrollo tecnológico e innovación a través del otorgamiento de estímulos complementarios, de tal forma que estos apoyos tengan el mayor impacto posible sobre la competitividad de la economía nacional

3.3 PROGRAMAS ESTIMULOS A LA INNOVACION (PEI) CONACYT.

A parte de lo antes descrito acerca de los programas PEI es importante recalcar que estos programas tienen también la misión de fomentar el crecimiento anual de la inversión del sector productivo nacional en IDTI. Propiciar la vinculación de las empresas en la cadena del conocimiento “educación-ciencia-tecnología-innovación” y su articulación con la cadena productiva del sector estratégico que correspondiente por otro lado también se busca formar e incorporar recursos humanos especializados en actividades de IDTI en las empresas. Generar nuevos productos, procesos y servicios de alto valor agregado, y contribuir a la generación de propiedad intelectual en el país.

A continuación se describirá cronológicamente la participación de Furukawa México en los programas estímulos a la innovación, así como su trabajo en vinculación con el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, los cuales fueron clave en el desarrollo de este ecosistema de innovación y desarrollo tecnológico que actualmente se lleva a cabo como parte esencial de nuestro modelo de negocios

3.4 Proyecto CONACYT 2012

Nombre del proyecto

**“DISEÑO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LÍNEA DE ENSAMBLE
PROTOTIPO PARA CONECTORES DE BOLSA DE AIRE.”**

Para este proyecto el equipo de IDT de Furukawa México recibió los requerimientos por parte del cliente para la construcción de un dispositivo de bolsa de aire (tres cables planos y 3 conectores de bolsa de aire) por lo cual una de las actividades claves de este proyecto fue el desarrollar el diagrama de proceso (Lay out). Para la elaboración de este diagrama fue necesario definir también las especificaciones de los equipos claves en la transformación del mismo.

- 1) Diseño y construcción de máquina de soldado ultrasónico de cable plano y circular con frecuencia de 20 KHz. Con control de altura programable, esto en conjunto con proveedores líderes en la aplicación.(Fig. 3)
- 2) Sistema de engrasado de cinco agujas (Primero en su tipo) con sistema de lectura y recolección de datos a través de un sistema de código de barras 2D. (Fig. 4)
- 3) Enlace a través de código de barras 2D de Equipos de prueba eléctrica y mecánica con sistema de engrasado.
- 4) Diseño y construcción de Sonotrodo con frecuencia de resonancia a 20 KHz para maquinas actuales japonesas.

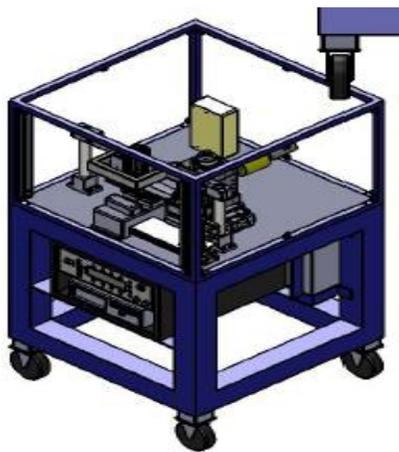


Fig 3 Máquina de soldado por ultrasonido



Fig 4 Máquina engrasadora de 5 agujas

El equipo de IDT a llevó a cabo en la región local una investigación para localizar a los proveedores con características que se ajustarán a la realización de este proyecto. Con lo que respecta a soldado ultrasónico el equipo encontró en Estados Unidos dos proveedores con una gran experiencia en este rubro, Stapla Ultrasonics de origen alemán y Telsonic Ultrasonics de origen suizo. Ambos proveedores participaron en la realización de este proyecto. Con lo que respecta a los otros proveedores estos fueron seleccionados a través de entrevistas, estos proveedores se encuentran localizados en Mexicali BC.

3.4 Inicio del proceso de vinculación con el instituto de ingeniería UABC.

Con la ayuda del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California y de sus investigadores, así como con la ayuda del grupo de ingeniería de Manufactura de Furukawa México se procedió a la validación de los equipos de soldado ultrasónico, así como sus herramientas (Sonotrodos) y materiales utilizados. A continuación, se enlistan las actividades realizadas por el instituto de ingeniería de la UABC.

- 1) Análisis con microscopio de barrido de electrones SEM
- 2) Análisis químicos cuantitativo y semi-cuantitativo con la técnica de electrones dispersados de Rayos X. EDX.
- 3) Análisis de infrarrojo con transformadas de Fourier y espectroscopia RAMAN.
- 4) Perfilómetro Disk Profiler KLA-Tencor P12

En base a estos resultados se ajustaron las condiciones de soldado ultrasónico, así como los materiales involucrados en el proceso, así como también se llevaron a cabo los ajustes pertinentes a los diseños de los equipos de acuerdo a lo planeado.

De acuerdo a comentarios por parte del instituto de ingeniería se mencionó que el grado de Vinculación del Instituto de con la empresa Furukawa México durante el planteamiento y desarrollo del proyecto fue excelente les permitió fortalecer la

confianza y los métodos de trabajo. Durante el proyecto se vieron involucrados no solo investigadores y personal técnico de la empresa, sino también estudiantes de posgrado. Por otro lado se acordó la continuidad del trabajo en conjunto no solo en proyectos relacionados con fondos de gobierno, sino cualquier otra necesidad de la empresa en términos de apoyo técnico e investigación ya que se generaron nuevas necesidades que requieren de dicho esfuerzo. Así mismo, se establecieron los lineamientos para desarrollar laboratorios conjuntos y participar en actividades de investigación y desarrollo. Quien diría que este sería el inicio de una gran relación de trabajo desarrollo y crecimiento para ambas partes.

De las actividades antes mencionadas todos los objetivos fueron completados de acuerdo a lo planeado en tiempo y forma, de la misma manera se obtuvo la resolución favorable, tanto técnica como financiera del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT.

Capítulo 4

4.1 ESTUDIOS DE BENCHMARKING, QUE DEBEMOS DE ATENDER PRIMERO

Como resultado de la experiencia obtenida en el proyecto 2012 y de acuerdo con la información recibida en los tres últimos años en ese entonces (2010-2013) por parte de las casas ensambladoras (OEM's) éstas requerían empaques (Diseño/Tamaño) más delgados con un mayor número de circuitos, así como circuitos de alta corriente para calefacción en el volante, debido a estas características se hace crítico las dimensiones de los conductores eléctricos de cobre y su tecnología para unirse a la barra conectora de metal (conector eléctrico). De la misma manera observando algunas de las piezas de nuestra competencia nos damos cuenta de la dirección que debemos de seguir para continuar en el mercado como líderes de este producto. En la tabla presentada en la figura siguiente (Tabla 2) muestra la situación actual de Furukawa contra la competencia.

	Calefaccion en el Volante	Calefaccion en el Volante con proteccion termica.	Tipo Rollers (Rodillos)	U Turn + Dummy Cable	Alta Durabilidad	Rangos Extremos de Temperatura	Combo (Sensor)	Nivel de Ruido	Mas de 20 Circuitos	Produccion en Norte America	Cable Plano Laminado	Produccion interna de Cable Plano
ALPS	▲	▲	▲	✘	●	●	●	▲---✘	✘---▲	✘	▲	✘
KOSTAL	▲	✘	✘	▲	●	●	●	●---▲	▲	✘	✘	✘
Valeo	✘	✘	▲	✘	●	●	●	▲---✘	✘	✘	▲	✘
NILES	▲	▲	▲	✘	▲	▲	●	▲---✘	✘	▲	▲	✘
TAKATA	✘	✘	▲	✘	▲	▲	▲	✘---✘	✘	✘	▲	✘
DELPHI	✘	✘	▲	▲	▲	●	●	▲---✘	▲	✘	▲	✘
TRW	▲	✘	▲	✘	▲	●	●	▲---✘	▲	▲	▲	✘

- Mejor que Furukawa
- ▲ Igual que Furukawa
- ▲ Status Desconocido
- ✘ Característica no conocida o menos que Furukawa

Tabla 2 fortalezas y debilidades de los competidores de Furukawa México.

A continuación se describe de manera escrita algunas de esas fortalezas y debilidades mostradas con anterioridad en la tabla 2.

ALPS Poca penetración en el mercado americano, pero con características de producto superiores a Furukawa en cuanto a durabilidad, incluyendo pruebas de thermo shock las cuales no son tan representativas en los requerimientos actuales. Mismo nivel en número de circuitos.

Kostal. Principal producto switches de dirección, pero que debido a su gran volumen esta interactuando en el mercado de conectores de bolsa de aire para ofrecer a los OEM un combo de switch + conector de bolsa de aire y poder reducir sus costos. Principal ventaja ruido rotacional menor que el de Furukawa. Actualmente Furukawa está vendiendo conectores de bolsa de aire a Kostal.

Valeo Al igual que Kostal su producto principal son los switches de dirección, empezaron la manufactura de conectores de bolsa de aire al igual que Kostal como resultado de reducir los costos y vender todo el sistema completo. Mismas características que Alps y Kostal. Actualmente Furukawa está vendiendo conectores de bolsa de aire a Valeo.

Niles. Niles solo presenta ventaja competitiva en que actualmente ellos también fabrican el sensor de posición de dirección en conjunto con el conector de bolsa de aire.

Takata. No hay ventajas competitivas, la mayoría de sus actividades actualmente están dirigidas a construir la bolsa de aire que está instalada en el vehículo.

Delphi Mechatronics. Mismo nivel de Furukawa incluyendo número de circuitos, pero no cuenta con producción propia de cable plano.

TRW. Mismo nivel de Furukawa incluyendo número de circuitos, no tiene conectores de bolsa de aire de circuitos de alta corriente. Mejor durabilidad en 300%.

4.1 Proyecto CONACYT 2013

Nombre del proyecto

“INTEGRACION DEL CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE INSUMOS DE ALTO VALOR AGREGADO EN FURUKAWA MEXICO.”

Como continuación al desarrollo tecnológico de Furukawa México y especialmente dando un seguimiento a los proyectos PEI anteriores, así como el análisis de mercado se procedió al reconocimiento de la situación actual interna, en la que se observó, que nuestro proceso de soldado ultrasónico así como sus herramientas mejor conocidas como sonotrodos utilizados para el soldado de cable plano eran nuestras líneas de proceso que generaban un alto impacto en la calidad del producto y en un momento dado eran el cuello de botella de nuestras operaciones, de tal forma que se requería incrementar la velocidad y calidad en las mismas. En el caso de nuestros equipos de soldado por ultrasonido, se reconoció también que estos no contaban con variaciones en la amplitud (desplazamiento) 30 a 40 micrones por lo cual se verían limitadas debido a que el patrón de soldado en todos los sonotrodos era el mismo. Como información adicional se observó también que los c_{pk} 's para adherencia en este tipo de producto eran menores de 1.33.

De tal manera que los principales objetivos de este proyecto fueron.

- 1) Integrar el centro de investigación y desarrollo tecnológico de insumos y equipos de alto valor agregado.
- 2) Desarrollo de nueva materia prima (Cobre Plano) para elaboración de conectores de bolsa de aire de alta productividad y calidad
- 3) Desarrollo de soldadora de cable plano con capacidad de variación en amplitud y frecuencia de trabajo y desplazamiento horizontal de la pieza a soldar. (Furukawa México 100%)
- 4) Desarrollo de 3 diferentes sonotrodos con patrón de soldado también diferente.

Parte clave de las actividades del equipo de trabajo de IDT fue el estudiar las diferentes soldadoras de la competencia y además hacer un benchmarking entre los diferentes proveedores de equipo por ultrasonido, esto para encontrar lo mejor de cada una de ellas y poder capitalizarlo en nuestro nuevo desarrollo. Se visitaron plantas y proveedores en el extranjero en donde se evaluaron las nuevas tecnologías, con el afán de conocer y adoptar mejores prácticas. (Tabla 3)

Proveedor	Construyen sus propios sonotrodos	Golpes maximos por sonotrodo	Costo del sonotrodo
	X	130,000	\$1,200.00
	●	100,000	\$1,200.00
	▲	100,000	\$800.00

Tabla 3 Relación de entre puntos del cuarto principal.

Stapla Ultrasonics. Subsidiaria del corporativo Schunk de origen alemán gran experiencia en máquinas de soldado por ultrasonido, no tienen experiencia en máquinas soldadoras para cable plano, no producen sus propios sonotrodos, costos por encima del costo actual de Furukawa Japón, solo venden maquinas completas, no venden componentes para fabricación ni tampoco dan asesoría del mismo, a menos que se tenga al menos una máquina de ellos.

Branson. Menor experiencia que Telsonic y Stapla Ultrasonics, construyen sus propios sonotrodos, poco soporte a nivel local, tienen poca experiencia en soldado de cable plano, las maquinas que se observaron durante este proceso de benchmarking mostraban un bajo desempeño en términos de calidad y productividad.

Telsonic Ultrasonics. Compañía de origen suiza con oficinas de ventas y R&D en Estados Unidos, gran experiencia en procesos de soldado por ultrasonido, costos competitivos en lo que respecta a sonotrodos, ellos producen parte de los mismos y otra parte la efectúan con proveedores de ellos mismos, venden equipos completos así como unidades separadas para la fabricación de máquinas de acuerdo a las necesidades de sus cliente, cuenta con soporte técnico local.

Para la realización de este proyecto se trabajó en vinculación y coordinación con el instituto de ingeniería de la UABC. Las principales actividades realizadas por el instituto de ingeniería se mencionan a continuación.

- 1) Investigación y desarrollo de nueva materia prima (Cobre Plano).
- 2) Validación de las uniones físicas únicas de metales a través de ultrasonido. (Cobre/Cobre)
- 3) Análisis de infrarrojo con transformadas de Fourier.
- 4) Modificación en el diseño de la manufactura de cable de cobre plano.

Al igual que el proyecto 2012 todos las tareas y objetivos se cumplieron, dando como resultado un gran salto en cuanto innovación y desarrollo tecnológico tanto para los investigadores del instituto de ingeniería así como para el equipo de IDT de la empresa.

4.2 Proyecto CONACYT 2014

Nombre del proyecto

“DISEÑO Y DESARROLLLO TECNOLOGICO DE LINEA DE ENSAMBLE PROTOTIPO DE CONECTOR DE BOLSA DE AIRE ULTRALIGERO.

Este proyecto nació como parte de la estrategia del negocio enfocada a bajar los costos de producción, mejorar nuestra calidad y la reducción de costos en las inversiones de capital, con el objetivo de recortar el tiempo de retorno de la inversión y con ello ser más competitivos y capaces de atraer más y mejores negocios a nuestra empresa. El desarrollo propio de la tecnología de nuestras líneas de manufactura, el equipamiento

de ellas y el diseño y desarrollo de nuevos equipos son una estrategia derivada de nuestra planeación anual para poder apoderarnos de los nuevos mercados de conectores de bolsa de aire ultraligeros. El proyecto básicamente consistió en el diseño y desarrollo tecnológico de la línea prototipo para ensamble del conector de bolsa de aire ultraligero (menor a 20 milímetros de espesor), en donde se destacó el diseño y desarrollo tecnológico de los equipos prototipos siguientes:

- 1) Desarrollo y construcción de equipo para corte 8 circuitos con sensor laser para detección de posición, motor encoder para precisión de .100 milímetros para longitud.
- 2) Desarrollo y construcción del equipo de prueba eléctrica y software de operación para conector de bolsa de aire.
- 3) Desarrollo y construcción del equipo de prueba final y software de operación. (Obtendremos un método de detección de posición neutral de alta precisión)
actualmente en proceso de patente.

Con lo que respecta al proceso de vinculación para este proyecto, se continuó sobre la ruta ya trazada de trabajo con el instituto de ingeniería de la UABC y de sus investigadores los cuales llevaron a cabo las siguientes tareas

- 1) Diseño y desarrollo del sistema de limpieza con soporte de ultrasonido y alcohol isopropílico.
- 2) Validación de las uniones físicas únicas de metales a través de ultrasonido. (Cobre/Cobre).
- 3) Análisis con microscopio de barrido de electrones SEM -Análisis químicos semicuantitativo con técnica de electrones dispersados de Rayos X. EDX.
- 4) Diseño y desarrollo de sistema mecánico de prueba eléctrica de circuitos de bolsa de aire.

Para este proyecto igual que en los anteriores todas las actividades fueron realizadas de acuerdo al cronograma de trabajo, y los alcances de los resultados cubrieron el 100% las metas establecidas. Se logró en todos los casos definir que fue factible aplicar los resultados de la investigación realizada en los diversos procesos analizados para el mejoramiento del ensamble del conector de bolsa de aire ultraligero.

También en base a estos resultados, se pudieron definir algunos orígenes de contaminación en diversos tipos de ensambles de los procesos de fabricación de Furukawa México y se contribuyó al fortalecimiento al futuro proyecto de la consolidación de un departamento de investigación y desarrollo propio.

Es importante recalcar que como resultado de las relaciones laborales de investigación entre el instituto de ingeniería UABC y Furukawa México, y como parte de este proyecto PEI 2014, Furukawa México contrato a un Dr. En ingeniería química, esto como parte del proceso y ecosistema de innovación que ya estaba puesto en marcha, el Dr. Joaquin actual investigador de Furukawa, trabajo como investigador durante los proyectos en vinculación 2012, 2013 como parte del instituto de ingeniería.

4.3 Análisis de problemas crónicos Furukawa.

Como resultado de las actividades de vinculación entre Furukawa México y el Instituto de Ingeniería de la UABC, a través de los programas PEI de CONACYT se llego a una segunda etapa de trabajo, no solo en el ámbito de formato proyecto, sino que también se inició una seria de actividades de investigación entre ambas partes para búsqueda de la solución a algunos problemas que actualmente se presentan en los procesos cotidianos de producción en Furukawa. Esto resulto más sencillo debido a que los investigadores del instituto tenían ya un conocimiento acerca de los procesos y productos que se elaboraban en la planta, de tal situación se presentaron los siguientes requerimientos.

- 1) Análisis del sistema de engrasado del conector de bolsa de aire, debido a la entrada de burbujas de aire.

- 2) Diseño de prueba eléctrica para verificación de posición neutral en el conector de bolsa de aire.

A continuación se describirá la problemática particular para cada una de las actividades antes mencionadas, así como las investigaciones realizadas de las mismas y las posibles acciones a realizar al igual que recomendaciones de mejora para la erradicación de cada caso.

4.3.1 Sistema de engrasado de conector de bolsa de aire.

Como parte inicial del problema se revisó el proceso del sistema de engrasado así como su equipo de aplicación, Máquina engrasadora. (Fig. 5)

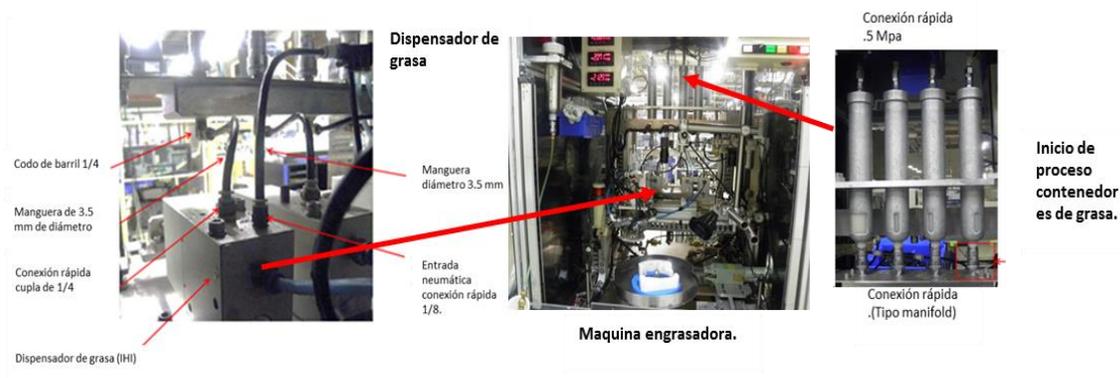


Figura 5 Proceso típico de engrasado y sus principales componentes

La problemática del proceso de inyección de grasa en las máquinas para conector de bolsa de aire, que fue manifestado por personal técnico de Furukawa, este radicaba en que "el sistema está funcionando adecuadamente dosificando la cantidad de grasa requerida y después de cierto tiempo (variable), el sistema empieza a manifestar fallas, no inyectando la cantidad de grasa requerida" observándose al mismo tiempo aire en las mangueras de suministro.

En base a esta información se podría decir que la falla del sistema de inyección al parecer era aleatoria, por lo que se requiere identificar que está causando dicha falla.

De tal forma y después de varias visitas a la planta, el grupo de investigadores en conjunto con los ingenieros de Furukawa se entiende que el problema lo está ocasionando una combinación de causas que se indican a continuación.

- 1) Los cartuchos de grasa que se muestran en la Figura 5, contienen pequeñas cantidades de aire en forma de diminutas burbujas, las cuales se encuentran mezcladas con el fluido (grasa), que son inyectadas al sistema, durante el proceso de engrasado.
- 2) Durante la parte final del proceso de inyección de grasa y una vez que esta se deposita, al retraerse el pistón del sistema, se ocasiona succión permitiendo el ingreso de pequeñas cantidades de aire a la línea de grasa.

La combinación de las infiltraciones de aire tanto en el cartucho inyección, como durante el retroceso del pistón en los dosificadores, ocasiona acumulamiento de aire que en el tiempo, si no se libera, ocasionará un incremento de presión interna en el sistema que impide que la grasa fluya adecuadamente en el mismo, causando fallas del proceso

4.4 Comentarios y recomendaciones.

En base a la información analizada el equipo multifuncional se recomendó a instalar sensores de presión tanto en la inyección (descarga de la grasa) como en la línea que sale del *by-pass* para liberar la presión, con la finalidad de poder efectuar un análisis en base a datos de presión, ya que a la fecha solo se tiene el dato de la presión de inyección de la grasa hacia los dispensadores. Por otra parte, es necesario efectuar un análisis del sistema actual de inyección desde la preparación de los cartuchos, que pudieran ser sustituidos por un depósito más adecuado para evitar en lo posible infiltración de aire y falla de los cartuchos mismos. Adicionalmente, se recomendó la instalación de una válvula liberadora de la presión de aire infiltrado en el interior del sistema, es decir como la propuesta que se presenta en forma esquemática en el sistema siguiente (Figura 6), en el cual se purga la presión y se reestablece en forma esquemática en el ciclo.

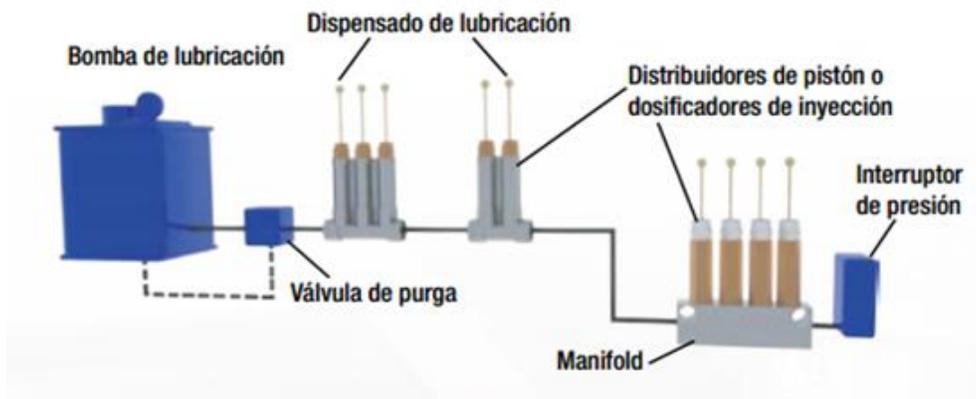


Figura 6. Sistema de purga a presión

En este ciclo, se propondría una línea simple en paralelo, que incluya distribuidores de pistón e inyectores para dispensar la cantidad correcta de grasa en el momento correcto a la máquina. Y con un monitoreo básico del sistema, se puede proteger a esta del calor, daños por fricción u otros problemas. Una descripción de esta propuesta es que en el sistema paralelo de línea simple, la bomba genera presión para activar el pistón de dosificación y para dispensar la cantidad correcta de lubricante. Una vez que el interruptor de presión o el tiempo de ejecución del sistema hayan terminado, se reinicia el sistema de purga y la presión aplicada por la bomba, quedando en condiciones iniciales para comenzar el nuevo ciclo

Por último se recomendó realizar un análisis de laboratorio de las propiedades y características de la grasa especialmente la viscosidad.

4.5. Prueba eléctrica para verificación de posición neutral.

Otras de las actividades realizadas entre el equipo Furukawa instituto de ingeniería UABC, fue la búsqueda de una prueba eléctrica para definir la posición neutral en el conector de bolsa de aire, tradicionalmente Furukawa realiza esta prueba a través de un sistema mecánico, pero aquí la misión era encontrar un método alternativo eléctricamente hablando para la realización de dicha prueba. El equipo e IDT de Furukawa previamente había desarrollada un dispositivo eléctrico, pero este era muy sensible al ruido ambiental por lo cual las mediciones no eran confiables. Dicha prueba consistía en realizar una prueba de inductancia con un medidor Quadtech digibridge

1715 LCR. Básicamente, se verifica la propiedad de la bobina para oponerse a cualquier cambio en la corriente a través de ella, tomando en consideración que si las vueltas de los cables se encuentran extendidas, la intensidad del campo electromagnético será menor por lo que la inductancia presentará una tendencia a disminuir. La unidad de medida utilizada son los Henrios (H).

En la siguiente ilustración (Figura 7) se observa la conexión del dispositivo bajo medición utilizando un set de cables BNC a kelvin clips. Los kelvin clips rojos (Hcur/Hpot) están conectados al lado alto del SRC (lado volante), y los kelvin clips negros (Lcur/Lpot) al lado bajo del SRC (lado columna). Cada kelvin clip tiene como salida a un conector de acople, el cual entrara en el cuerpo del SRC midiendo la inductancia únicamente en los circuitos 5 y 6 de cada lado.



Figura 7 Conexión de dispositivo bajo prueba.

Como siguiente paso Se tomaron 30 muestras por cada una de las posiciones posibles del SRC para comparar las mediciones de inductancia (μH) partiendo siempre de la posición neutral, todos estos resultados se graficaron como se muestra en la Figura 8.

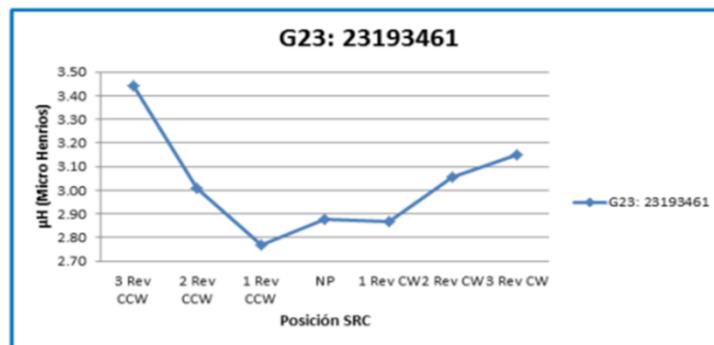


Figura 8 Grafica de resultados de posición del dispositivo bajo prueba.

Como se puede observar en la fig. 8, dependiendo de la posición del SRC, el gráfico tiende a formar una “U”. La problemática que se puede observar es que la diferencia entre los valores en posición neutral y 1 revolución CW o CCW es mínima, por lo que existe la posibilidad de que una pieza sobre rotada con 1 vuelta pase como buena por el medidor de inductancia.

4.6. Comentarios y recomendaciones.

Si se desea continuar con la misma metodología para la validación de la posición neutral del SRC se deberá considerarse blindar adecuadamente el espacio para la medición de inductancia. También es importante determinar la configuración más adecuada del instrumento de medición es decir Frecuencia de prueba, Amplitud de Voltaje de CA, longitud y forma de los conductores de las puntas de prueba.

Otra solución puede implicar una modificación en el componente SRC la cual permita determinar la posición neutral mediante la medición de otra magnitud que no sea la inductancia. Una modificación propuesta es determinar posición neutral por visión computacional la cual posiblemente no requiera de un cambio sustancial en el diseño del componente.

También como solución se pueden hacer pruebas de estabilidad en la medición de inductancia agregando un núcleo de ferrita removible al SRC. Es importante caracterizar el SRC al usar núcleos de ferrita en busca de determinar un estándar en la medición que permita asegurar que el SRC quede en posición neutral.

Una última alternativa de solución es desarrollar con instrumentación virtual un sistema de prueba con un algoritmo de medición que permita obtener mediciones más confiables.

4.7 Proyecto CONACYT 2016

Nombre del proyecto:

“DESARROLLO DE NUEVO PROCESO PARA LA MANUFACTURA DE CONECTOR DE BOLSA DE AIRE”

El proyecto consistió en el diseño, desarrollo tecnológico e implementación del nuevo proceso para manufactura de conectores de bolsa de aire de alta eficiencia (mayor número de circuitos por unidad de área de cable plano o bien el mismo número de circuitos con menor área de cable plano), logrando incrementar el número de circuitos por conector o bien reducir el ancho de cable plano que se utiliza manteniendo el mismo número de circuitos, en donde se destaca el diseño y desarrollo de equipos prototipos y sistemas de control siguientes:

- 1) Soldadora para cable plano (para calibre de 0.5 mm) a través de soldadura resistiva (alta corriente 1000 a 1400 amperes). con sistema de inspección y destrucción automática de piezas no conformantes.
- 2) Equipo de mecanizado laser para la perforación de cable plano flexible (FFC).
- 3) Sistema automatizado de inspección a través de visión y actuación para cable plano flexible.
- 4) Diseño y desarrollo de barra de conexión para cable plano de calibre 0.5 mm.
- 5) Dispositivo de corte de cable plano para obtener calibre de 0.5 mm.

Como parte de la innovación, y pruebas del nuevo proceso, se desarrollaron y obtuvieron 2 nuevos conectores de bolsa de aire para la industria automotriz con cable plano de alta eficiencia, logrando en uno de ellos la reducción del costo al disminuir el uso de cable plano manteniendo el mismo número de circuitos y en el otro obteniendo un crecimiento en el número de circuitos de 16 a 24.

Las actividades realizadas por parte de la institución vinculada, esto es, el instituto de ingeniería de la UABC, fueron las que a continuación se describen:

- 1) Validación de pruebas físicas de soldado de conductores de cable plano y análisis microestructural de soldadura resistiva.
- 2) Optimización de parámetros de entrada para el proceso de soldadura resistivo (Spot welding) y análisis de impurezas obtenidas por el proceso de fusión.
- 3) Asesoría de diseño de máquina de soldado resistivo.
- 4) Análisis de las materias primas (químico y de superficie) para uso en el proceso de desarrollo de la barra de conexión y del cable plano.
- 5) Asesoría en el desarrollo tecnológico en el diseño del prototipo de sistema de inspección.
- 6) Asesoría en el desarrollo tecnológico en el diseño del prototipo de perforación de cable plano.

Es muy importante resaltar que debido a las nuevas especificaciones de producto de los clientes de Furukawa México, durante el desarrollo de este nuevo producto se replanteo la utilización de los métodos de soldadura tradicionales, ya que estos probablemente no podrían ser utilizados, de tal manera que se llevó a cabo un análisis general así como las validaciones pertinentes de los posibles métodos alternos así como también sus validaciones para cumplir con dichos nuevos requerimientos, dichos métodos de soldadura serán también caso de estudio en este proyecto.

De la misma manera los equipos y las validaciones de las nuevas tecnologías y productos, se hacía imperativo, contar con un laboratorio de análisis de materiales para llevar a cabo todos estos estudios, y así responder en tiempo y forma nuestras necesidades para cumplir con todos los requerimientos, de aquí la idea de la creación de nuestro “ Laboratorio de Análisis de Materiales Furukawa México” el cual es un laboratorio compartido y desarrollado en conjunto con el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

4.8. Métodos de Soldadura para cable plano (30-35 μM)

4.8.1 Introducción

Como parte de la estrategia de crecimiento de mercado de Furukawa México, así como para poder satisfacer las necesidades actuales y futuras de nuestros clientes, esto con respecto al número de circuitos que podemos introducir en los conectores de bolsa de aire, se vuelve de suma importancia y clave el decremento en tamaño, especialmente grosor de nuestro producto (Cuerpo) lo que conlleva a una reducción de tamaño también en las barras de cobre (Busbar) lo que a su vez trae como consecuencia una reducción de grosor también de los trazos de cobre Cable Plano (FFC) que posteriormente se estarán soldando a dicha barra de cobre, para obtener la unión física única de contacto, lo cual nos permitirá llevar la comunicación de los controles del volante a sus respectivos periféricos (Radio, control automático de velocidad, bolsa de aire etc.) Es importante destacar que aparte de la búsqueda de la solución al problema antes planteado en la misma tecnología actual (Soldado por ultrasonido) también se estarán explorando nuevas tecnologías de soldado tales soldaduras son por láser, así como soldadura por resistencia (Spot Welding). En todos los casos es primordial contar con los métodos equipos y personal para llevar a cabo las validaciones de producto, especialmente en aquellos que se esté realizando un cambio mayor o diferente con respecto al proceso actual de ultrasonido. Todos estos análisis y pruebas son esenciales para la aprobación por parte de nuestros clientes, así como nuestra matriz en Japón.

4.8.2 Soldadura por tecnología láser.

Este es un proceso **de no contacto** que requiere acceso a la zona de soldado de **sólo un lado de las partes que se sueldan**. El soldado por láser se forma a medida que la intensa luz del láser calienta rápidamente el material, lo que se calcula típicamente en milésimas de segundo.

En la soldadura láser no se utiliza aportación de ningún material externo, por lo que la soldadura se realiza únicamente por la fusión de la zona a soldar. Mediante espejos se focaliza toda la energía del láser en una zona extremadamente reducida del material. Debido a la gran energía aportada incluso después que el material llegue a la temperatura de fusión, se produce la ionización de la mezcla del material fundido con los vapores generados en el proceso (formación de plasma). La capacidad de absorción energética del plasma es mayor incluso que la del material fundido, por lo que prácticamente toda la energía del láser se transmite directamente y sin pérdidas al material a soldar. La alta temperatura causada por la absorción de energía del plasma continúa mientras se produce el movimiento del cabezal rodeada con material fundido a lo largo de todo el cordón de soldadura. El siguiente diagrama muestre un proceso de soldado laser característico. Figura 9.

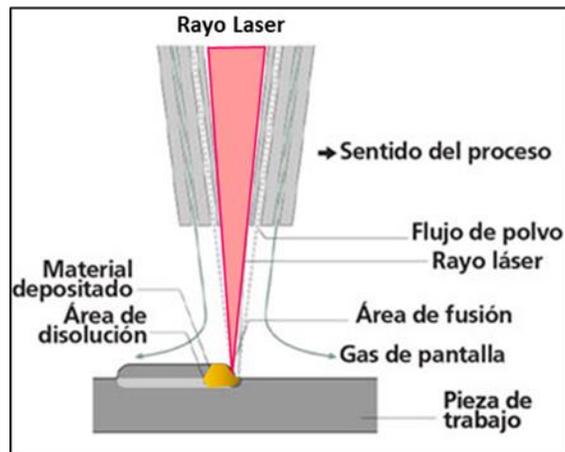


Figura 9 Esquema básico de dimensión.

4.9 Caso de Aplicación

En el caso Furukawa y no solo en la planta de de Mexicali sino a nivel global, este es un método de soldado completamente nuevo, debido a esto se hace más importante la fabricación de prototipos así como su respectiva validación a nivel proceso. Para nuestro caso de aplicación particular en, se trabajó con un proveedor de nombre

TRUMPHF (www.trumphf.com) localizado en Plymouth Michigan, después de los análisis preliminares de materiales a soldar (cable flexible de cobre CU de 30micrones de espesor y barra de cobre Cu de .33 mm de espesor) se decidió utiliza un láser conocido como true pulse con las características que se muestran en la tabla 4

Process Parameter	Specs.
Laser Device	True Pulse
Wavelength	1064 nm
Lase Color	Not visible for human eyes
Pulse Power (KW)	1-4.5
Pulse duration (ms)	0.5 - 2
Welding depth (mm)	Fusion
Joint Preparartion	Fixture
Type of Joint	Lap
Process time	.27S (8 Spot Welds)

Tabla 4 características de laser true pulse.

Como objetivo principal se buscaba una soldadura con las características visuales que se muestran en la Figura 10, la cual denota uniformidad y no daños en las áreas soldadas

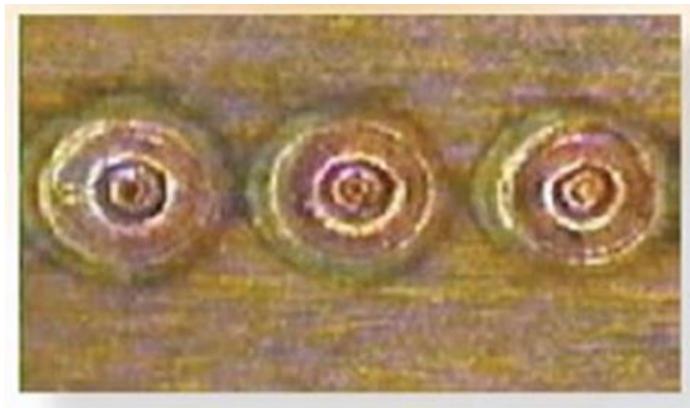


Figura 10 Soldadura esperada para soldado laser.

A continuación, se mencionan algunas ventajas y desventajas (Fig.11) de la utilización de soldadura por tecnología láser, es importante mencionar que este tipo de tecnología nunca había sido utilizada por cualquier compañía del grupo Furukawa Electric a nivel global.



DESVENTAJAS

- 1) Se requiere contacto absoluto metal a metal.
- 2) Nunca antes utilizada por Furukawa (Nivel global)
- 2) Puede requerir validaciones extensas para comprobar su confiabilidad.

VENTAJAS

- 1) Alta velocidad de soldado menor de 75ms
- 2) Una unidad puede soportar 6 estaciones de soldado actual.
- 3) Bajo costo de mantenimiento
- 4) Posibilidad de mejorar la calidad de soldadura (No contacto físico).



Figura 11 Ventajas y desventajas de soldadura laser.

4.10. Procedimiento.

A continuación, utilizando la tecnología antes mencionada se llevaron a cabo algunas pruebas a nivel laboratorio utilizando cable plano (FFC) de cobre de 35 micrones de espesor para soldarse en barra de cobre (Busbar) .33 mm de espesor. Para la

colocación de las partes a soldar se su correcta posición, se utilizó un sistema de palanca diseñado especialmente para esta aplicación (Figura12)

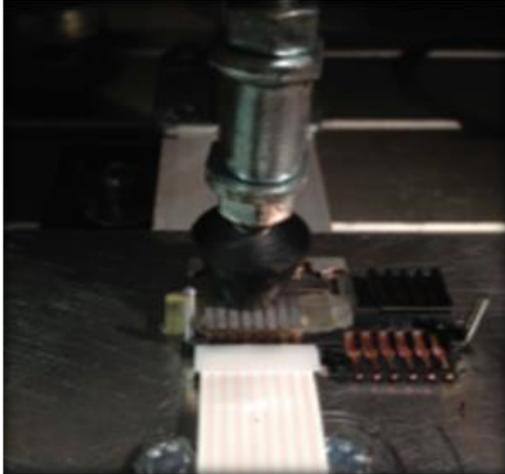


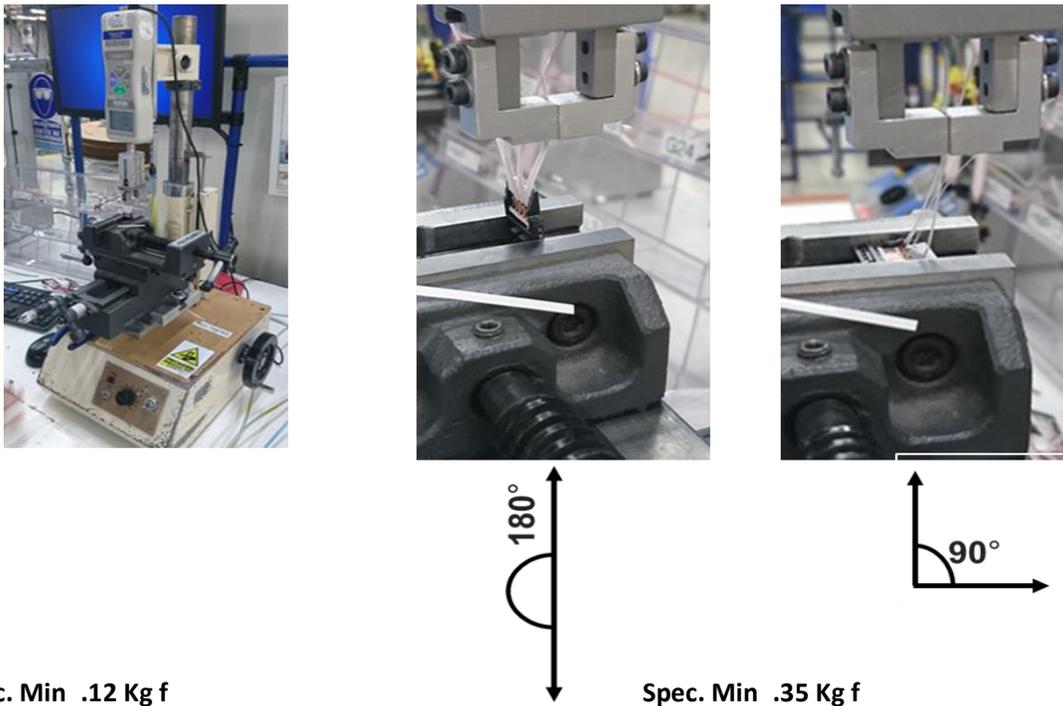
Figura 12 Sistema de sujeción de cable plano (FFC) y barra de cobre (Busbar), de acuerdo al principio de aplicación de la soldadura laser, se buscó que las dos partes a soldar estuvieran en perfecta unión y evitar la penetración de cualquier elemento entre ambas especialmente oxígeno o cualquier otro elemento aislante.

Después de dicha preparación, se soldaron las piezas, las cuales tuvieron mucha inconsistencia entre ellas, aunque el equipo utilizado y los parámetros fueron los mismos, como se pueden observar en la Figura13, las diferencias fueron desde fusión excesiva, fusión incompleta hasta unas soldaduras con fusión cero.



Figura13 Muestras físicas de soldadura laser.

Como siguiente paso y aunque los resultados visuales no fueron satisfactorios, se procedió a la siguiente prueba, la cual consiste en probar la tensión de cable plano (FFC) contra la barra de cobre (busbar), esta se valida de dos maneras, una que es perpendicular (90 grados entre el cable plano y la barra de cobre) la cual llamaremos peel y la otra en la que el cable plano (FFC) y barra de cobre se encuentran paralelas entre sí, la cual llamaremos tensión. (Figura14)



Spec. Min .12 Kg f

Spec. Min .35 Kg f

PEEL			
Muestra #1		Muestra #1	
Posicion	Resultado	Posicion	Resultado
1	0.19	1	0.15
2	0.13	2	0.12
3	0.09	3	0.33
4	0.09	4	0.12
5	0.1	5	0.2
6	0.13	6	0.16
7	0.15	7	0.1
8	0.14	8	0.17

TENSION			
Muestra #1		Muestra #1	
Posicion	Resultado	Posicion	Resultado
1	0.58	1	0.67
2	0.48	2	0.53
3	0.64	3	0.48
4	0.49	4	0.5
5	0.42	5	0.38
6	0.43	6	0.5
7	0.35	7	0.29
8	0.47	8	0.21

Figura14. Pruebas de peel y tensión así como resultados de primeras muestras.

Como era de esperarse de acuerdo a los resultados visuales anteriormente mencionados, así como mostrados, los valores de peel y tensión no fueron satisfactorios, es importante mencionar que estos fueron comparados con las especificaciones que actualmente se utilizan en el proceso de soldado por ultrasonido, para los mismos materiales, así como mismas dimensiones. De la misma manera los análisis a nivel microscópico de las fusiones de cobre-cobre se llevaron a cabo por el Instituto de ingeniería de la UABC, a continuación, se muestran algunas de las fotografías obtenidas (Figura 15) así como los resultados de dichos análisis.

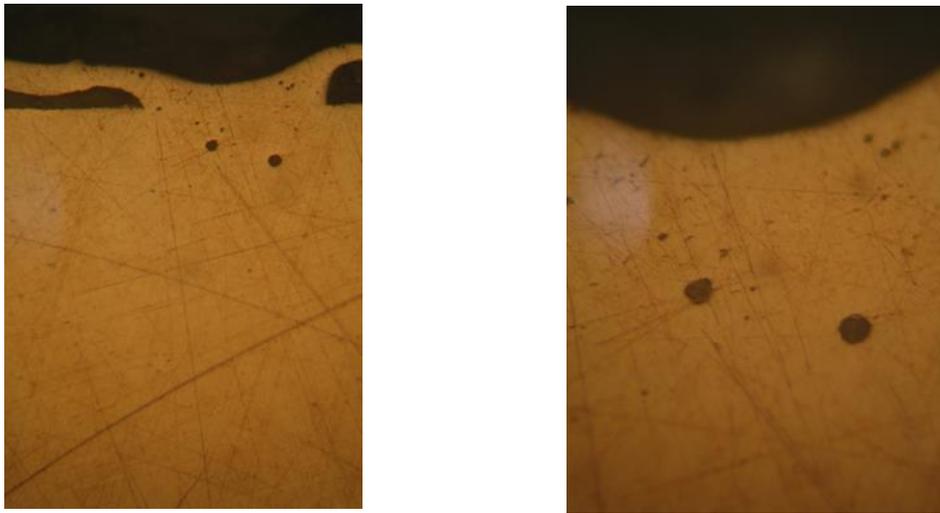


Figura 15. Fotografías a nivel microscópico de las pruebas de soldado láser

Para el caso de soldadura laser, como se lleva a cabo en proceso de fusión, el comportamiento de los materiales de unión es muy diferente a los de difusión en el estado sólido, la soldadura por láser tiene un problema que es el control de la atmosfera, así como la reacción de los elementos de aleación de las partes metálicas involucradas. El proceso por soldadura laser provoca porosidad por la intensidad del láser (alrededor de 400 KW), y el espesor de la placa a unir ($30 \mu\text{M}$), comparada con la de la base, es muy gruesa, por lo que se requiere aumentar la intensidad del láser

para llevar a cabo la fusión de ambos materiales, y con esto la generación de porosidad o llegar a perforar la placa de cobre, aparentando una soldadura.

El cráter que genera la soldadura laser, es indicativo de una pobre soldadura, ya que es probable que perfora la placa de cobre, disminuyendo la resistencia de unión. El principal problema que presentan las imágenes de la sección transversal de las figuras anteriores es la porosidad, disminuyendo la calidad de la unión y por ende la resistencia a los esfuerzos cortantes. Las altas temperaturas también alteran las propiedades de los materiales, disminuyendo la elasticidad y plasticidad de la placa de cobre.

4.11. Análisis de resultados y conclusiones

Al analizar toda la información y sobre todo la inconsistencia de la soldadura visualmente hablando, se encontró que el láser utilizado tenía una longitud de onda de 1064 nanómetros, el cual de acuerdo a la tabla de la Figura 16 tiene un coeficiente de absorción muy bajo (alrededor del 10%) lo cual significa que el cobre al ser atacado por el láser lo reflejaba en gran parte de su totalidad, de ahí las inconsistencias en el tipo de soldadura y los bajos resultados tanto en peel como en tensión, esto es, el proceso de fusión se daba de una manera no constante.

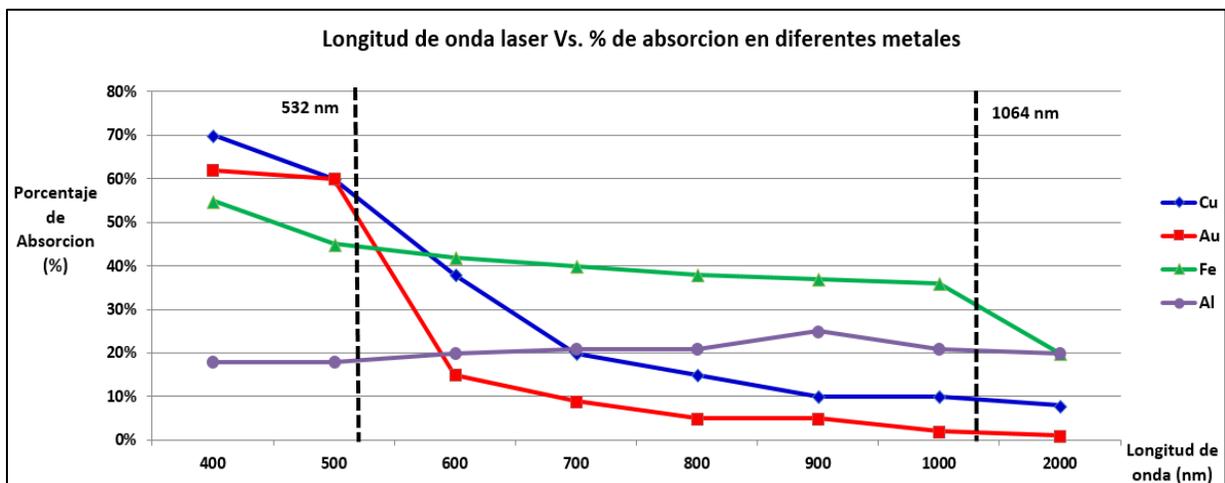


Figura 16. Longitud de onda Vs. coeficiente de absorción.

Como posibles alternativas a dichos resultados se propuso la utilización de un rayo láser verde el cual tiene una longitud de onda de alrededor de 532 nanómetros, de acuerdo a la tabla de la Figura 16 antes mencionada, el cobre tendría un coeficiente de absorción de 60% aproximadamente (mucho mayor que el anterior), lo cual reduciría la reflexión del láser y por lo tanto se mejoraría el proceso de fusión entre los materiales.

4.12. Proceso de soldado por alta corriente (soldadura resistiva).

En proceso de soldado por alta corriente se hace pasar una corriente por los electrodos a través de la pieza a soldar. La estabilidad en la continuidad de la corriente está en relación directa por la fuerza aplicada en los electrodos. El primer requerimiento en la secuencia de operaciones es desarrollar el suficiente calor para obtener un volumen confinado de metal para el estado de fundido. Después de este proceso el metal fundido se enfría, pero los electrodos no se retiran hasta confirmar la unión física de materiales. La densidad de corriente y la presión debe de ser lo suficientemente alta para formar un nudo, pero este no debe de ser lo suficientemente grande para que se salga el material fundido de la zona de soldado. La duración de la corriente de soldado debe de ser muy precisa para prevenir calor excesivo del electrodo, esto para no dañar las caras del mismo y reducir su periodo de vida. Como se ha mencionado el calor en la soldadura resistiva es producido por el flujo de corriente eléctrica a través de la resistencia eléctrica de las partes a soldar. Debido a que los metales tienen una resistencia relativamente baja, la corriente de soldado debe de ser relativamente alta para producir suficiente calor para desarrollar temperaturas de soldado en el área deseada. La corriente de soldado también debe de ser mayor que la pérdida de calor producida por las condiciones térmicas en las piezas a soldar y pérdida del relativo enfriamiento en los electrodos en contacto con dichas piezas.

La Figura 17 muestra un esquema típico de soldado por alta corriente.

La cantidad de calor generado en un conductor eléctrico depende de los siguientes factores:

1. Amperaje.
2. Resistencia del conductor (incluyendo resistencia de interface) y
3. Duración del paso de la corriente.

Estos tres factores afectan la generación de calor, como se expresa en la siguiente formula

$$Q = I^2 R t$$

Donde:

Q = Es el calor generado en Julios (J).

I = Corriente en Amperes. (A)

R = Resistencia de piezas a soldar en Ohms (Ω)

t = Duración de la corriente, Segundos (s).

El calor generado es proporcional al cuadrado de la corriente de soldado y directamente proporcional a la resistencia y tiempo.

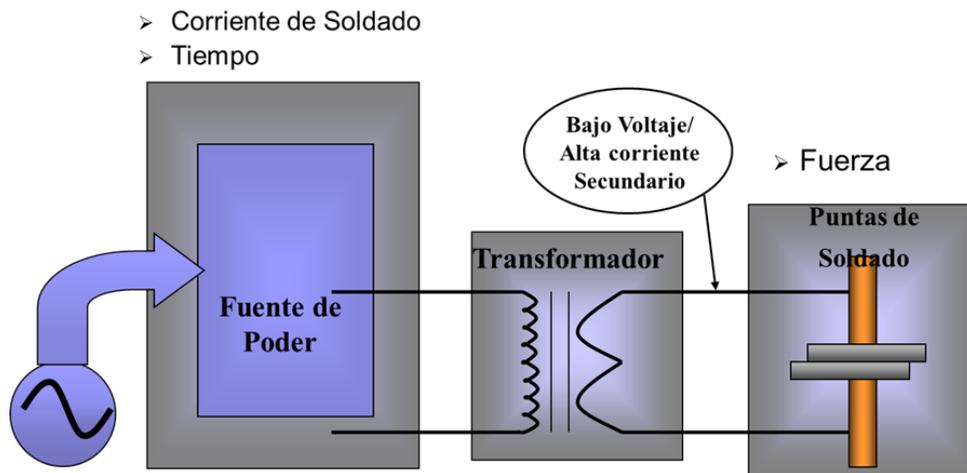


Figura 17 Esquema típico de soldado por alta corriente.

Para entender mejor este proceso a continuación describiremos brevemente como se desarrolla el mismo paso a paso.

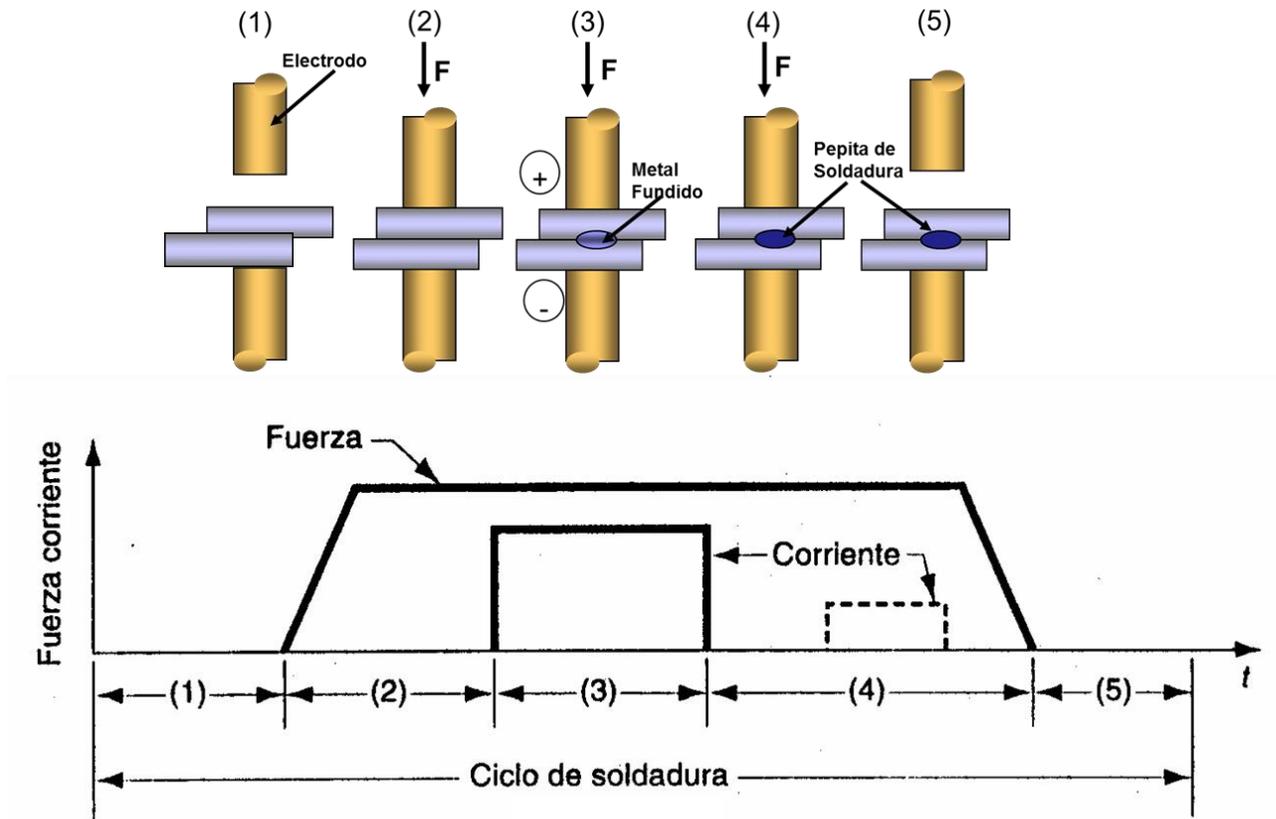


Figura 18 Proceso de soldado por alta corriente paso a paso.

La Figura 18 muestra los pasos en un ciclo de soldadura resistiva, y la gráfica de la fuerza de presión y la corriente durante el Ciclo. La secuencia es: (1) partes insertadas entre los electrodos abiertos, (2) los electrodos se cierran y se aplica una fuerza, (3) tiempo de soldadura (se activa la corriente), (4) se desactiva la corriente, pero se mantiene o se aumenta la fuerza (en ocasiones se aumenta una corriente reducida cerca del final de este paso para liberar la tensión en la región de la soldadura) y (5) se abren los electrodos y se remueve el ensamble soldado.

4.13. Caso de aplicación Furukawa.

Como siguiente actividad se procedió con la caracterización del proceso, las primeras corridas se llevaron a cabo en una máquina construida en el laboratorio de Diseño de Furukawa México, esta máquina fue desarrollada con tecnología de Amada Miyachi los cuales son expertos en soldadura resistiva, como resultado de esta alianza fue como localmente construimos nuestra primera máquina de soldado resistivo, de la misma manera es importante mencionar que estas corridas fueron hechas con trazos de cobre de .7mm (Cable Plano) lo cual se mencionó al principio y es uno de nuestros objetivos para desarrollar nuestros nuevos productos y mantenernos a la vanguardia en el mercado con nuestros clientes. A continuación en la Figura 19, se muestran las pruebas y los resultados de la utilización de esta nueva tecnología de soldadura resistiva aplicada a nuestros trazos de cobre (Cable plano).

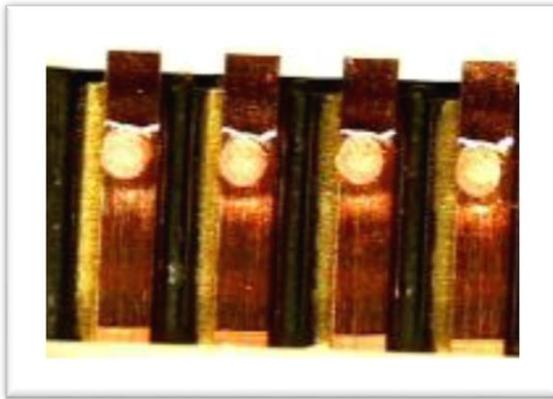
Fig. 19 tabla de resultados de soldadura por alta corriente.

PEEL								
No.	Steering Side							
	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
1	0.27	0.25	0.25	0.22	0.24	0.28	0.29	0.27
2	0.30	0.32	0.25	0.26	0.27	0.32	0.30	0.34
3	0.28	0.27	0.27	0.30	0.21	0.27	0.22	0.27
4	0.27	0.35	0.23	0.30	0.27	0.30	0.32	0.30

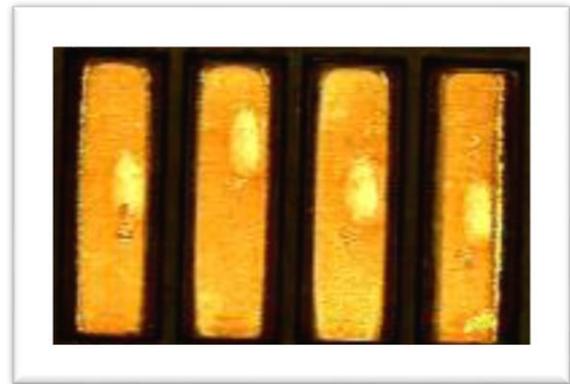
Especificación Mínima .12 Kg F

TENSION								
No.	Column Side							
	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
1	0.69	0.62	0.69	0.67	0.60	0.72	0.77	0.65
2	0.65	0.76	0.72	0.73	0.77	0.72	0.75	0.73
3	0.65	0.66	0.68	0.66	0.69	0.70	0.70	0.77
4	0.75	0.79	0.75	0.72	0.71	0.70	0.76	0.75

Especificación Mínima .35 Kg F



Cara Superior



Cara Inferior

Figura 20 Aspecto visual de la soldadura por alta corriente.

4.14. Análisis de resultados.

Después de observarse que los valores estuvieron dentro de las especificaciones y que las condiciones visuales (Figura 20) fueron las correctas se procedió con un análisis de corte transversal para confirmar la correcta unión física y así asegurar la calidad de dicha soldadura, este análisis se llevó a cabo con equipo especializado.

Como siguiente prueba se llevaron a cabo las corridas de piezas para la obtención de valores de CPK, dando estos valores satisfactorios, arriba de 1.6 tanto para peel como para tensión. (Figura 21)

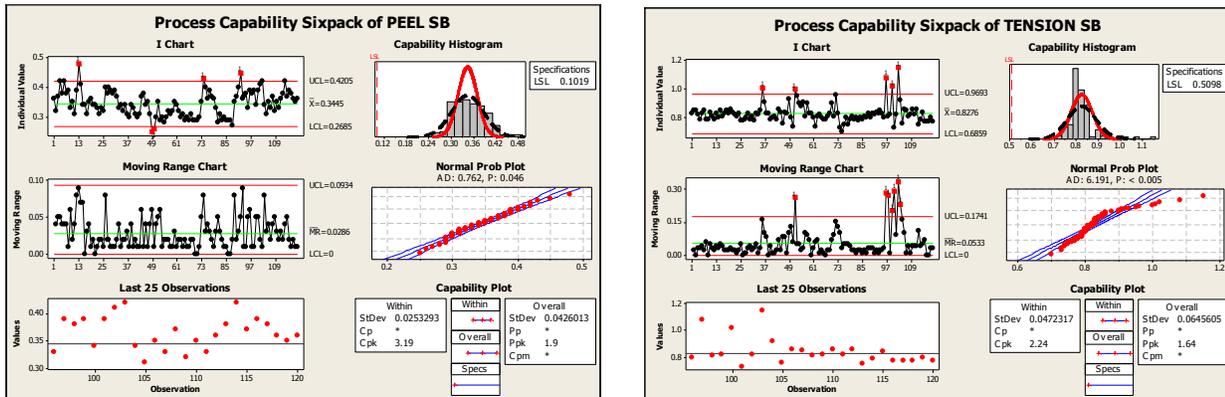


Figura 21 CPK's de peel y tensión para piezas soldadas por alta corriente.

4.15. Experimento de soldado Vs. Contaminación.

Como parte de una de las validaciones de esta nueva tecnología de soldado, se llevaron a cabo una serie de pruebas, especialmente aquellas que afectan el proceso tradicional de soldado que es el de ultrasonido, aplicando algunos elementos contaminantes en el área de soldado, los elementos utilizados fueron, aceite ,grasa, agua, y crema para las manos. Como se puede observar en la Figura 22 ninguna de estas condiciones afecto al proceso de soldado y todas las muestras resultaron dentro de especificación

Experimento de Soldado por contaminación

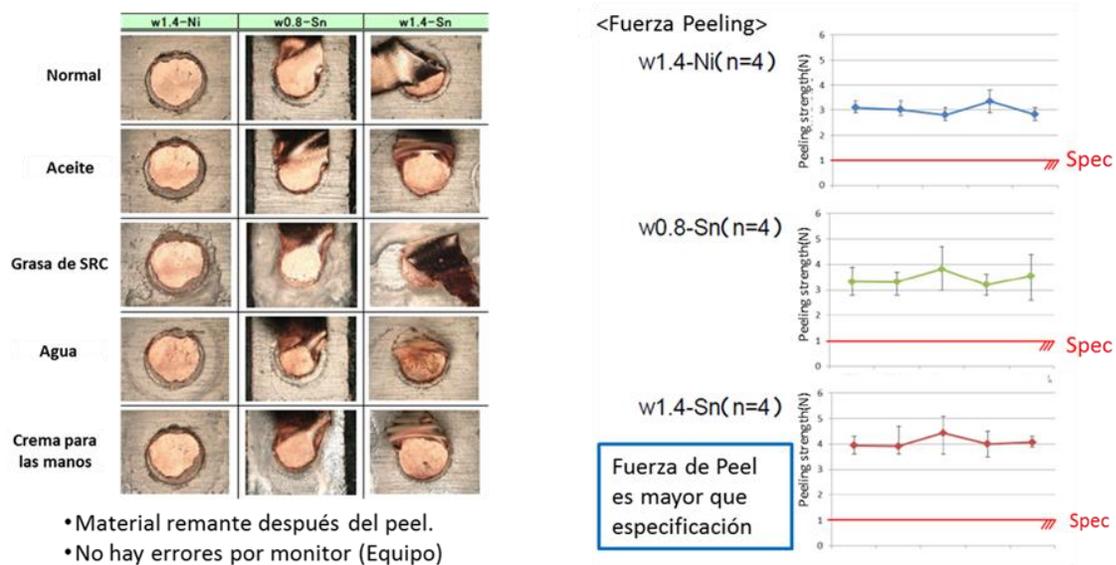


Figura 22 Resultados visuales, peel y tensión por contaminantes.

Como se puede observar en la Figura. 22 para este tipo de pruebas el desempeño de la soldadura por alta resistencia es mejor que la de ultrasonido, ya que en el caso del ultrasonido todas estas condiciones favorecen a un mal proceso.

Como resultado final de esta prueba podemos decir que este proceso de soldado es mejor que la soldadura tradicional por ultrasonido,

4.16. Experimento de soldado Vs. Oxidación.

De la misma manera que se llevó a cabo el experimento de soldado por contaminación (Agentes externos) se procedió a realizar una prueba para ver como el grado de oxidación en la barra de cobre a soldar el cable plano se veía afectado, para esta prueba se tomo material con diferentes fechas de manufactura desde 10 meses hasta 17 años todos estos materiales presentaban una condición visual rojiza debido al proceso de oxidación del cobre.

Como se puede observar en los resultados de la Figura 22 ninguna de las condiciones afecto el proceso de soldado por alta corriente, todas las piezas pasaron las pruebas posteriores de peel y tensión, obviamente dichos valores fueron cayendo con respecto a las piezas con fechas de producción más antiguas pero todas estuvieron dentro de especificación. Al igual que la prueba anterior este proceso de muestra un mejor desempeño que la soldadura tradicional por ultrasonido.

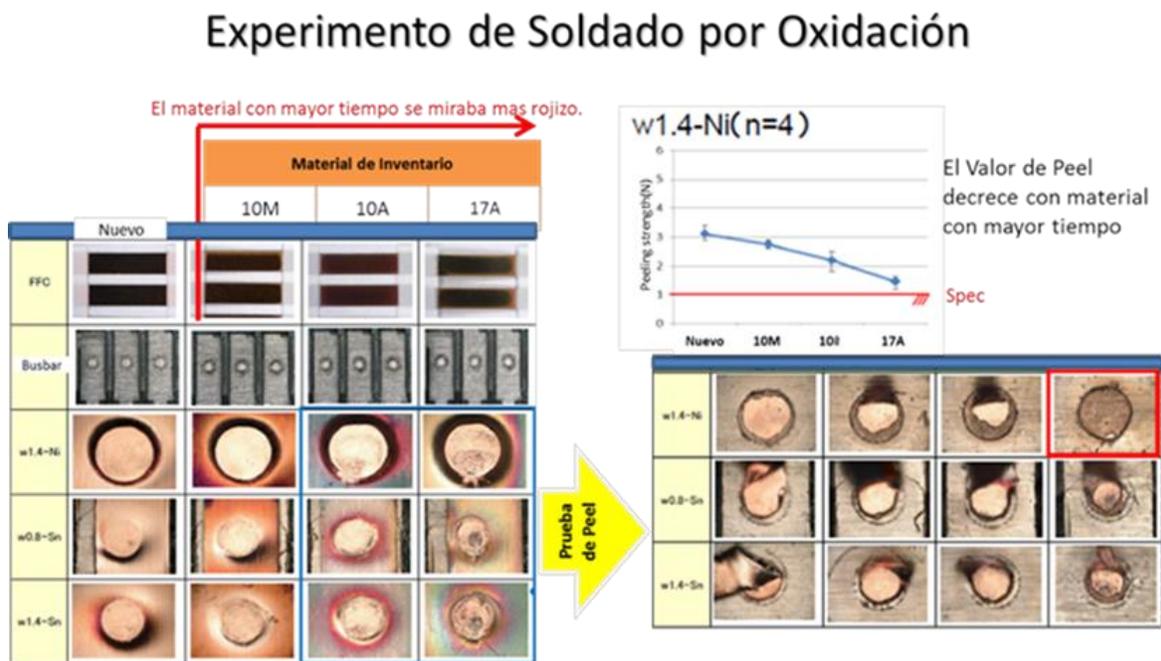


Figura 22. Resultados visuales, peel y tensión por oxidación.

4.17 Soldadura por ultrasonido (Método actual Furukawa)

Como parte inicial de este análisis empezaremos a describir teóricamente los principios que rodean al proceso de soldado por ultrasonido de metales, recordemos que este es el proceso actual que se utiliza en Furukawa México.

La soldadura por ultrasonido es un proceso de soldadura en estado sólido que suelda por la aplicación de vibraciones de energía de alta frecuencia mientras las piezas están siendo sujetas a presión. El siguiente diagrama muestra un diagrama a bloques muestra un equipo de soldado por ultrasonido, así como las partes que lo conforman. Furukawa Japón como corporativo mundial ha usado esta tecnología por más de 25 años y ha desarrollado diferentes tipos de máquinas a través del tiempo, todas ellas mejorando en su desempeño, así como en la reducción de ciclo de tiempo de operación para una mayor optimización. Hasta este momento no se ha utilizado ningún otro tipo de soldadura para soldar el cable plano, cambios en frecuencia de soldado, patrones de sonotrodos y la utilización de otros materiales son los cambios mayores que se han efectuado sobre este proceso a través del tiempo.

A continuación, se muestra un sistema típico de soldado por ultrasonido, así como las partes que lo conforman. (Figura 23)

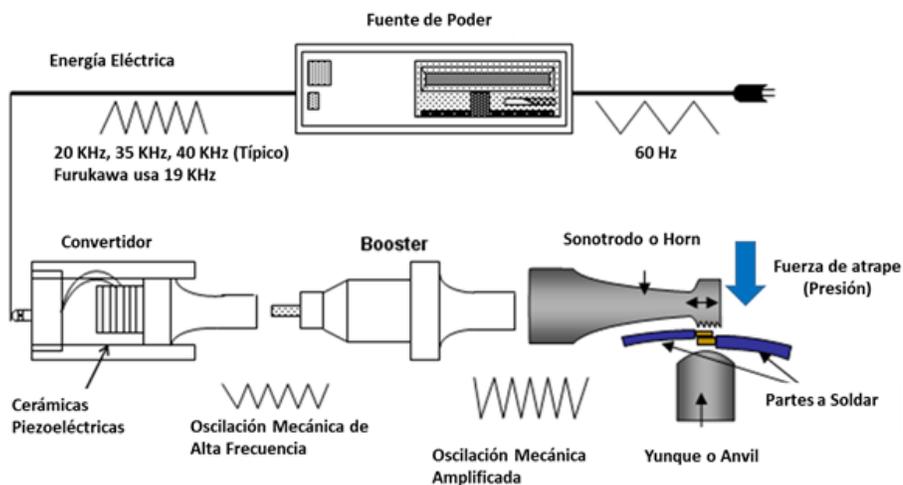


Figura 23. Sistema típico de un proceso por ultrasonido y partes que lo conforman.

El sonotrodo o Horn juega una de las partes más importantes del sistema por ultrasonido, pues es la parte del sistema acústico la cual se apoya en una de las piezas a soldar transmitiendo las vibraciones hasta conseguir la unión entre las dos piezas. El siguiente esquema muestra más claramente cómo se lleva a cabo este proceso entre las partes a soldar. (Figura 24)

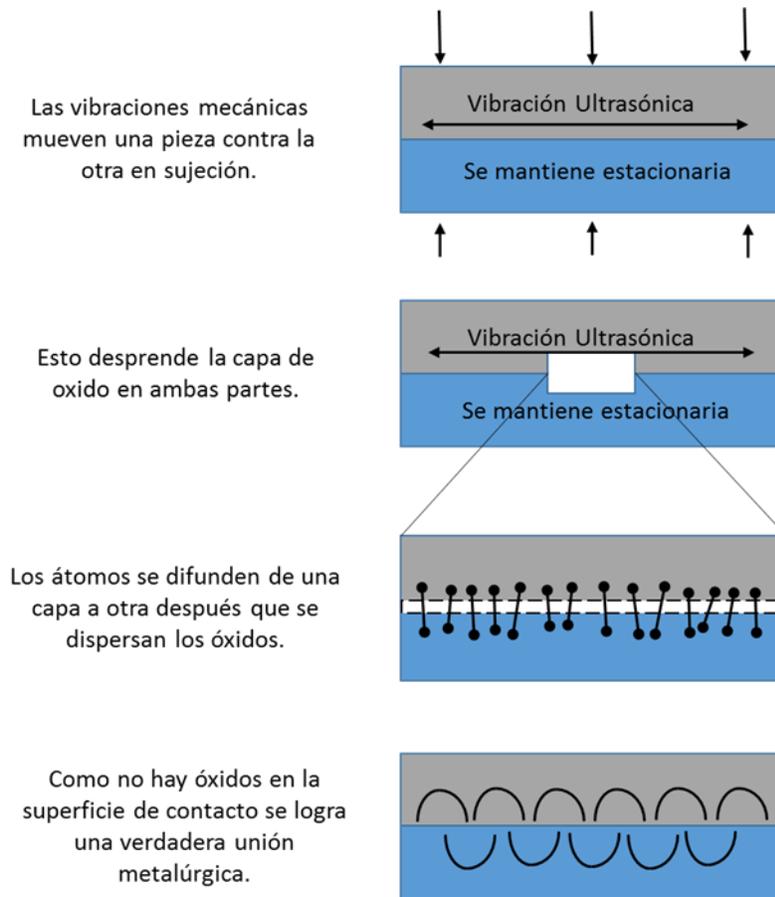


Figura 24 Proceso de soldado por ultrasonido paso a paso.

En el caso de Furukawa México actualmente se utilizan equipos de soldado por ultrasonido los cuales usan sonotrodos que oscilan en la frecuencia de 19 KHz. El patrón de Sonotrodo más pequeño en su ancho actualmente es de .8 mm, para las aplicaciones futuras se pretende utilizar sonotrodos con un ancho de .7 mm. Lo cual es una aplicación nueva no solo para la planta de Mexicali, sino para todo el corporativo

a nivel mundial. Por lo cual es imperativo realizar las pruebas, así como su respectiva validación. En este entendido nuestro laboratorio de Análisis de materiales juega un rol muy importante en dichas validaciones, ya que nos tienen que dar la información suficiente para emitir el juicio que nos permita desarrollar esta nueva tecnología y utilización de estos materiales con dichas especificaciones.

4.18. Caso de aplicación.

Como primer parte de esta validación, el proveedor de sonotrodos realizo las validaciones iniciales al herramental, estas son verificaciones para asegurar que la herramienta se acoplara correctamente a nuestros equipos (19KHz +/- 100 HZ) de acuerdo al análisis realizado por el proveedor el sonotrodo arrojo los siguientes resultados que se observan en la siguiente gráfica. (Figura 25)

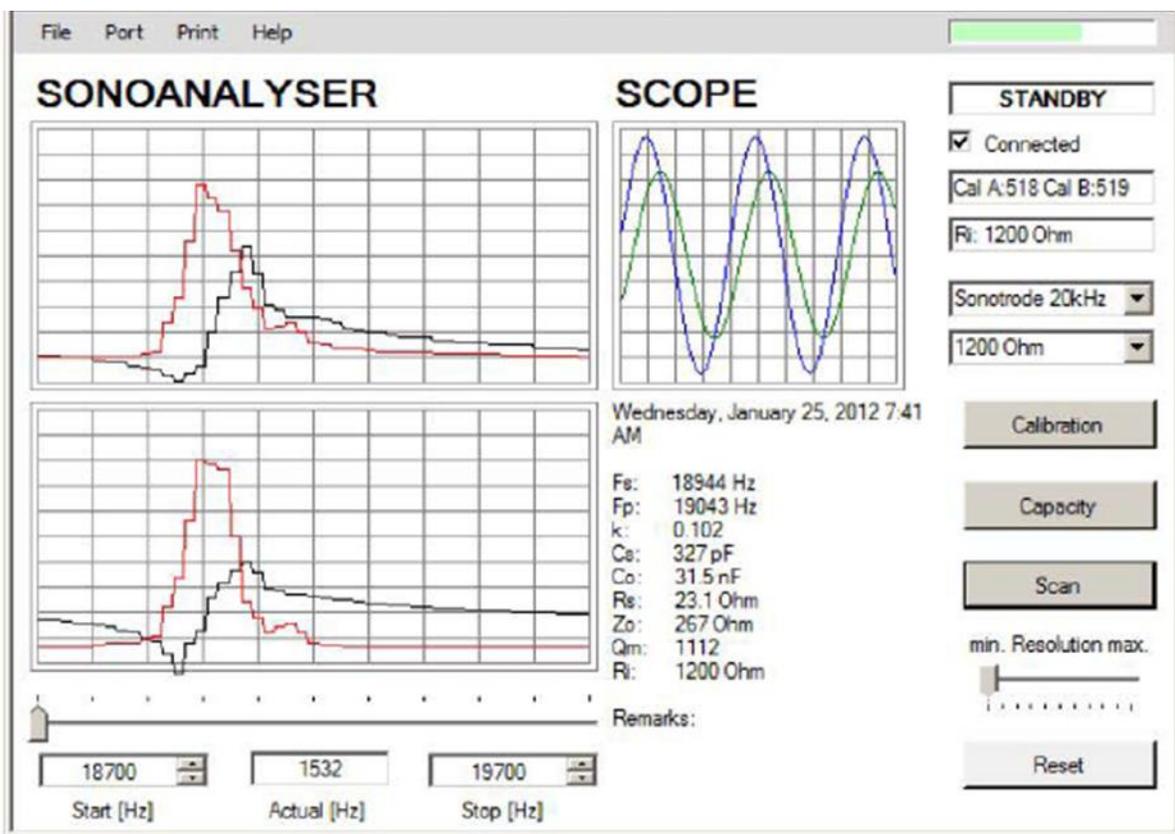


Figura 25 Grafica de sintonía y frecuencia para sonotrodo de .7mm.

Fs es la frecuencia serial y Fp es la frecuencia paralela, aquí lo que nos interesa es la frecuencia de trabajo la cual es el promedio de las dos anteriores $(F_s+F_p)/2$ lo cual nos arroja un resultado de 18.99 KHz, un valor muy cercano a 19 KHz.

Como siguiente paso se procedió a realizar una inspección visual sobre la huella del sonotrodo (Figura 26) para confirmar marcas completas sobre las láminas de cobre y la barra de metal, de la misma manera se comparó dicha huella con un sonotrodo de uso convencional, no se encontraron mayores diferencias como se puede observar en las siguientes fotografías.

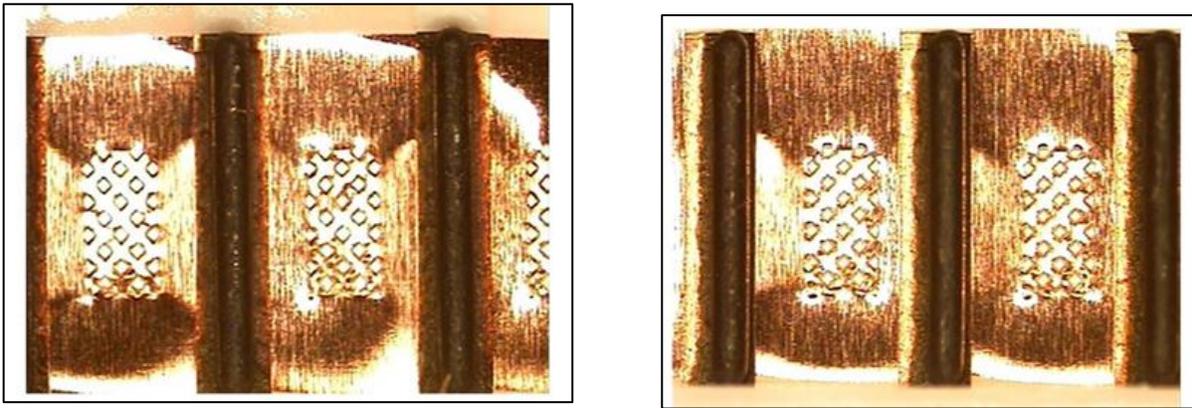


Figura 26 Huella de sonotrodo 19 KHz y .7mm de ancho.

4.19. Procedimiento.

Después de esta inspección se procedió a realizar una corrida de aproximadamente 200 muestras para luego proceder con el estudio de CPK, y compararlo con un sonotrodo japonés de uso actual (.8mm) con el sonotrodo de prueba (.7mm), a continuación se muestran los siguientes resultados.(Figura 27)

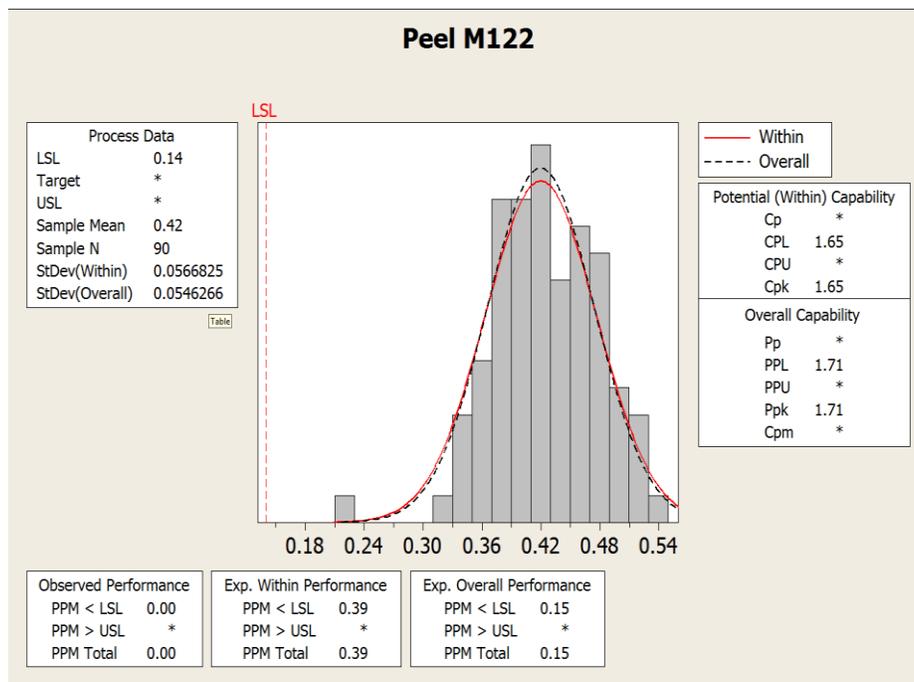
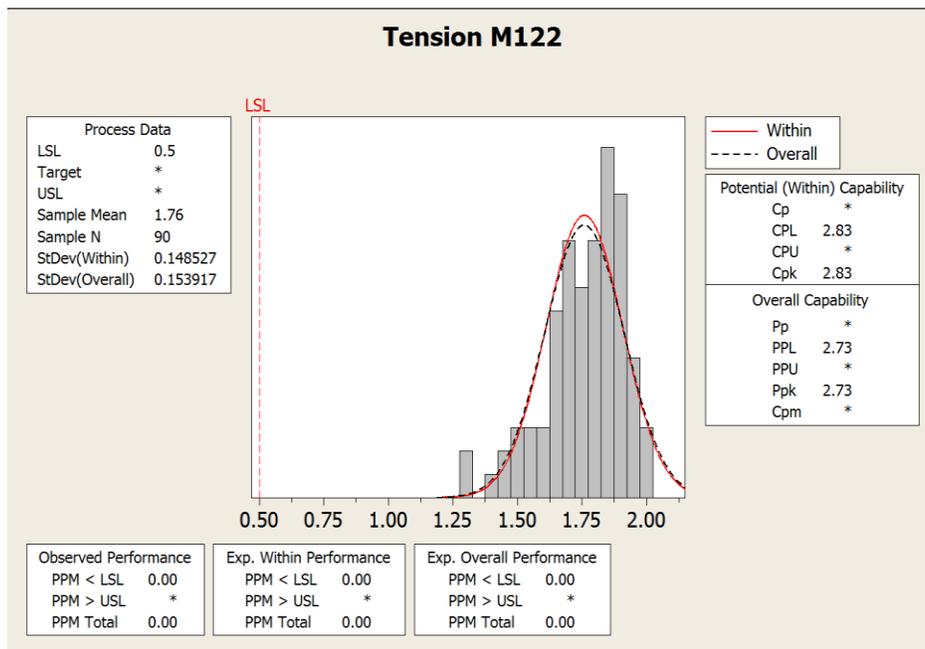


Figura 27 valores de CPK para sonotrodo 19 KHz y .7mm de ancho.

Los valores de CPK dieron resultados por arriba de 1.6 lo cual demuestra un proceso estable así como confiable.

4.20. Análisis de Resultados.

Los resultados de producción actual (.8mm) y los de prueba (.7mm) no denotan una gran diferencia en CPK, ambos están por encima de 1.67, aquí lo importante entender es que ciertos diseños de producto no aceptan el sonotrodo de ,8 mm. Como siguiente paso se procedió a realizar los cortes transversales sobre el are de soldado para asegurar una perfecta unión física única y así asegurar la integridad de dicha soldadura a través del tiempo, estos análisis fueron realizados con equipo especializado de laboratorio.

A continuación, se muestran dichos análisis así como sus resultados. (Figura 28)

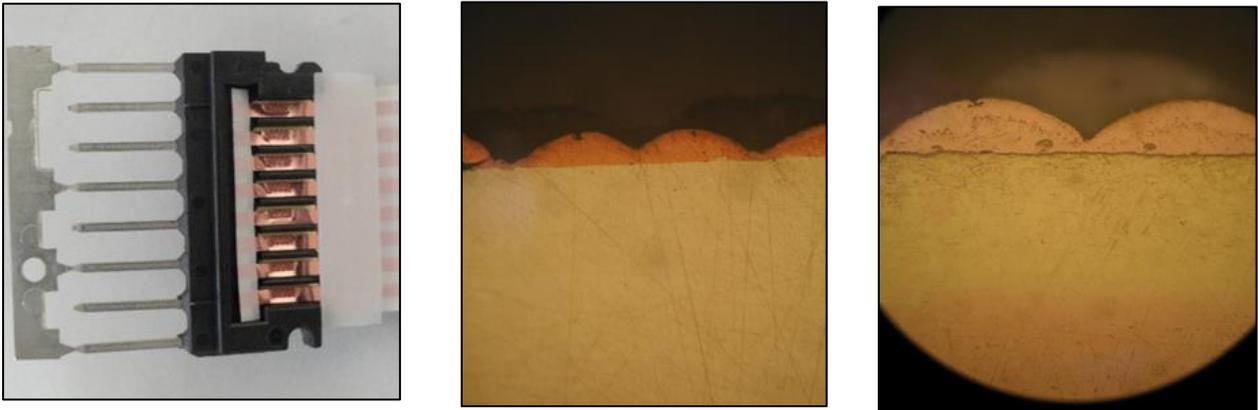


Figura 28. Pieza soldado así como fotos de corte transversal a nivel microscopio.

Las muestras observadas revelan una unión uniforme con la base, en esta imagen no se percibe la interface Cu-Base, dando la apariencia de unión superficial, para visualizar la zona de difusión, si es que se da, se ataca la muestra con un reactivo químico ($H_2O + (NH_4)_2 S_2O_8$). Esta imagen presenta una soldadura que se puede considerarse como aceptable desde el punto de vista visual, con los tres domos en forma longitudinal. Debido a que el proceso de unión se lleva a cabo en el estado sólido, para aumentar el espesor de la interface, se deberá modificar parámetros de Presión y Temperatura, así como la generación de una Atmosfera Inerte y superficies limpias. Para analizar a detalle, se realizaron análisis por MEB (Microscopia Electrónica de Barrido), por medio de un análisis puntual, se podrá determinar la diferencia en

composición química de la zona más cercana a la unión. Si existe una migración de átomos de Cu a la base metálica, la unión se lleva a cabo por difusión, garantizando una unión de excelente calidad. Por otra parte, la presencia de inter-metálicos es endógena, ya que son aportados por los materiales que se pretende soldar.

Capítulo 5

Desarrollo e implementación de un laboratorio de análisis de materiales.

Como se mencionó anteriormente a inicios de este capítulo, la creación de un laboratorio de análisis de materiales se hizo fundamental para el crecimiento y desarrollo tecnológico de Furukawa México, debido a los requerimientos actuales que estaba recibiendo por parte de sus clientes, esto obedeciendo a la estrategia de crecimiento y obtención de nuevos negocios. A continuación se describe la estrategia así como las actividades que se realizaron para la implementación de dicho laboratorio.

5.1 Selección de equipo de laboratorio

En base a los requerimientos antes mencionados se llevó a cabo un proceso de selección de equipos a utilizarse en el laboratorio, esto principalmente basado en los procesos críticos que se manejan en Furukawa Automotive México, al igual que los materiales también involucrados en dichos procesos, a continuación, se enlistan los más importantes.

Materiales:

- 1) Resinas (tales como POM Poliacetal, PBT tereftalato de polibutileno entre las más comunes).
- 2) PET tereftalato de polietileno (Como insulación de cobre)
- 3) Grasas
- 4) Cobre.
- 5) Latón.
- 6) Níquel.
- 7) Tungsteno
- 8) Molibdeno
- 9) Así como otras aleaciones de metales comunes.

Procesos:

- 1) Moldeo por inyección de plástico.
- 2) Estampado.
- 3) Laminado de cobre.
- 4) Soldado por ultrasonido (Cobre vs. Cobre y Cobre vs. Latón).

- 5) Soldado por alta corriente (Cobre vs. Cobre y Cobre vs. Latón).
- 6) Proceso de limpieza de plásticos a través de tecnología de plasma.
- 7) Limpieza de metales a través de químicos.
- 8) Curado de compuestos a través de Luz UV.
- 9) Aplicación de silicones, así como su curado con luz UV.

De tal manera que de dicha información, se decidió adquirir los siguientes equipos.

- 1) Microscopio electrónico de barrido (SEM)
- 2) Perfilómetro de no contacto / óptico/ 3d / de alta resolución.
- 3) Analizador termogravimétrico.
- 4) Espectrofotómetro de Infrarrojo (FTIR).

Algunos otros equipos fueron analizados en conjunto con los investigadores del instituto de ingeniería de la UABC , pero de acuerdo al tipo de procesos que se llevan a cabo así como el uso de materiales en Furukawa México se optó por comprar los equipos antes mencionados, todos ellos fueron equipos nuevos y se recibió entrenamiento por parte de los proveedores de dichos equipos, esto para su correcta utilización así como su optimización en cuanto a especificaciones se requiere.

Microscopio electrónico de barrido SEM



El microscopio electrónico de barrido - SEM- es el mejor método adaptado al estudio de la morfología de las superficies. A diferencia de un microscopio óptico que utiliza fotones del espectro visible, la imagen entregada por el SEM se genera por la interacción de un haz de electrones que "barre" un área determinada sobre la superficie de la muestra.

Además, el microscopio posee diversos sistemas que permiten observar las señales eléctricas procedentes de los detectores, en forma de imágenes en un monitor de TV,

fotografía, espectro de elementos, etc. La técnica esencialmente consiste en hacer incidir en la muestra un haz de electrones. Este bombardeo de electrones provoca la aparición de diferentes señales que, captadas con detectores adecuados, nos proporcionan información acerca de la naturaleza de la muestra. La señal de electrones secundarios proporciona una imagen de la morfología superficial de la muestra. La señal de retro dispersados una imagen cualitativa de zonas con distinto número atómico medio, y la señal de rayos X espectros e imágenes acerca de la composición de elementos químicos en la muestra.

Aplicaciones principales a utilizar.

- 1) Análisis de elementos en barras de cobre (Busbar) antes de los procesos de soldado por ultrasonido.
- 2) Análisis de materiales después del proceso de soldado por ultrasonido.
- 3) Análisis de materiales extraños, así como su composición en materiales conocidos.
- 4) Caracterización de metales utilizados en procesos de manufactura.

Analizador Termogravimétrico.



La termogravimetría es un método estándar de análisis de muestras orgánicas, inorgánicas y sintéticas en el que se mide la variación en el peso de una muestra después de que ésta ha sido sometida a una temperatura determinada.

El análisis termogravimétrico (TGA) se usa para caracterizar las propiedades físicas y químicas de los materiales, en función de la temperatura en una atmósfera controlada de forma precisa. Este método proporciona información valiosa para el control de calidad, el desarrollo y la investigación. Las áreas de aplicación incluyen los termoplásticos, elastómeros, termoestables, metales y cerámica, así como una amplia gama de análisis en las industrias química, alimentaria, farmacéutica y de

la construcción. Un instrumento de TGA/DSC nos permite medir incluso eventos térmicos que no provocan un cambio de masa.

Aplicaciones principales a utilizar.

- 1) Evaluación de resinas actuales.
- 2) Evaluación y comportamiento de nuevas resinas.
- 3) Análisis de degradación de resinas en proceso de moldeo por inyección (PBT, PBT-30GF, POM, PS, PA66, PP).
- 4) Análisis de humedad por pérdida de peso.

Perfilómetro de no contacto



El perfilómetro de no contacto o medidor de rugosidad es un dispositivo que mide con exactitud y confiabilidad la rugosidad de las superficies. El perfilómetro de no contacto es un equipo capaz de medir con rapidez la rugosidad de las superficies, fácilmente, analiza la superficie para dar así una medición directamente en Ra o Rz. Los perfilómetros de no contacto (En general ópticos) basan su principio de funcionamiento en cambios en el enfoque de luz, que corresponde a diferencias de altura de la superficie.

Aplicaciones principales a utilizar.

- 1) Análisis de superficie de barra de cobre (Proceso de soldado por ultrasonido)
 - 2) Análisis de superficie en cobre plano (Espesor de 35 micrones)
 - 3) Análisis de planicidad de placas de cobre para proceso de estampado
- Análisis de humedad por pérdida de peso.

Espectrofotómetro de Infrarrojo (FTIR)



Equipo que permite la identificación de grupos funcionales de materiales orgánicos, así como determinadas estructuras de muestras sólidas y líquidas por transmisión espectroscópica de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), en el rango espectral comprendido entre 400 y 4000 cm^{-1} . Dispone

de un accesorio para trabajar en reflectancia total atenuada.

Aplicaciones principales a utilizar.

- 1) Evaluación de grasas, aceites, polímeros, líquidos, sustancias tóxicas, etc.
- 2) Comparación de la calidad de las materias primas (resinas etc.).
- 3) Generar un mejor conocimiento de las propiedades de materiales.

5.2 Estudio de campo magnético y vibraciones mecánicas

Como siguiente actividad y previa a la distribución de equipos (Lay Out) dentro del laboratorio, para una mayor optimización, así como un correcto funcionamiento, se llevaron a cabo los siguientes estudios en el interior del mismo.

- 1) Medición de vibraciones mecánicas.
- 2) Medición de campo magnético.

Solo como referencia se mencionarán algunas posiciones en este reporte algunas de las posiciones (el estudio completo consta de 17 áreas analizadas.)

Primeramente, se definen los puntos del cuarto principal como se muestra en la fig.29 para después definir las distancias que existen entre ellos fig. 30

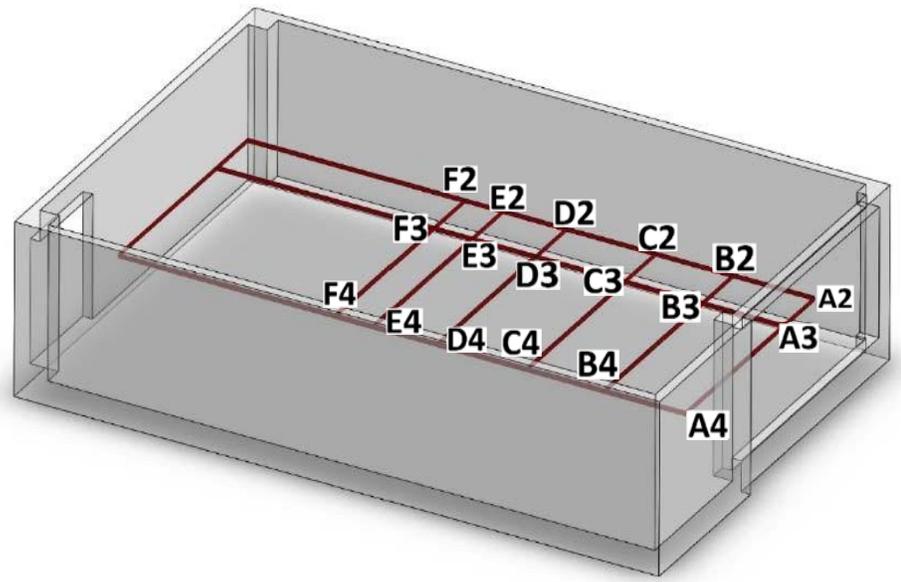


Figura 29 Puntos prueba del cuarto principal.

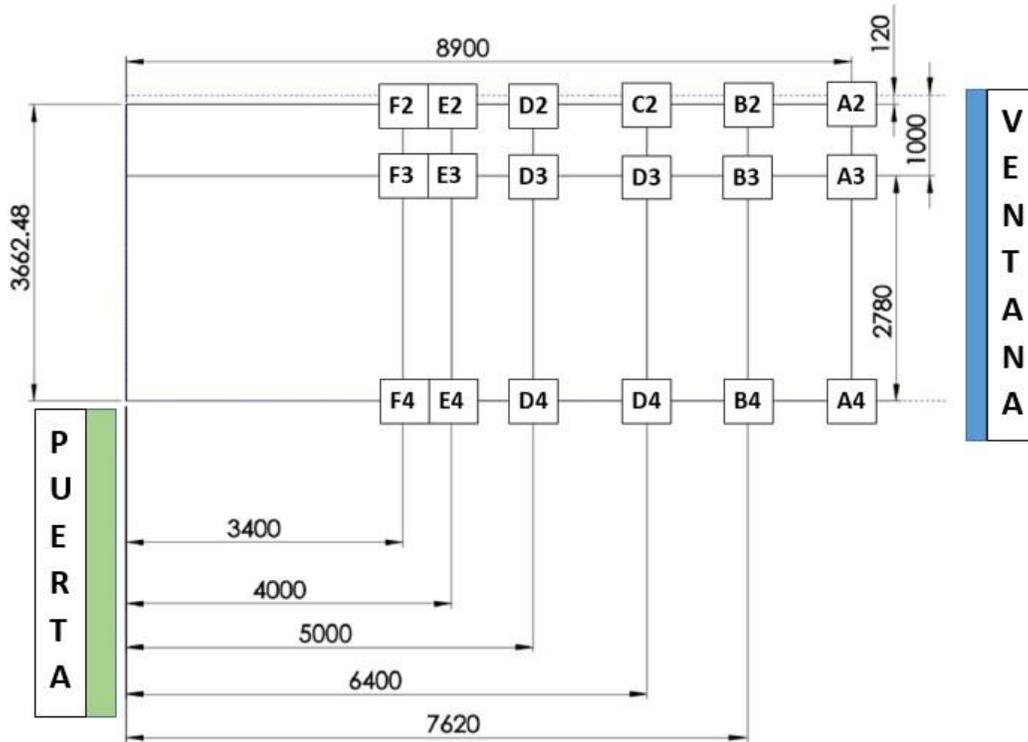


Figura 30 Relación de entre puntos del cuarto principal.

A partir de esta información y en base a los resultados obtenidos en los estudios que a continuación se mencionarán se decidirá cuál es la mejor área para colocar el microscopio electrónico marca Jeol modelo JSM-IT100LA.

5.3. MEDICIONES DE LA ZONA “A” CUARTO PRINCIPAL

5.3.1. MEDICIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS.

Se realizó la medición de vibraciones baja frecuencia en la zona, se obtuvieron las siguientes gráficas: (Figuras 31, 32 y 33)

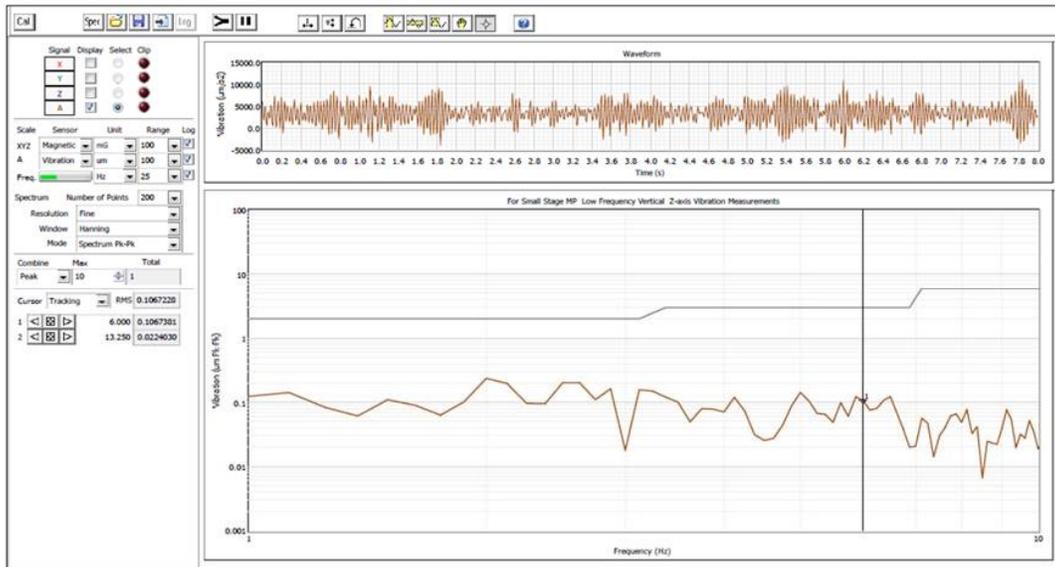


Figura 31 Vibración baja frecuencia eje z zona A

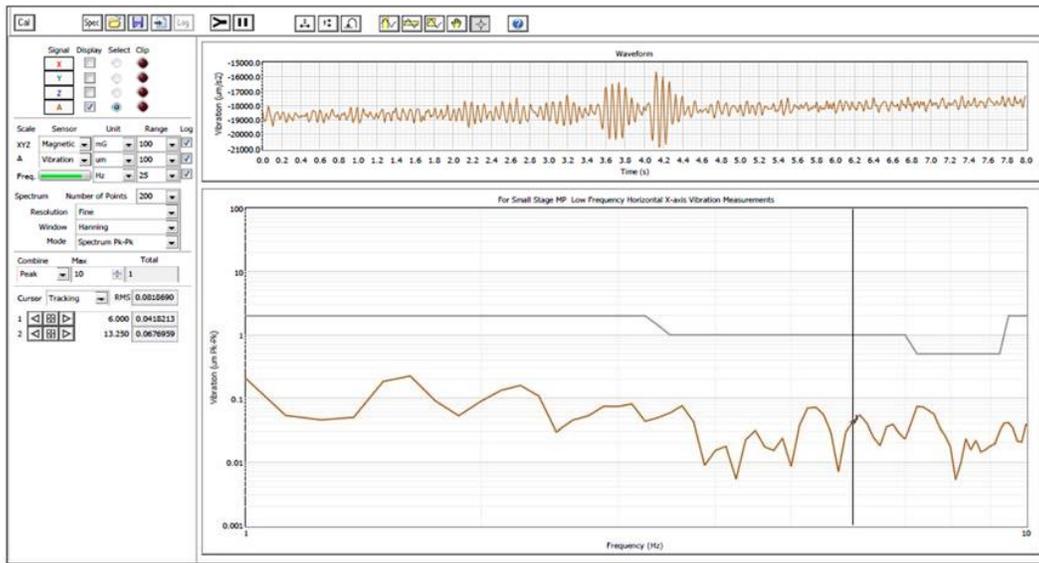


Figura 32 Vibración baja frecuencia eje x zona A

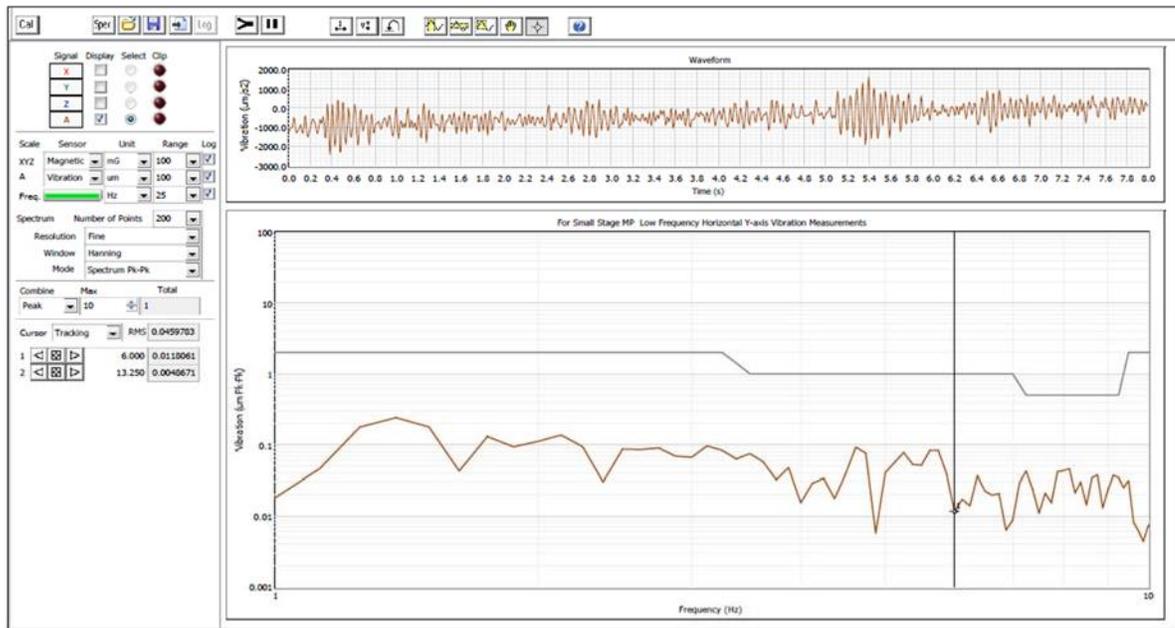


Figura 33 Vibración baja frecuencia eje y zona A

Se realizó la medición de vibración alta frecuencia en eje z en la zona, se obtuvo la siguiente gráfica: (Figura 34)

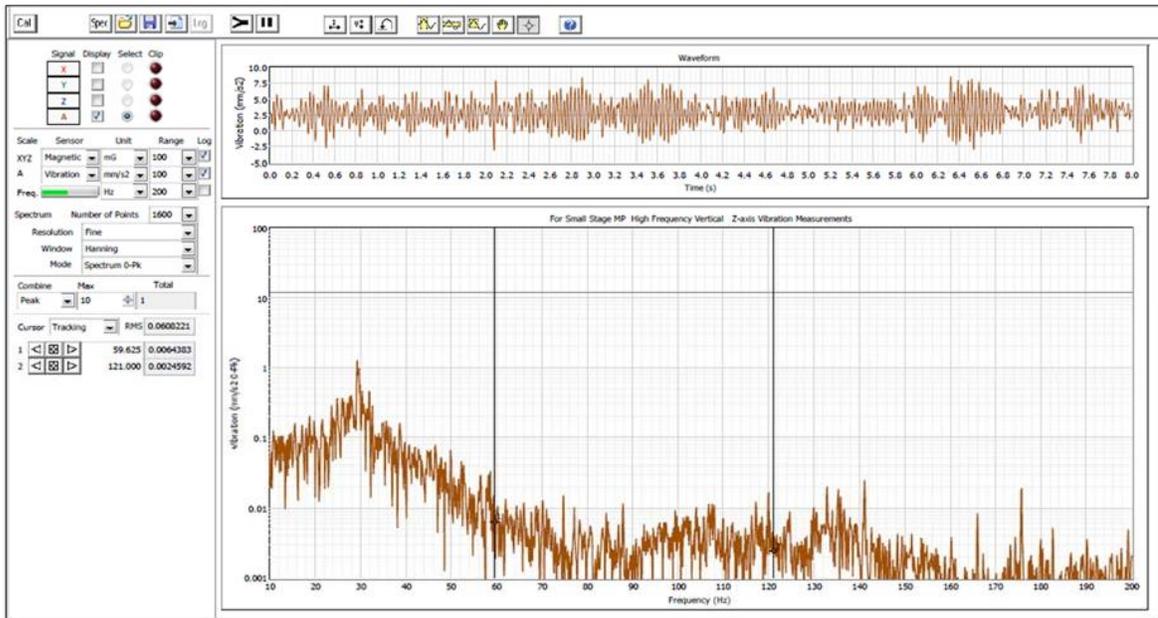


Figura 34 Vibración alta frecuencia eje z zona A

5.3.2. MEDICIÓN DE CAMPO MAGNETICO

Se realizó la medición del campo magnético, obteniendo los siguientes valores máximos: (Figuras 35 y 36)

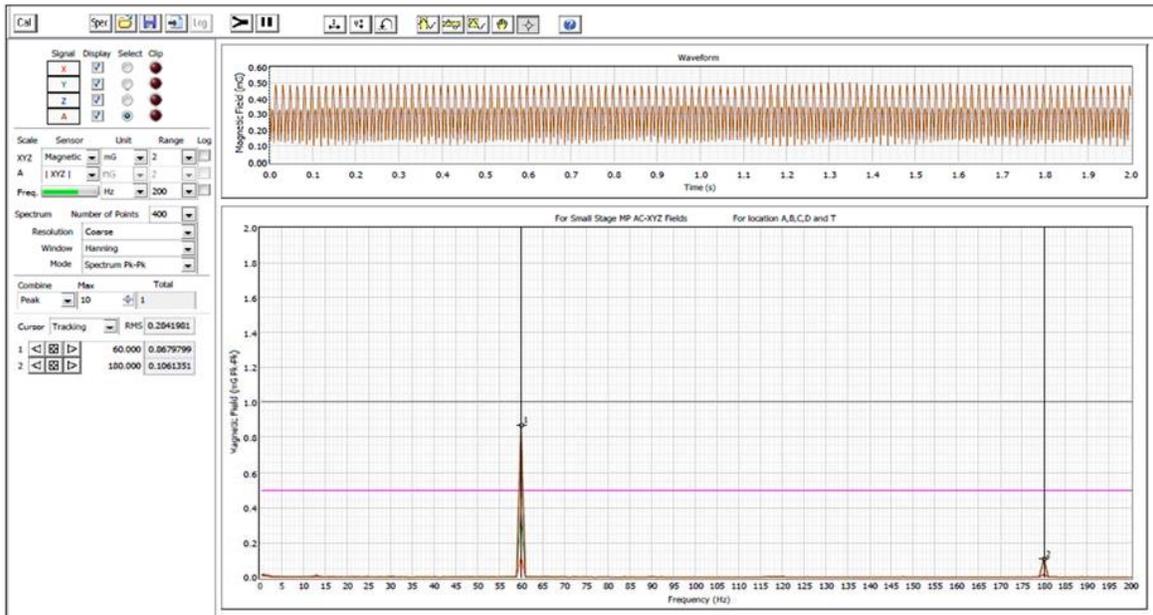


Figura 35 Gráfica de campo magnético zona A2

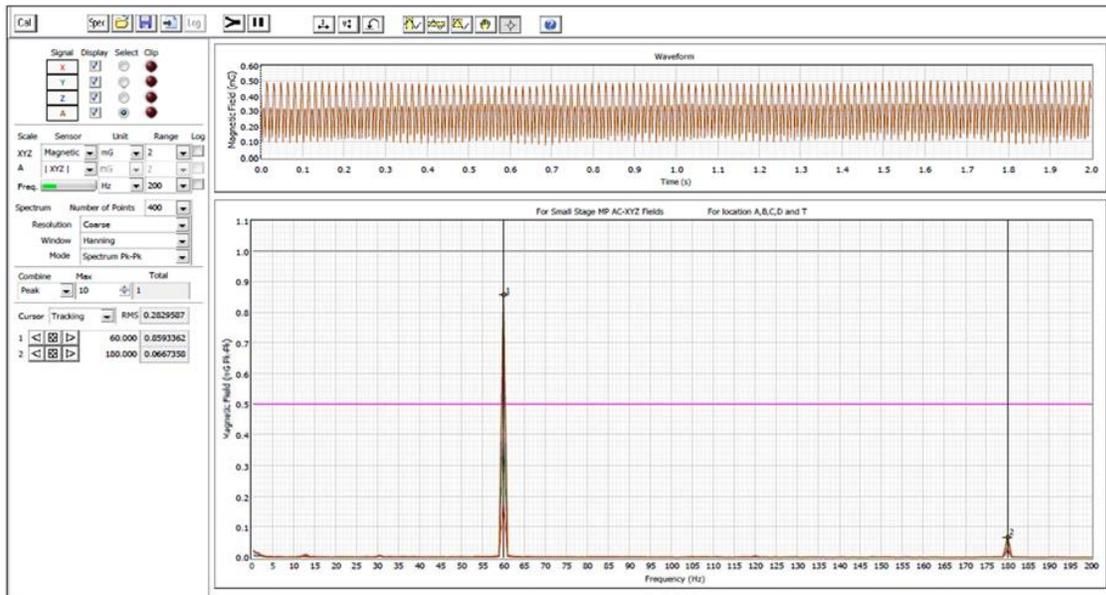


Figura 36 Grafica de campo magnético punto A3

Valores máximos de vibraciones recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona A. (Tabla 5)

Tabla 5 Valores máximos de vibración recomendados y medidos

VIBRACIONES BAJA FRECUENCIA (Zona A)				
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO
X	F < 3.5	μm_{P-P}	2	0.2
	3.5 < F < 6.5	μm_{P-P}	1	0.08
	F > 6.5	μm_{P-P}	0.5	0.08
Y	F < 3.5	μm_{P-P}	2	0.25
	3.5 < F < 7	μm_{P-P}	1	0.1
	F > 7	μm_{P-P}	0.5	0.05
Z	F < 3	μm_{P-P}	2	0.2
	3 < F < 7	μm_{P-P}	3	0.15
	F > 7	μm_{P-P}	6	0.08

VIBRACIONES ALTA FRECUENCIA (Zona A)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
Z	F > 10	mm/s^2	10	1.5	29 Hz

Valores máximos de campo magnético recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona (Tabla 6)

Tabla 6 Valores máximos de campo magnético

CAMPO MAGNETICO (Zona A)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
A2	ALTA TENSIÓN	mG p-p	1	0.86	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG p-p	0.5		
A3	ALTA TENSIÓN	mG p-p	1	0.85	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG p-p	0.5		

Valores máximos de vibraciones recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona (Tabla 7)

Tabla 7 Valores máximos de vibración recomendados y medidos

VIBRACIONES BAJA FRECUENCIA (Zona B)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
X	$F < 3.5$	mmP-P	2	0.4	
	$3.5 < F < 6.5$	mmP-P	1	0.1	
	$F > 6.5$	mmP-P	0.5	0.02	
Y	$F < 3.5$	mmP-P	2	0.2	
	$3.5 < F < 7$	mmP-P	1	0.05	
	$F > 7$	mmP-P	0.5	0.02	
Z	$F < 3$	mmP-P	2	0.25	
	$3 < F < 7$	mmP-P	3	0.25	
	$F > 7$	mmP-P	6	0.08	

VIBRACIONES ALTA FRECUENCIA (Zona B)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
Z	$F > 10$	mm/s ²	10	1.5	29 Hz

Valores máximos de campo magnético recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona B. (Tabla 8)

Tabla 8 Valores máximos de campo magnético

CAMPO MAGNETICO (Zona B)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
B2	ALTA TENSIÓN	mG P-P	1	0.74	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG P-P	0.5		
B3	ALTA TENSIÓN	mG P-P	1	0.76	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG P-P	0.5		
B4	ALTA TENSIÓN	mG P-P	1	0.97	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG P-P	0.5		

Valores máximos de vibraciones recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona C. (Tabla 9)

Tabla 9 Valores máximos de vibración recomendados y medidos.

VIBRACIONES BAJA FRECUENCIA (Zona C)				
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO
X	F < 3.5	μm_{P-P}	2	0.2
	3.5 < F < 6.5	μm_{P-P}	1	0.09
	F > 6.5	μm_{P-P}	0.5	0.05
Y	F < 3.5	μm_{P-P}	2	0.2
	3.5 < F < 7	μm_{P-P}	1	0.1
	F > 7	μm_{P-P}	0.5	0.02
Z	F < 3	μm_{P-P}	2	0.45
	3 < F < 7	μm_{P-P}	3	0.3
	F > 7	μm_{P-P}	6	0.15

VIBRACIONES ALTA FRECUENCIA (Zona C)				
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO
Z	F > 10	mm/s^2	10	1.5
				29 Hz

Valores máximos de campo magnético recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona C. (Tabla 10)

Tabla 10 Valores máximos de campo magnético.

CAMPO MAGNETICO (Zona C)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
C2	ALTA TENSIÓN	mG_{P-P}	1	0.45	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG_{P-P}	0.5		
C3	ALTA TENSIÓN	mG_{P-P}	1	0.32	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG_{P-P}	0.5		
C4	ALTA TENSIÓN	mG_{P-P}	1	0.48	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG_{P-P}	0.5		

Valores máximos de vibraciones recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona D. (Tabla 11)

Tabla 11 Valores máximos de vibración recomendados y medidos

VIBRACIONES BAJA FRECUENCIA (Zona D)				
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO
X	F < 3.5	μm_{p-p}	2	0.15
	3.5 < F < 6.5	μm_{p-p}	1	0.06
	F > 6.5	μm_{p-p}	0.5	0.04
Y	F < 3.5	μm_{p-p}	2	0.2
	3.5 < F < 7	μm_{p-p}	1	0.08
	F > 7	μm_{p-p}	0.5	0.02
Z	F < 3	μm_{p-p}	2	0.4
	3 < F < 7	μm_{p-p}	3	0.012
	F > 7	μm_{p-p}	6	0.1

VIBRACIONES ALTA FRECUENCIA (Zona D)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
Z	F > 10	mm/s^2	10	1.5	29 Hz

Valores máximos de campo magnético recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona D.(Tabla 12)

Tabla 12 Valores máximos de campo magnético

CAMPO MAGNETICO (Zona D)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
D2	ALTA TENSIÓN	mG_{p-p}	1	0.76	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG_{p-p}	0.5		
D3	ALTA TENSIÓN	mG_{p-p}	1	0.49	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG_{p-p}	0.5		
D4	ALTA TENSIÓN	mG_{p-p}	1	0.61	60 HZ

Valores máximos de vibraciones recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona E. (Tabla 13)

Tabla 13 Valores máximos de vibración recomendados y medidos

VIBRACIONES BAJA FRECUENCIA (Zona E)				
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO
X	F < 3.5	μm_{P-P}	2	0.25
	3.5 < F < 6.5	μm_{P-P}	1	0.15
	F > 6.5	μm_{P-P}	0.5	0.025
Y	F < 3.5	μm_{P-P}	2	0.3
	3.5 < F < 7	μm_{P-P}	1	0.04
	F > 7	μm_{P-P}	0.5	0.07
Z	F < 3	μm_{P-P}	2	1
	3 < F < 7	μm_{P-P}	3	0.15
	F > 7	μm_{P-P}	6	0.15

VIBRACIONES ALTA FRECUENCIA (Zona E)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
Z	F > 10	mm/s ²	10	1	29 Hz

Valores máximos de campo magnético recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona E. (Tabla 14)

Tabla 14 Valores máximos de campo magnético

CAMPO MAGNETICO (Zona E)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
E2	ALTA TENSIÓN	mG _{P-P}	1	0.40	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG _{P-P}	0.5		
E3	ALTA TENSIÓN	mG _{P-P}	1	0.36	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG _{P-P}	0.5		
E4	ALTA TENSIÓN	mG _{P-P}	1	0.52	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG _{P-P}	0.5		

Valores máximos de vibraciones recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona F. (Tabla 15)

Tabla 15 Valores máximos de vibración recomendados y medidos.

VIBRACIONES BAJA FRECUENCIA (Zona F)				
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO
X	F < 3.5	μm_{P-P}	2	0.2
	3.5 < F < 6.5	μm_{P-P}	1	0.06
	F > 6.5	μm_{P-P}	0.5	0.02
Y	F < 3.5	μm_{P-P}	2	0.2
	3.5 < F < 7	μm_{P-P}	1	0.12
	F > 7	μm_{P-P}	0.5	0.07
Z	F < 3	μm_{P-P}	2	0.4
	3 < F < 7	μm_{P-P}	3	0.2
	F > 7	μm_{P-P}	6	0.1

VIBRACIONES ALTA FRECUENCIA (Zona F)				
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO
Z	F > 10	mm/s^2	10	0.8
				24 Hz

Valores máximos de campo magnético recomendados por la fábrica y valores máximos medidos en la zona F(Tabla 16)

Tabla 16 Valores máximos de campo magnético

CAMPO MAGNETICO (Zona F)					
	RANGOS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO MEDIDO	
F2	ALTA TENSIÓN	mG_{P-P}	1	0.38	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG_{P-P}	0.5		
F2 120cm	ALTA TENSIÓN	mG_{P-P}	1	0.39	60 HZ
	BAJA TENSIÓN	mG_{P-P}	0.5		

5.4. Conclusiones del estudio.

Las zonas “C”, “E” y “F” son las más apropiadas para la colocación del microscopio, los niveles de campo magnético se encuentra por debajo de los parámetros recomendados por fábrica. (Fig. 37)

Los niveles de vibración en todo el cuarto se encontraron en niveles apropiados para la operación del microscopio.

Las zonas diferentes a “C”, “E” y “F” superaron los niveles máximos de campo magnético recomendado por fábrica, por lo que no es recomendable para la ubicación para el microscopio.

Procurar dejar espacio a los costados libres del microscopio para apropiada ventilación y futuros mantenimientos.

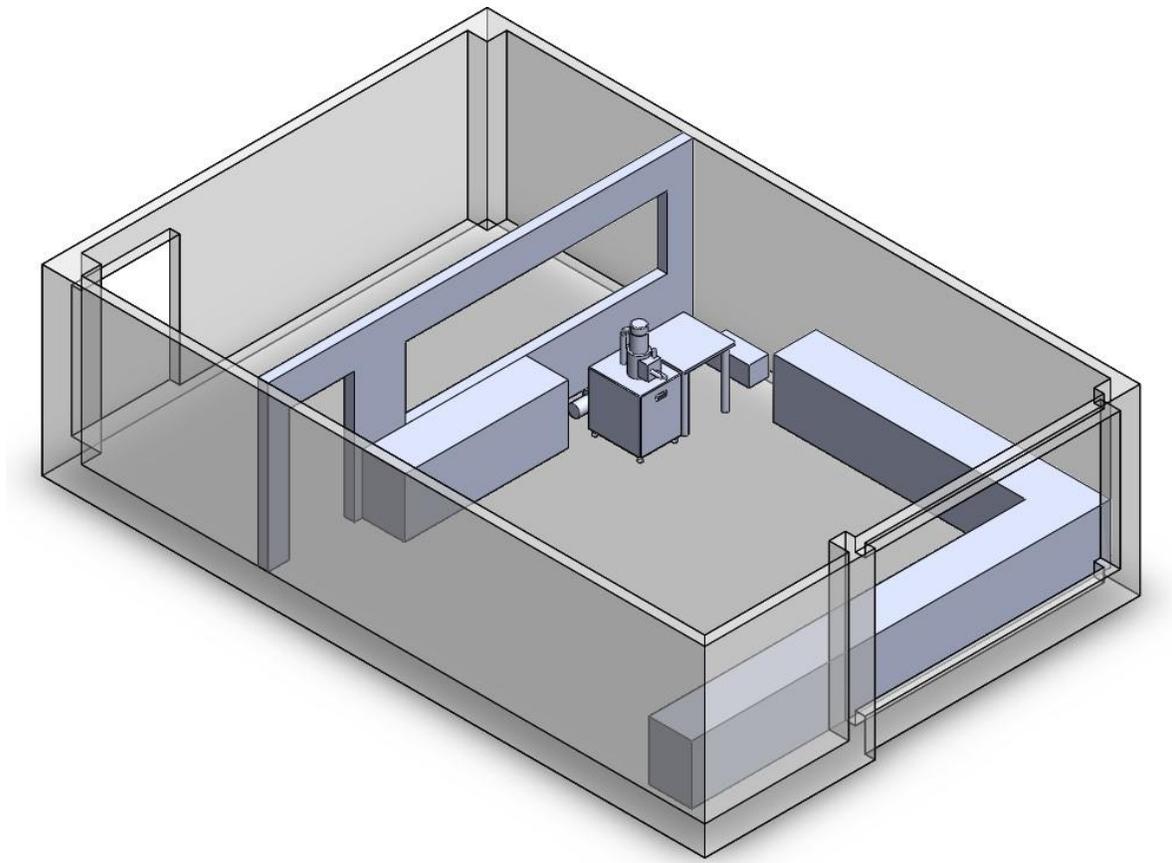


Figura 37 Sugerencia de ubicación de microscopio, también la zona C es opción.

Como información adicional se recomiendan los siguientes requerimientos para el laboratorio.

ALIMENTACION:

- Alimentación de 120VAC, 60Hz, tolerancia máxima de $\pm 10\%$ (1 fase, 1 Neutro y Tierra física) y 1.8KVA máximo consumo. (Fig. 38)
- Las líneas de alimentación del microscopio tienen que ser exclusivas para el equipo, ningún otro equipo debe utilizar estas líneas como alimentación.
- Tierra física exclusiva y aislada para el equipo menor a 10 ohms. Esta tierra estará dedicada al equipo y no se interconectará con el sistema de tierras general del edificio. No se conectarán otros equipos a esta tierra, será de uso exclusivo del microscopio.
- Dos interruptores termomagnéticos para la fase y neutro de alimentación del microscopio (2 pastillas de 20 A c/u).
- Proporcionar dos tomacorrientes en la pared con contacto NEMA 5–15(20)R cada uno. Este contacto deberá conectarse a las líneas de alimentación exclusivas para el equipo (fase, neutro y tierra exclusivos solicitados en el primer punto). La toma corriente NEMA deberán estar a no más de 6 ft (1.8 m) de distancia de la columna, pero no a más de 10 ft (3 m).

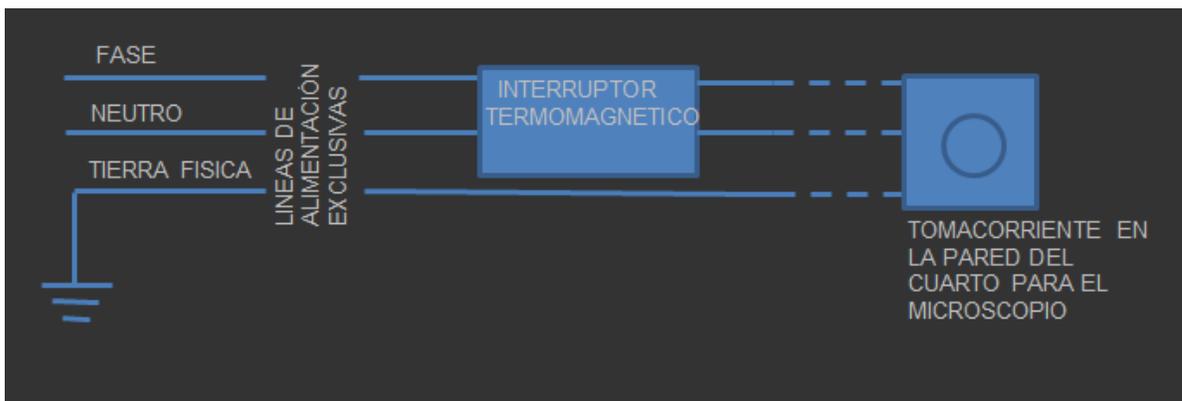


Figura 38. Esquema de conexión el tomacorriente de alimentación del equipo. La tierra física no se compartirá con algún otro equipo



Ilustración 65 Contacto NEMA 5-20R



Ilustración 66 Contacto NEMA 5-15R

REQUERIMIENTOS DEL CUARTO:

- Aire acondicionado (Colocado en una posición donde el aire no golpee directamente a la columna del microscopio).
- Temperatura del cuarto 20°C +/- 5°C y humedad menor al 60%.
- Campo magnético de AC menor a 0.1 μ T (1mG).
- Vibración del piso menor a 2 μ mP-P, a una onda sinusoidal por encima de 5Hz de frecuencia.
- Una base firme y plana a nivel del piso del cuarto para colocar encima la consola principal (Considerar un peso aproximado de 250kg)

Accesorios necesarios en el cuarto donde estará el equipo instalado:

- Mesa de trabajo.
- Gabinete para guardar objetos pequeños (como consumibles y repuestos).
- Contenedor para preservar las muestras.

El microscopio debe estar instalado lo más lejano posible de equipos o fuentes que generen vibraciones mecánicas y ondas de campo electromagnético. Esto incluye calles, pasillos donde transite mucha gente, elevadores, entradas y salidas del aire acondicionado, cables de energía eléctrica.

DIMENSIONES DEL MICROSCOPIO

Tabla 17 Dimensiones de los componentes del microscopio

	ANCHO(mm)	FONDO(mm)	ALTO(mm)	PESO(Kg)
Consola principal	630	800	1450	245
Mesa de operación	800	800	Adj	26
Bomba Rotatoria	460	175	255	23

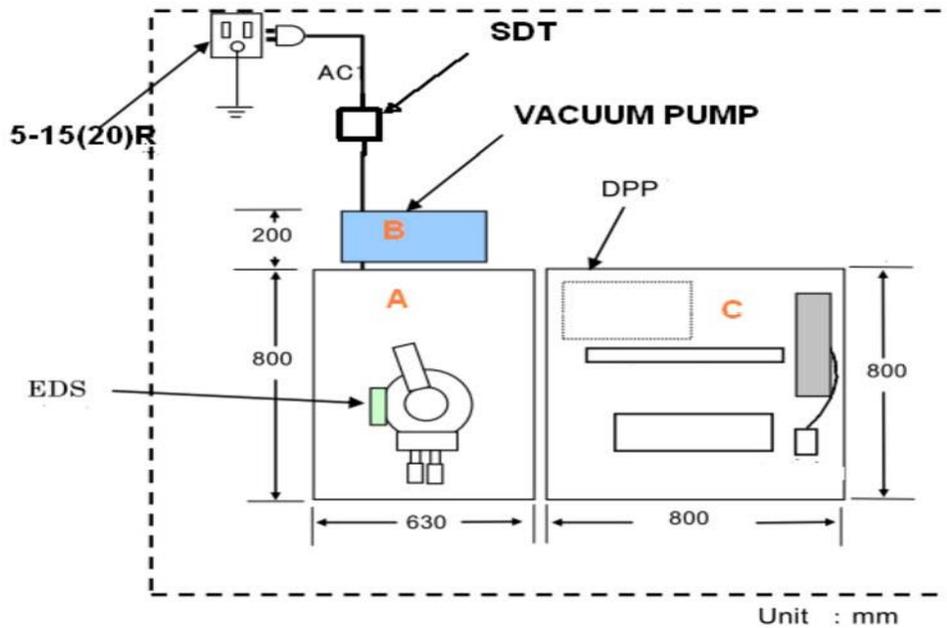


Figura 39: Esquema básico de dimensión.

Nota: Las dimensiones a considerar para la UPS son de 30x30x60 cm y un peso aproximado de 30 kg.

EQUIPO DE MEDICION UTILIZADO.

AC FIELD METER MODEL: Spicer SC-11 S/N: 06022

VIBRATION SURVEY MODEL: Wilcoxon 731A Accelerometer

5.5. Lay out de laboratorio y distribución d equipo.

De acuerdo a información arrojada por los análisis de campo magnético y vibraciones mecánicas, se procedió a la toma de decisiones para la colocación de los equipos, esto fueron colocados de acuerdo a como se observa en la fig. 40

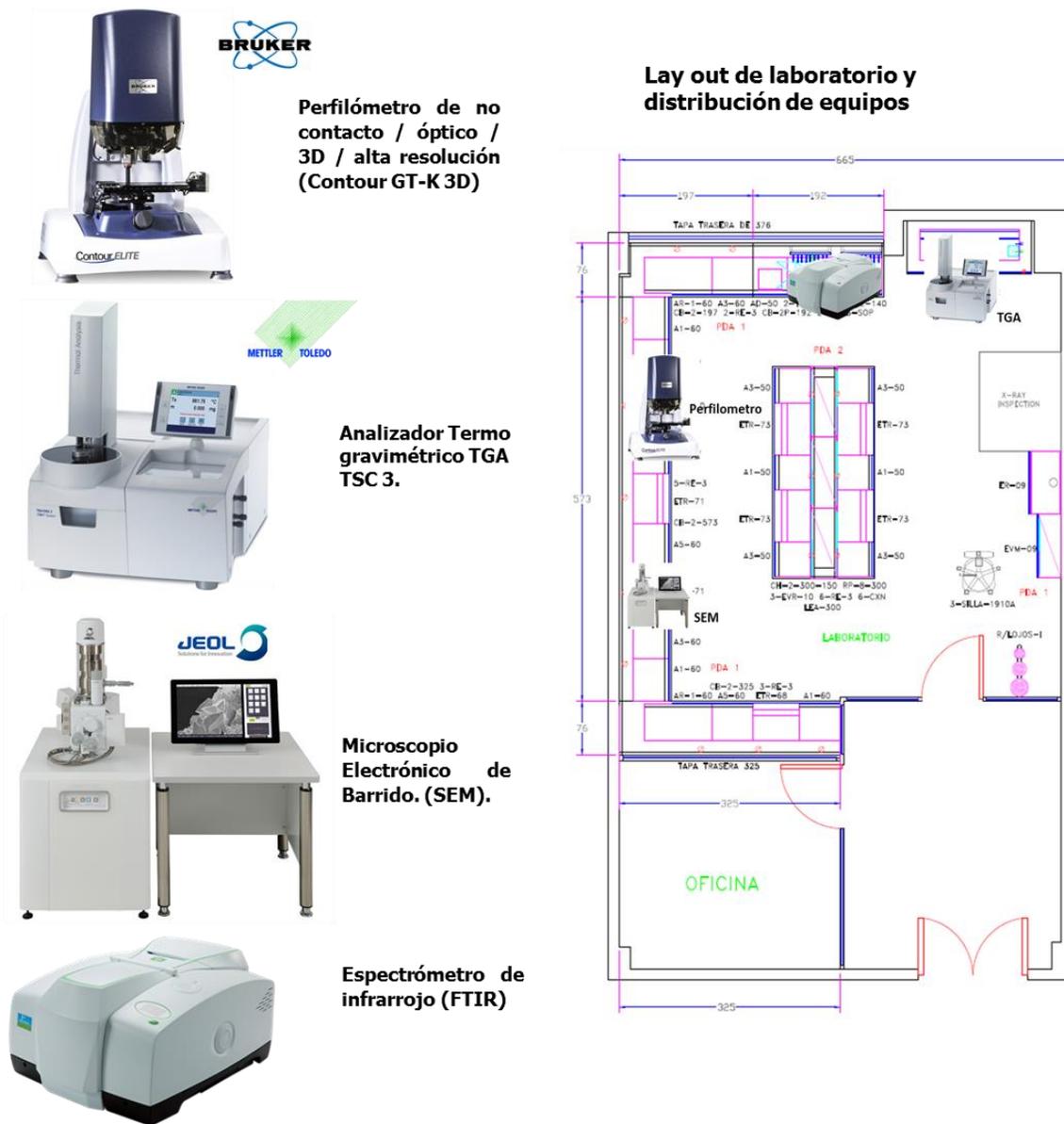


Figura 40: Distribución de equipo y lay out de laboratorio.

Proyección original del laboratorio.



Situación actual del laboratorio.



5.6. Métricos del laboratorio periodo 2017.

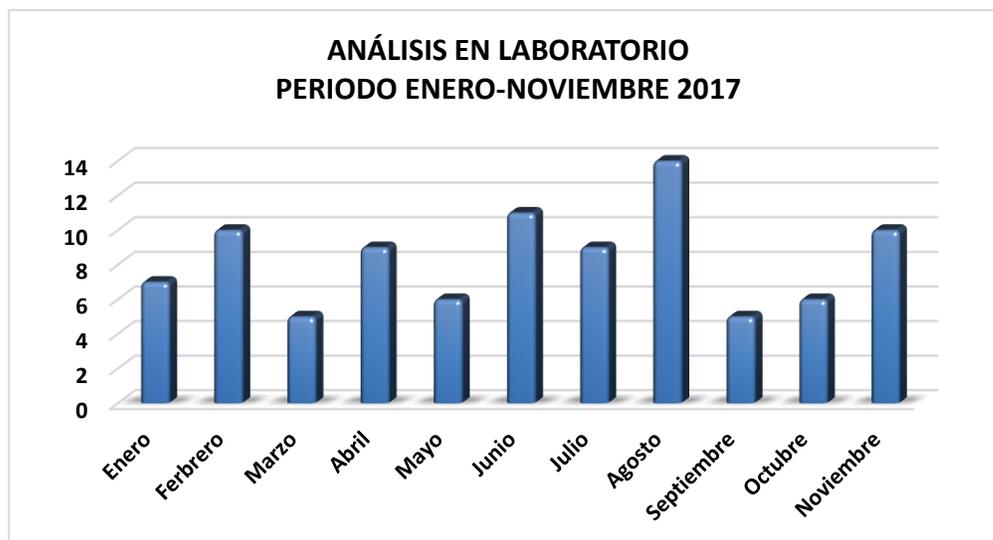


Figura 41 Análisis efectuados en el laboratorio periodo enero noviembre 2017.

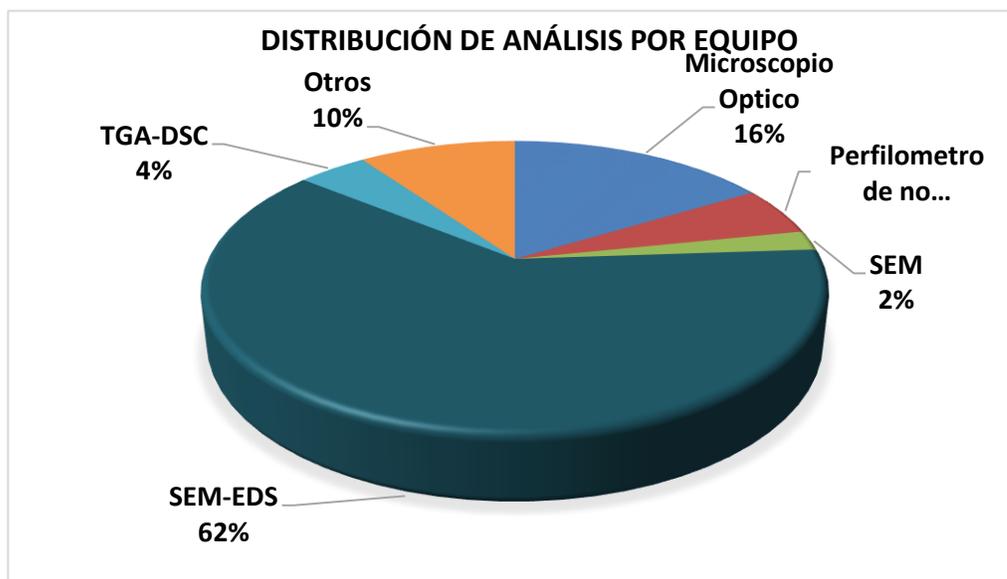


Figura 42 Distribución de actividades por equipos.

Durante el periodo comprendido de enero a noviembre del 2017, se han efectuado 92 actividades (Figura 41) de análisis en el laboratorio, algunas de ellas fueron elaboradas

o compartidas con el instituto de Ingeniería de la UABC de los cuales el 62 % (Figura 42) fue hecho utilizando el equipo y técnica SEM-EDS.

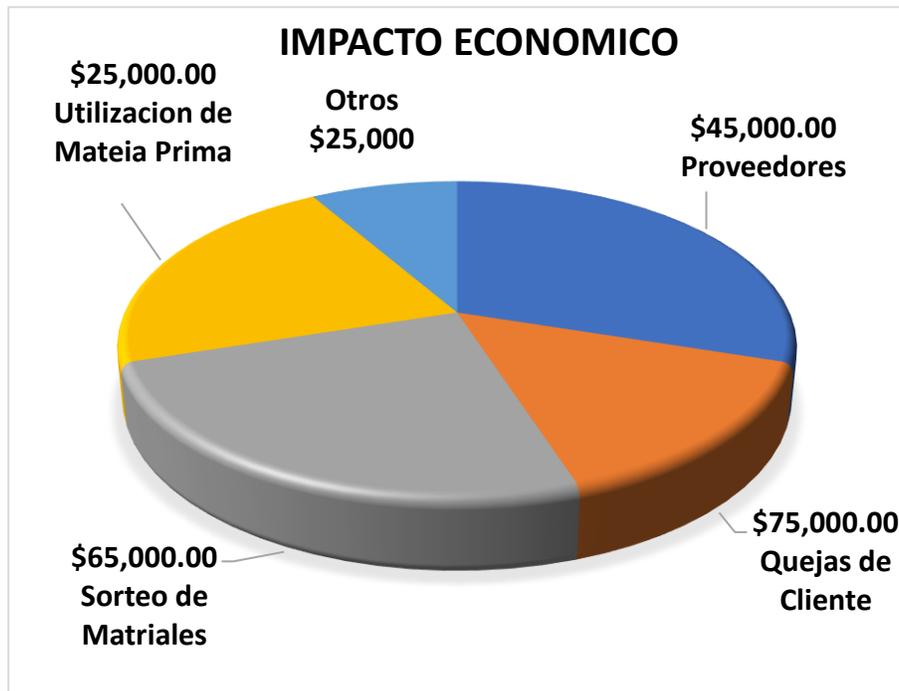


Figura 43 Impacto económico por rubro.

Quejas de Cliente

Análisis de causa raíz.

Sorteo de Materiales

Se evitaron sorteos de materiales debido a análisis de producto en tiempo.

Proveedores

Se comprobó que el problema no era en la planta de Furukawa.

Utilización de materia prima

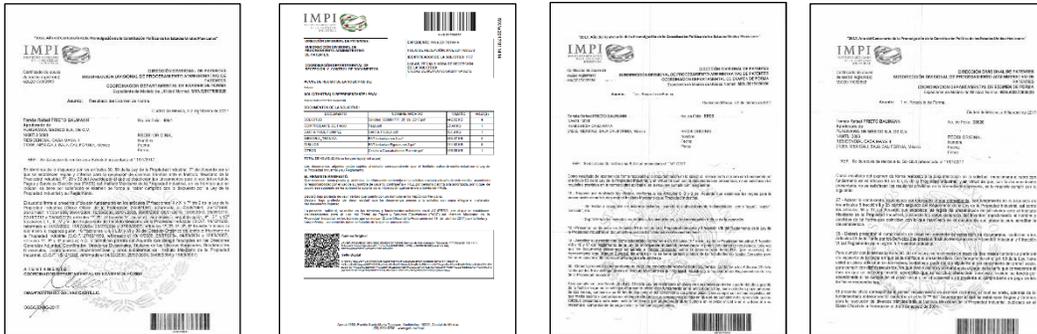
Validación de producto, con materiales fuera de especificaciones, para evitar paro de línea de OEM's.

Otros

Actividades diarias del proceso de producción, relacionadas con procesos de transformación así como el uso correcto de ciertos materiales.

Capítulo 6

PROPIEDAD INTELECTUAL

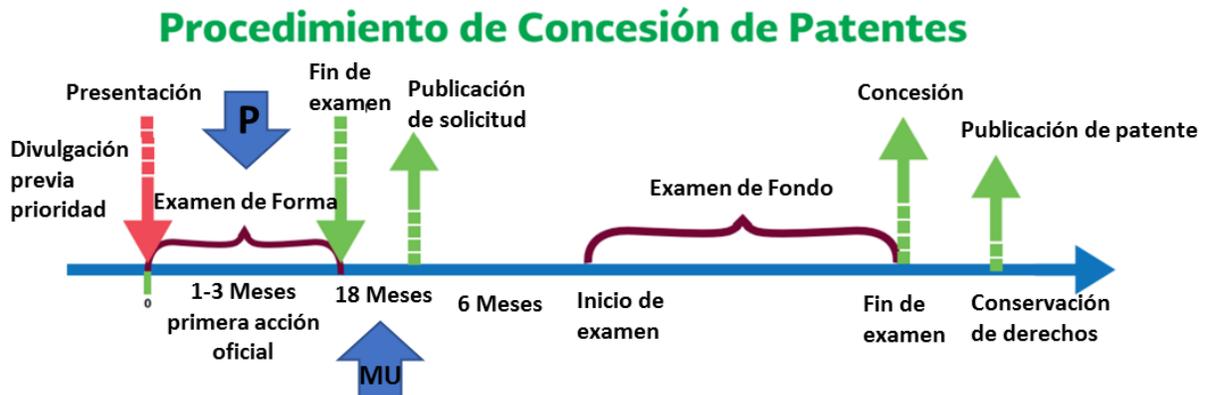


Durante el año 2016 se sometieron ante el IMPI 3 modelos de utilidad y una patente según información de 2017 todos los modelos de utilidad aprobaron el examen de forma

- 1) Soldadora de cable plano por alta corriente.
- 2) Máquina de perforado laser para cable plano
- 3) Sistema de visión para cable plano.

Con lo que se refiere a la 1er patente sometida por Furukawa México, esta fue registrada ante el IMPI a través de su nuevo sistema en línea, para esta todavía estamos en espera de cualquier retroalimentación.

- 1) Detección de posición Neutral en conector de bolsa de aire a través de inducción magnética.



Anexo 1

Capítulo 7

12. CONCLUSIONES FINALES.

A continuación se exponen las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos como parte de esta estrategia de implementación de nuestro ecosistema de innovación y desarrollo tecnológico, de la misma manera se destacará de manera puntual los resultados más importantes en dicho proceso.

Como punto de partida mencionaremos que nuestra participación en los programas PEI de CONACYT fueron el conducto principal o mayor impulsor para el desarrollo de todas estas actividades relacionadas con los procesos de gestión de innovación, ya que a partir de ellos nuestras ideas fueron tomando rumbo con dirección apropiada, el modelo conocido como triple hélice (Escuela Gobierno Industria) se llevó a cabo de manera idónea para la obtención de resultados.

La fig. 44 muestra los fondos obtenidos así como la inversión realizada por Furukawa de México como parte de los programas PEI CONACYT.



Año	Lider	Apoyo	Inversion Furukawa	Nombre de Proyecto/Línea o producto
2012	Gustavo Padilla	\$2,446,950.00	\$4,644,550.00	Diseño y desarrollo tecnológico de línea de ensamble prototipo para conector de bolsa de aire.
2013	Gustavo Padilla	\$2,747,310.00	\$5,785,394.24	Integración del centro de investigación y desarrollo tecnológico de insumos de alto valor agregado en Furmex.
2014	Gustavo Padilla	\$4,147,100.00	\$8,779,264.00	Diseño y desarrollo tecnológico de línea prototipo para ensamble de conector de bolsa de aire ultraligero.
2016	Raul Chavesti	\$8,370,878.00	\$15,425,382.00	Desarrollo de nuevo proceso para la manufactura de conector de bolsa de aire de alta eficiencia.
2017	Martin Santibañez	\$8,139,900.00	\$15,793,100.00	Diseño y desarrollo tecnológico de planta piloto experimental para la obtención de cable plano flexible, para la elaboración de conector de bolsa de aire.
2018	Joaquin Diaz	\$2,690,102.00	\$7,907,008.00	Diseño y desarrollo tecnológico de línea prototipo de pruebas funcionales para conector de bolsa de aire de alta corriente.
Total		\$28,542,240.00	\$58,334,698.24	

Fig. 44 Tabla de apoyos obtenidos e inversión Furukawa en proyectos PEI CONACYT.

De la misma manera es importante resaltar que el binomio Furukawa-Instituto de Ingeniería dejó huellas muy profundas no solo en los proyectos realizados anteriormente sino que dio la dirección para futuros proyectos que implican cambios radicales en la estrategia de negocio de Furukawa México. Todo esto derivando del conocimiento de capacidades por ambas partes.

El diagrama mostrado en la fig. 45 muestra el desarrollo tecnológico de Furukawa México a través del tiempo y a partir del año 2012.

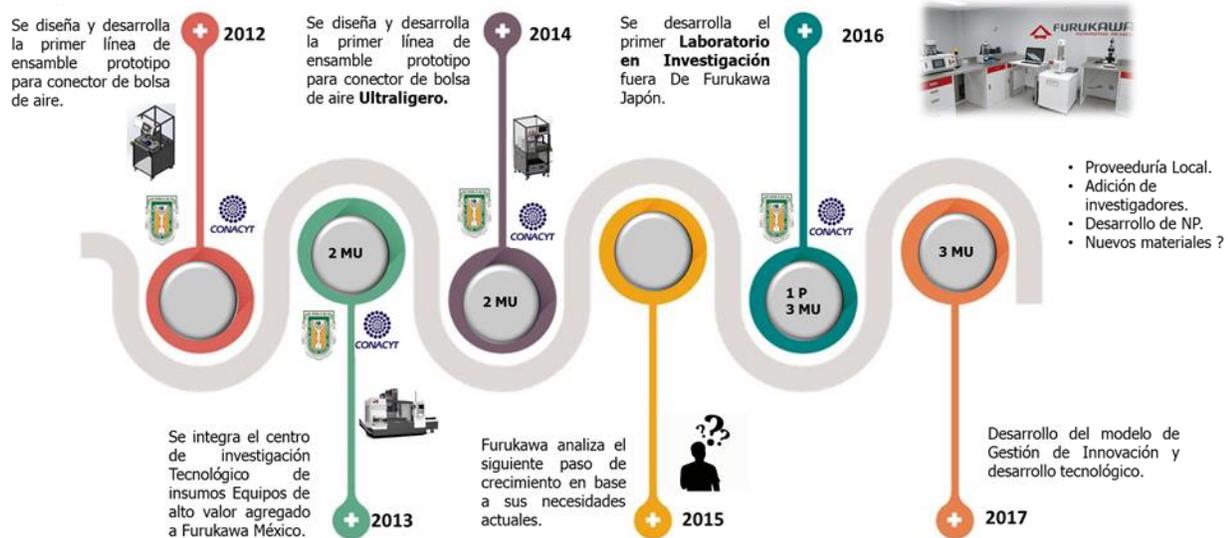


Fig. 45 Desarrollo tecnológico e innovación de Furukawa México a través del tiempo.

Primeramente destacaremos desde el punto de vista tecnológico las actividades y los resultados obtenidos con lo que respecta a innovación y tecnología llevadas a cabo por el grupo de IDT de Furukawa México.

Alianzas con proveedores para el intercambio de conocimientos.

Se trabajo con los expertos de algunos de los procesos que se tienen en Furukawa México, llevando con ello un intercambio de conocimiento y sobre todo una capacitación profunda en los temas claves, como parte de esta actividad:

- 1) Se desarrollo la primera máquina de soldado para cable plano por ultrasonido fuera de Japón, primeramente a nivel prototipo, actualmente este equipo corre en producción en masa.
- 2) Desarrollo de sonotrodos con diferente patrón de soldado para mejorar el tan crítico proceso de soldado.
- 3) Desarrollo y construcción de la primera máquina para cable plano de soldado por alta corriente, derivado de esto el corporativo Furukawa Japón desarrollo su primera máquina también para un producto de Honda (Para el vehículo Accord), la primera línea de producción para este producto se instaló en la planta de Mexicali.

Vinculación con Universidades (Instituto de Ingeniería UABC)

Punto clave y detonante para el despliegue de las actividades de innovación y desarrollo tecnológico que lleva a cabo actualmente Furukawa México.

- 1) Se desarrollo el primer laboratorio compartido para análisis de materiales Furukawa-UABC, aquí es importante mencionar que la planta de Mexicali es la única planta de ensamble automotriz del corporativo Furukawa Japón que cuenta con este tipo de instalaciones, cabe de paso decir que dicho laboratorio es dirigido por un Dr. en química, precisamente graduado del instituto de ingeniería de la UABC y que fue contratado originalmente como parte de los programas PEI CONACYT.
- 2) Asesoría constante en la problemática que presentan todavía algunos de los procesos en Furukawa México.
- 3) Participación continua en los proyectos PEI de CONACYT.
- 4) Análisis de materiales para la validación de nuevos productos.

Formación de recursos humanos

Derivada de la constante relación laboral entre Furukawa México y el instituto de ingeniería de la UABC y para estrechar más este vínculo, de trabajo 2 gerentes de Furukawa se incorporaron al estudio de postgrado en dicha institución, la idea es

continuar con el desarrollo de nuestro personal clave, para así continuar con su preparación y ser capaces de enfrentar los nuevos retos del futuro.

Propiedad Intelectual

Con lo que respecta a propiedad intelectual en el 2017 se registraron ante las oficinas del IMPI la 1er patente desarrollado por un grupo de ingenieros mexicanos y 2 modelos de utilidad, para el 2018 se registraron 3 modelos de utilidad, siendo estos los primeros registrados oficialmente, con un constante seguimiento.

Es importante mencionar que también durante este proceso se llevaron a cabo los primeros reportes bajo formato de publicaciones científicas, esto para ir desarrollando la habilidad de redacción y sobre todo transferencia de conocimiento.

Anexo 1

PUBLICACIONES CIENTIFICAS

Como parte del ecosistema de innovación y desarrollo tecnológico, se requirió a través de nuestro Doctor investigador que llevara a cabo unas sesiones de entrenamiento acerca de publicaciones científicas, los ingenieros de manufactura de Furukawa México, muchas de las veces llevan consigo un gran conocimiento y experiencia pero no saben cómo redactar o transmitir dicho conocimientos, debido a esto se inició un proceso piloto para la redacción de potenciales publicaciones científicas en las áreas que ellos más dominan. La intención de estas publicaciones era comunicar el resultado de investigaciones realizadas, a través de una manera amena y sencilla bajo ciertos formatos que cumplieran con los mínimos requerimientos que exigen este tipo de actividades.

A continuación se muestra uno de los primeros intentos por realizar una publicación, llevada a cabo por los ingenieros del área de conector de bolsa de aire en relación a los problemas que se han tenido con anterioridad con respecto al soldado por ultrasonido, como aparte de esta información es confidencial, el artículo nunca se divulgó y solo se utilizó como se dijo anteriormente prototipo para futuras publicaciones que si pueden ser llevados al público en general.

Ultrasonic Welding Process for FFC

Furukawa Automotive Mexico

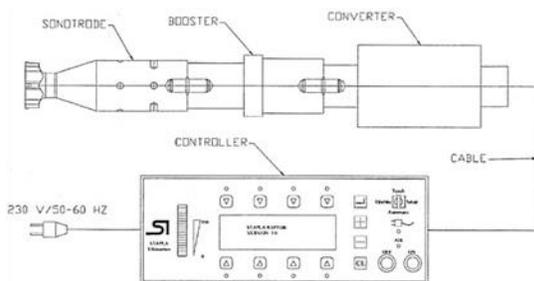
Background

Ultrasonic welding is a technique whereby high-frequency ultrasonic acoustic vibrations are locally applied to workpieces being held together under pressure to create a solid-state weld.

All ultrasonic welding systems are composed of the same basic elements:

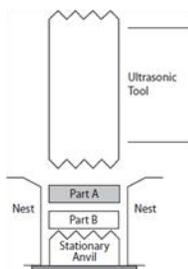
- A weld head to hold the sonotrode, and which in conjunction with the anvil, comprises the weld area.
- A nest or anvil where the parts are placed and allowing the high frequency vibration to be directed to the interfaces.
- An ultrasonic stack composed of a converter or transducer, a booster and a sonotrode (Horn). All three elements of the stack are specifically tuned to resonate at the same exact ultrasonic frequency (19 kHz or 20kHz).
- **Converter:** Converts the electrical signal into a mechanical vibration
- **Booster:** Modifies the amplitude of the vibration. It is also used in standard systems to clamp the stack in the press.
- **Sonotrode:** Applies the mechanical vibration to the parts to be welded.
- An electronic ultrasonic generator (Power supply) delivering a high power AC signal with frequency matching the resonance frequency of the stack.
- A controller which converts the incoming frequency to 19 kHz or 20 KHz respectively.

Example of ultrasonic welding system.

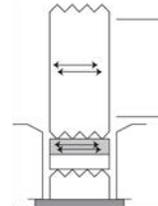


Process description

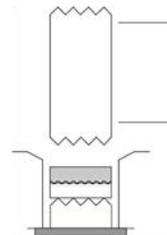
The parts to be welded are placed into a locating nest or holder. One component rests on a stationary anvil, which is serrated to grip the component and hold it still.



The ultrasonic horn descends to apply a clamping pressure between the weld parts. The horn then vibrates at a frequency of nineteen or twenty kilohertz respectively. The weld parts are thus scrubbed together under pressure causing surface oils and oxides to be dispersed.

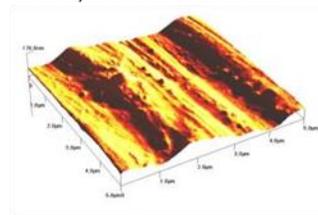


The base metals are then mechanically mixed causing a metallurgical bond between the parts. The parts are immediately welded; there is no hold time or curing time.



Common materials

Our parts to be welded are composed from copper C110 alloy for Flat Flexible Cable, 0.035mm of thickness, and Brass 260, brass C2600R, copper C110R or copper C1110R alloy for the busbar circuits, 0.64 mm of thickness.

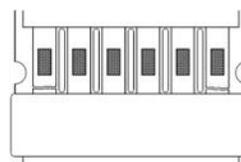


AFM C110 copper image

Identified fractures cases

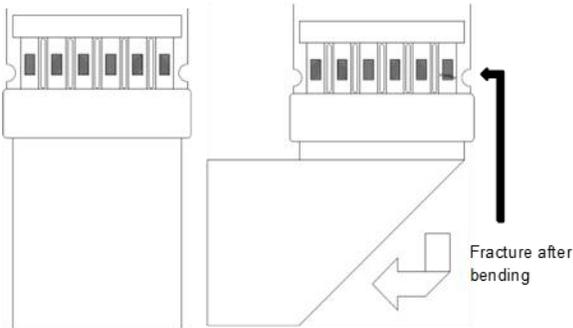
Thru our experience with ultrasonic welding at our different products, we've discovered many fractures types and its root causes, which we'll quote below:

Fracture by subassembly handling. Commonly occurs at busbar's circuit edges, as a result of a bad material handling by the operator along the assembly process.



Fracture at busbar's end circuits due to FFC handling 84

Fracture by bending process. A wrong set up of the subassembly at bending station could generate damage on the circuits located at busbar's bending side.



Fracture by welding parameters. A combination of welding parameters like high pressure, high voltage or long welding time could end in a FFC fracture.



Fracture by welder's clamp. There're two common situations which could give a poor welding or damaged circuits:

- A wrong set up of the clamp's height or position is a potential cause for a loose busbar at the anvil during the welding process. (Fig. a)
- A wrong set up of the clamp's rubber block, which secure and hold tight the FFC, could damage a circuit at the edge of petfilm. (Fig. b)

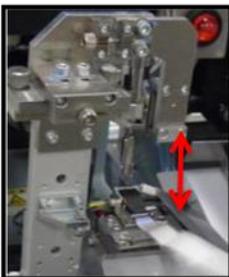
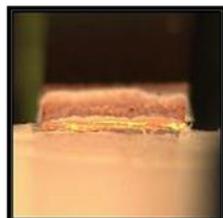


Fig. a



Fig. b



Fracture by welder's horn. Two causes are associated to this type of fracture:

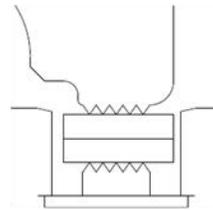
- During the horn's replacement, a wrong set up of the horn's position or a misalignment can generate a strong or remarked weld.
- A bad or wear condition of the horn's knurling shape could damage a specific area of the welding marks at the FFC.



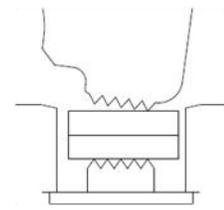
Horn's wear knurling shape



Uneven welding marks at FFC



Correct tooling set up



Incorrect tooling set up

Conclusion

The results obtained by numerous studies to determinate the root causes for different types of welding fractures at our processes, are linked to wrong setup of the welder's tooling and the material handling after the welding.

Is essential, to ensure that our material to be welded stays static during the welding and bending processes to prevent any circuit's damage.

Finally, the life and condition of the tooling, horn and anvil, have to be monitored thru our replacement pre-alarm system in the welders and the quality control station to look for any abnormality at welding marks, to fix immediately this condition.

Anexo 2

CONACYT 2017 Programas estímulos a la innovación.

Nombre del proyecto

“DISEÑO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE PLANTA PILOTO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE CABLE PLANO FLEXIBLE PARA LA ELABORACIÓN DE CONECTOR DE BOLSA DE AIRE”

El proyecto consistió en el diseño, desarrollo tecnológico e implementación de planta piloto experimental y desarrollo del nuevo proceso para manufactura de cable plano flexible con la capacidad de reducir márgenes en orillas y espesores de cobre, logrando reducir el ancho total del cable plano, manteniendo el mismo número de circuitos, así como proporcionar estabilidad al proceso para reducir mermas e incrementar la calidad del producto (durabilidad), en donde se destacan las siguientes innovaciones y características:

- 1) Laminadora de cable plano flexible con sistema de inspección y corrección automática de corte para evitar generar piezas no conformantes.
- 2) Equipo de mecanizado para el marcado de cable plano flexible (FFC).
- 3) Sistema automatizado de inspección a través de cámaras de visión integrado al proceso.
- 4) Dispositivo de identificación de piezas no conformantes.
- 5) Estación de precalentamiento de cobre para lograr incrementar la ductilidad del material y mejorar la adherencia entre materiales utilizados.
- 6) Se desarrollarán y obtendrán 2 nuevos productos (cables planos flexibles) para la industria automotriz con alta eficiencia, logrando en ellos la innovación de conectores eléctricos de bolsa de aire más compactos y con una vida de producto final más prolongada.

Con este proyecto se desarrolló el nuevo proceso para manufactura de cable plano flexible (planta piloto experimental), logrando incrementar los ciclos de vida del producto y reducir el ancho de cable plano que se utiliza manteniendo el mismo número de

circuitos, resolviendo con tecnología propia y bajos costos, la capacidad de desarrollar nuevos productos y atender los requerimientos recientes y futuros de la industria automotriz.

Incrementar la productividad en la fabricación del cable plano flexible en un 33%.y reducir el producto no conformante en un 50%.

13. Referencias.

- 1.- Mariano Martin Gordillo, "Ciencia Tecnología y Sociedad" .
- 2.- Eduardo Marino García Palacios, Juan Carlos González Galbarte, José Antonio López Cerezo, José Luis Lujan Mariano Martin Gordillo, Carlos Osorio, Celida Valdés. "Ciencia Tecnología y Sociedad una Aproximación Conceptual" 2001 Organización de Estados Iberoamericanos para la educación la Ciencia y La Cultura.
- 3.- Mariano Martin Gordillo Catedra CTS+ I Perú.
- 4.- Jorge Núñez Jover "La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar."
- 5.-<http://conacytprensa.mx/index.php/ciencia/humanidades/7015-solo-3-de-patentes-otorgadas-en-mexico-son-de-mexicanos>
- 6.-OICA (organización internacional de constructores de Automóviles)
- 7.-Handbook of corrosion Engineering Pierre R. Roberge.
- 8.-Physical Chemistry of Surfaces Arthur W. Adamson Department of Chemistry, University of Southern California Los Angeles California and Alice P. Gast. Department of Chemical Engineering, Stanford University Stanford California
- 9.-Química Cuántica Iran N. Levine Chemistry Department Brooklyn College City University of New York Brooklyn New York.
- 10.-American Welding Society Handbook Volume 3 Welding Processes Part 2
- 11.-American Welding Society Handbook Volume 3 Materials and Applications
- 12.- LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ MEXICANA, situación actual retos y oportunidades. PROMEXICO 2016.

- 13.- *Estrategia de Negocio del Laboratorio Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Recubrimientos Avanzados, CINVESTAV Universidad tecnológica de Querétaro 2016.*
- 14.- *Journal of Technology Management and Innovation ¿Que es la Gestión de la innovación y la Tecnología Sara Ortiz Cantú sortiz@iteso.mx y Álvaro R. Pedroza Zapata. apedroza@iteso.mx. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO).*
- 15.- *Strategic Management of Technology an Innovation Robert A. Burgelman, Modesto A. Maidique, Steven C. Wheelwright. Segunda edición.*
- 16 *Resistance Welding Fundamentals, Amada Miyachi January 2015.*
- 17.- *Modelo de excelencia para la gestión de la innovación Enrique Hoffman, Jorge Ferreiro, Mario Lombardozzi, Maria Noel Forame. Julio 2017.*
- 18.- *Propiedad intelectual: su regulación en la universidad pública mexicana. Alfredo Félix Buenrostro Ceballos (coordinador); prologuistas Juan Manuel Ocegueda Hernández y Miguel Ángel Margáin González. – Mexicali, Baja California : Universidad Autónoma de Baja California, 2017.*
- 19.- *IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial) Guía sobre invenciones Patentes, Modelos de Utilidad, Diseños Industriales y esquemas de trazado de Circuitos Integrados.*
- 20.- *Arts and Crafts Critical to Economic Innovation. Rex LaMore, Robert Root-Bernstein, Michele Root-Bernstein, John H. Schweitzer, James 28 April 2013.*
- 21.- *STEAM Fields and STEAM Education. Zimmer, Scott. Research Starters: Education, January, 2017. Article.*

- 22.- *Understanding Student participation and Choice in Science and Technology Education.* Ellen Karoline Henriksen, Justin Dillon.
- 23.- *El Modelo de la triple hélice como un medio para la vinculación entre la universidad y la empresa.* Helene Giselle Chang Castillo Escuela de ciencias de la Administración. Universidad estatal a Distancia Costa Rica hchang@uned.ac.cr.
- 24.- *Introducción a la soldadura por resistencia.* Entron Controls Inc.
- 25.- *Handbook for resistance spot welding.* Miller Electric Mfg. Co. www.MillerWelds.com.
- 26.- *Micro welding of electronic components.* Norbert Löffler. Laboratories and Technology at Miyachi Europe Corporation, Puchheim.
- 27.- *Laser micro welding of copper.* Dr. Geoff Shannon and Paul Sverloh Miyachi Unitek Corporation.
- 28.- *Ley de la propiedad Industrial. Última Reforma DOF 01-06-2016.*
- 29 *Guía del usuario patentes y modelos de utilidad.* Dirección divisional de patentes. IMPI.
- 30.- *Filosofía de la Tecnología.* José A. López Cerezo.