



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Mantenimiento preventivo y correctivo  
a servomotores industriales.**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniera Mecatrónica**

**P R E S E N T A**

Anel Méndez Amaya

**ASESOR DE INFORME**

M. en A. Luis Yair Bautista Blanco



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016**

# ÍNDICE

---

<b>1. Introducción.</b>	1
<b>2. Objetivos.</b>	3
<b>3. Empresa.</b>	4
3.1. Historia.	5
3.2. Casos de éxito.	8
3.3. Crecimiento a futuro.	9
<b>4. Descripción del puesto de trabajo.</b>	11
4.1. Servicios.	11
4.2. Organigrama.	14
4.3. Desempeño e intercomunicación de áreas.	15
4.3.1. Director General.	16
4.3.2. Gerente Ejecutivo.	17
4.3.3. Área Administrativa.	18
4.3.4. Laboratorio Eléctrico-Electrónico.	19
4.3.5. Taller mecánico.	22
4.3.6. Área de embobinado.	22
4.3.7. Transporte y mensajería.	22
4.4. Capacitación y formación previa.	22
4.4.1. Software y equipo de medición.	23

4.4.2. Servomotores y husillos. ....	24
4.4.3. Dispositivos de retroalimentación. ....	25
4.4.4. Conocimientos generales. ....	25
4.5. Puesto y funciones. ....	26
4.5.1. Metodología de diagnóstico. ....	29
4.5.2. Metodología de reparación. ....	40
4.5.3. Actividades en planta. ....	44
4.5.4. Laboratorio Móvil. ....	45
4.6. Proyectos. ....	46
<b>5. Aportaciones Personales a la empresa. ....</b>	<b>52</b>
<b>6. Conclusiones. ....</b>	<b>60</b>
<b>7. Referencias. ....</b>	<b>64</b>



# 1 Introducción.

México es una economía manufacturera importante en el mundo, como resultado de una acumulación de capacidades productivas en este sector desarrolladas de manera continua. Hubo una primera generación de actividades ligadas al ensamble simple y una segunda de manufacturas de mayor integración vertical, ubicándolo en la ruta de integrarse a las CGV (*Cadenas Globales de Valor*) en actividades de mayor valor agregado (diseño, logística, servicios) basadas en la innovación.

El país tiene actividades productivas altamente competitivas y con elevadas tasas de crecimiento. En el aparato productivo de México conviven sectores que están integrados a la lógica y dinámica de las CGV, que están definidos en sectores maduros, sectores dinámicos y sectores emergentes.

Los sectores maduros han perdido su competitividad gradualmente y enfrentan diversos problemas, como su reducida incorporación en las cadenas de valor, rezago tecnológico y escasa capacidad de innovación para el desarrollo de nuevos productos.

La industria, como parte del sector dinámico tiene un peso importante en el valor de la producción y la capacidad de generar empleos; cuenta con un potencial importante de crecimiento y su estructura industrial despliega rasgos deseables en la economía, mayor uso y generación de tecnología e importante vinculación con otros sectores.

Entre las industrias que han mostrado un desempeño dinámico se encuentran automotriz y autopartes, aeronáutico y eléctrico-electrónico, las cuales incrementaron su participación en el PIB en 27.8%, de 2006 a 2012, en tanto que el PIB nacional aumentó 19.3% en el mismo periodo.

No obstante, el país enfrenta retos importantes como una cadena de suministro débil y una baja integración nacional en sus manufacturas, existe escasez de técnicos e ingenieros capacitados, aún no se cuenta con las certificaciones necesarias para participar en actividades productivas más sofisticadas y existe una baja incorporación de la investigación y desarrollo en los procesos industriales actuales.

Por otro lado, los sectores emergentes se caracterizan por ser sectores de alto potencial y crecimiento hacia el futuro, que impulsan la creación de empresas y empleo de valor añadido, incorporan un fuerte componente de investigación, innovación y desarrollo en procesos, productos o servicios así como nuevas aplicaciones tecnológicas.

En mayor medida los sectores emergentes en su mayoría relacionados con nanotecnología, biotecnología y mecatrónica están vinculados al sector industrial o al de servicios de las empresas, se basan en las tendencias globales orientados a necesidades y

mercados no sólo locales o nacionales, sino internacionales; por su propia naturaleza se constituyen en precursores de la productividad y competitividad de otros sectores<sup>[1]</sup>.

En la industria debido al constante cambio tecnológico, a la automatización de los sistemas de producción y a la maquinaria que éstos emplean, se tiene escaso conocimiento acerca de las actividades de mantenimiento que garanticen el óptimo funcionamiento de los procesos.

Condition Monitoring Technologies, S.A. de C.V. brinda servicios de mantenimiento preventivo y correctivo a servomotores industriales, empleando profesionistas de ingeniería mecatrónica, mecánica, eléctrica y electrónica capaces de adaptarse al continuo cambio e innovación por la que atraviesan la mayoría de las empresas a las que atiende; busca combinar el conocimiento de personas con amplia experiencia en actividades ingenieriles con las aportaciones que recién egresados, por su habilidad de adaptación a las innovaciones tecnológicas pueden ofrecer a la empresa.

Las actividades de los profesionales que laboran en la empresa se basan en el mantenimiento correctivo a servomotores industriales, el continuo avance tecnológico los obliga a estar actualizados tanto en el avance de nuevas tecnologías aplicables a la industria, como a estar informados sobre las actividades y productos que desarrollan los clientes con el fin de poder dar soluciones integrales a los servicios que éstos solicitan.

Por todo lo anterior, Condition Monitoring Technologies, S.A. de C.V. se encuentra ubicado como parte del sector emergente, la continua innovación y desarrollo por la que atraviesa le permite ser una empresa pionera en cuanto a capacitación y apoyo al sector dinámico, además ha logrado posicionarse como empresa líder atendiendo no sólo a la industria nacional sino también a la industria internacional establecida en México.

En este reporte se hablará en general de las actividades y servicios que la empresa realiza y específicamente de las actividades que se desarrollan relacionadas con ingeniería mecatrónica, la importancia de los servicios de mantenimiento correctivo como nicho de oportunidad, tanto para consolidar una empresa importante a nivel nacional como para el desarrollo profesional sólido de nuevos ingenieros.

## 2 Objetivos.

Se dará a conocer el entorno de trabajo de una empresa dedicada a la oferta de servicios de mantenimiento predictivo y correctivo a nivel industrial, las perspectivas de trabajo de la empresa perteneciente al sector industrial multidisciplinario, así como un panorama general de las actividades que como recién egresada fui capaz de realizar, de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la carrera y de la importancia de obtener constante capacitación para mi crecimiento profesional.

Se hará una constante reflexión acerca de los retos presentes en la etapa laboral y cómo el estudio de la carrera como ingeniero juega un papel importante en la capacidad de resolución de problemas en la industria, específicamente en mediciones y soluciones eléctricas, mecánicas y electrónicas, que el giro de la empresa requiere.

### 3 Empresa.

Grupo CM, nombre comercial con el que comúnmente se le conoce a la empresa, es la fusión de dos razones sociales: Condition Monitoring Technologies, S.A. de C.V. y Servomotor Service Center, S. de R.L. de C.V., ésta última se encuentra en un proceso de desarrollo e investigación tecnológica y de transición de actividades que formará parte del futuro de la empresa; por tal motivo cada que se haga referencia a la empresa se empleará su nombre comercial.

Grupo CM es una empresa joven con aproximadamente 9 años desde su fundación, ofrece distintos servicios de mantenimiento predictivo y correctivo a nivel industrial, sin embargo su principal actividad está orientada a ofrecer servicios de mantenimiento predictivo y correctivo a motores y servomotores industriales. Es una empresa que ha pasado por un proceso evolutivo muy amplio en comparación al corto tiempo de haberse consolidado, debido al continuo avance tecnológico en la industria.

Es una empresa pequeña formada por sólo 10 trabajadores; el objetivo del dueño de la compañía por mantener un número reducido de trabajadores es poder tener suficiente control sobre las actividades que cada uno realiza y así incrementar los niveles de calidad en los servicios que ofrece. Partiendo del hecho que un paro inesperado para una empresa de manufactura puede representar pérdidas significativas, según lo informa Grupo CM en su página de internet [servomotor.mx](http://servomotor.mx): “en paros imprevistos por fallas, 80% de los costos son pérdidas en producción<sup>[2]</sup>”, los reclutadores de la empresa requieren que quienes laboran para Grupo CM tengan un alto nivel de conocimiento, experiencia y compromiso.

Trabajando bajo los conceptos de “Mantenimiento centrado en la confiabilidad” y “trabajadores multitarea” más una filosofía de “ayuda por auto-ayuda” y “conocimiento compartido”, ha convertido a Grupo CM en una empresa enfocada en nuevos retos y nuevas oportunidades, lo que contribuye al desarrollo profesional de quienes laboran en la misma, debido a las nuevas técnicas que han de adquirirse y desarrollarse para el análisis de los dispositivos electrónicos y mecánicos en continuo cambio, de éste modo ha logrado establecer relaciones laborales con empresas de reconocimiento a nivel mundial, entre las más importantes destacan empresas dedicadas a la fabricación de partes para la industria automotriz y aeronáutica.

Es su filosofía y los conceptos bajo los cuales trabaja lo que le ha permitido a la empresa desarrollarse, crecer y mantener una relación estrecha con cada uno de sus clientes, los conocimientos son compartidos con el fin de que sus clientes permanezcan fieles a sus servicios y así Grupo CM pueda seguir en constante innovación al resolver los nuevos



retos que puedan presentar las empresas con las que trabaja; un beneficio más de éste método de trabajo es que Grupo CM incrementa sus conocimientos y puede visualizar nuevos horizontes laborales gracias a las experiencias y conocimientos que los ingenieros y empresas le comparten.

Grupo CM ha sido en México una empresa pionera en ofrecer servicios de reparación a servomotores debido a la falta de conocimiento sobre la opción de reparación dentro del país (según lo comentan algunos de los clientes a quienes atiende); aunque actualmente existen otras compañías que desempeñan esta actividad, para Grupo CM posicionarse en el nivel de actividad de servicios que ofrece y la cartera de clientes con la que cuenta ha sido fruto de su ideología principal “mantenimiento centrado en la confiabilidad” y gracias a la adquisición constante de nuevas tecnologías, aceptación a la resolución de nuevos retos y al compromiso que tiene cada uno de los miembros dentro de la empresa.

### 3.1 Historia.

Paul Ziereisen fundador y miembro activo de Grupo CM es originario de Suiza, trabajó como ingeniero para una aseguradora industrial a nivel mundial; como miembro de dicha compañía estuvo en varios países como Brasil, Argentina, Estados Unidos incluyendo a México en donde radica desde hace aproximadamente 20 años. La diversidad cultural, el dominio de varios idiomas y el desarrollo profesional que obtuvo por estar en estrecha relación con la industria, han sido las principales ventajas que le aporta a Grupo CM pues son pieza clave del éxito que ha conseguido hasta el momento, pues le permite reconocer el continuo avance tecnológico que experimenta la industria y mantener a la vanguardia los servicios que ofrece.

A su retiro, Paul Z. decidió iniciar una empresa que ofrecía capacitación para las mediciones de las condiciones eléctricas a nivel industrial, fue distribuidor autorizado de un equipo para dichas mediciones que por motivos de confidencialidad no se menciona. Posteriormente aunado a los servicios de capacitación y conociendo el funcionamiento de dicho equipo, se dedicó también a ofrecer servicios de mediciones predictivas y medición de condiciones eléctricas a la industria. Sus principales actividades eran: diagnóstico dinámico a motores, termografías y endoscopías, distribución de equipos de medición y consiguió ser distribuidor autorizado de ESTUN Automation (como distribuidor de motores y servomotores).

El medio en el que Paul Z. se desarrolló cuando trabajó para la aseguradora le permitió observar las necesidades de la industria, pudiendo encontrar nichos de oportunidad para ofrecer servicios integrales de mantenimiento no sólo preventivo, sino además correctivo; con ese nuevo interés estableció una alianza de trabajo con una empresa dedicada al mantenimiento correctivo de motores convencionales (el nombre de la misma de igual

manera no se menciona por motivos de confidencialidad). Dicha empresa fungía como contratista en el mantenimiento correctivo a motores de corriente alterna y corriente directa, lo que representó para Grupo CM ir consolidando un servicio integral de prevención y corrección de fallas.

Debido a la gran cantidad de trabajo que Paul Z. consiguió en el área de mantenimiento correctivo, decidió crear un taller mecánico propio para satisfacer las demandas de sus clientes y así poder estar más involucrado en la actividad de reparación mecánica, en ese momento consideró que un sólo trabajador era suficiente para realizar las actividades que el taller mecánico demandaba y fue así que logró ofrecer además de mediciones preventivas, mantenimiento correctivo a motores.

La relación laboral que tenía con la empresa con la que estuvo en alianza fue tan estrecha, que obtuvo de ella la capacitación necesaria para desarrollar las actividades del taller mecánico que creó, por tanto la calidad del servicio que ofrecía seguía siendo la misma, a partir de aquí se comienza a hacer notoria la filosofía con la que hasta hoy trabaja (“ayuda por auto-ayuda” y “conocimiento compartido”). La relación y retroalimentación que mantuvo con dicha alianza nunca se rompió y actualmente siguen en contacto, prestando servicios uno al otro cuando los niveles de trabajo son muy elevados o cuando necesitan intercambio de conocimientos.

Una compañía con enfoque de fabricación de embalajes, fue el primer cliente a quien Grupo CM prestó sus servicios de manera potencial, esto representó para la empresa un ingreso de trabajo periódico y observó que el siguiente objetivo era encontrar clientes con necesidades de reparación de varias unidades.

Grupo CM comenzó a conseguir presentaciones en el Estado de México y en el interior de la república, con el objetivo de aumentar la cantidad de trabajo y conocer más acerca de los giros de las empresas que suelen tener fallas recurrentes en motores; de esta forma pudo incrementar el nivel de servicios con los que contaba en ese momento: mantenimiento preventivo y correctivo a motores, mediciones predictivas y calidad de las condiciones eléctricas.

Este servicio integral que ofrecía se volvió innovador para varias compañías, generándole recomendación “de boca en boca” lo que le permitió obtener su primera cartera de clientes. Con el incremento en la demanda de servicios, hubo la necesidad de incrementar también el número de trabajadores, lo que dio paso a consolidar a la empresa bajo la razón social Condition Monitoring Technologies, S.A. de C.V.

Existieron varios acontecimientos que le permitieron a Grupo CM darse cuenta que tenía potencial para desarrollar grandes proyectos y trabajar con clientes de reconocimiento a

nivel mundial, por ejemplo se puede hacer mención de la actividad que representó un reto importante para la empresa.

A causa del desastre natural que azotó a la ciudad de Villahermosa, Tabasco, ocasionado por el desbordamiento del Río Grijalva<sup>[3]</sup> en el año 2007, la embotelladora FEMSA que trabaja estrechamente con The Coca-Cola Company<sup>[4]</sup> resultó afectada y la producción de dicha planta cesó por el daño que causó la inundación a la planta. Grupo CM fue una de las empresas contratadas para dar servicio de reparación mecánica y eléctrica a los sistemas que resultaron afectados y de acuerdo a lo que relata un miembro actualmente activo que participó en dichas actividades:

“La corriente derribó una barda dando lugar a la inundación de la planta, el agua alcanzaba aproximadamente el metro de altura y obviamente se detuvo la producción; en la ciudad era evidente las repercusiones que ocasionó la inundación en la planta, no sólo por el hecho de que la planta estaba fuera de actividad, también porque la falta de distribución y escasez de producto eran notorias entre los consumidores. En las ocasiones en que se podía encontrar producto en las tiendas, las personas literalmente competían por obtenerlo, así que tuvieron que importar sus productos desde otros estados para solventar la demanda de la ciudad.”

El proyecto de rehabilitación de la planta fue largo y tardó aproximadamente 10 meses para reanudar por completo sus actividades.

Con el conocimiento que Grupo CM iba adquiriendo de la industria, Paul Z. visualizó un nuevo nicho de oportunidad al darse cuenta que las empresas que empleaban servomotores no los reparaban, atendiendo a su capacidad e interés por aceptar nuevos retos (lo que después se convirtió en un valor de la empresa) llevó a Grupo CM a incursionar en servicios de reparación y diagnóstico a servomotores.

Tener un nuevo servicio que involucra conocimientos electrónicos forzó a la empresa a establecer un sistema de continua investigación tecnológica para seguir ofreciendo la misma calidad en los servicios ofrecía, hizo necesario que la empresa incrementara el número de trabajadores que tuvieran conocimientos sobre servomotores y dispositivos de retroalimentación y surgió también la necesidad de la creación de una nueva área dentro de la empresa que permitiera atender dichos dispositivos, fue así como se creó el laboratorio eléctrico-electrónico para el diagnóstico de servomotores.

Por la naturaleza de los servomotores y las dificultades de ajuste que éstos llegan a representar, la empresa se dio cuenta que la atención a éste tipo de motores resulta ser una actividad más redituable y se convirtió definitivamente en su principal actividad, las

reparaciones a motores convencionales disminuyeron convirtiéndose en servicios complementarios e integrales.

Gracias a su filosofía “ayuda por auto ayuda” y el conocimiento adquirido, la empresa logró prestar sus servicios a empresas con altos niveles de demanda debido a sus niveles de producción, a quienes llama “clientes potenciales”. Por cuestiones de confidencialidad no se mencionan los clientes con quienes se trabaja, pero entre algunos de los sectores en los que se desempeña destacan:

- Desarrolladores, constructores y elaboradores de soluciones para embalajes de plástico (sistemas de embalaje, botellas, cierres y piezas de moldeo por inyección, preformas, tubos.)
- Productores de piezas y componentes para la industria automotriz.
- Fabricante de productos de consumo para el cuidado e higiene personal dentro y fuera del hogar.
- Productores de celulosa de papel y cuadernos.
- Compañía multinacional agroalimentaria.
- Fabricantes de componentes de seguridad para automóviles.
- Multinacional especializada en defensa, equipamiento aeronáutico y seguridad.
- Fabricantes y comercializadoras de productos de vidrio y cristal para diferentes industrias de vino, licores, alimentos, cosméticos y farmacéuticas.
- Fabricante y comercializadora de abrasivos revestidos.

La relación de trabajo con cada uno de sus clientes es generalmente de mantenimiento correctivo a servomotores, sin embargo las empresas que presentan constantes paros imprevistos o daños en sus equipos solicitan los servicios integrales que Grupo CM ofrece, con el fin de tener bajo un control periódico las condiciones bajo las cuales trabajan sus sistemas.

Actualmente la mayoría de los servomotores que Grupo CM atiende son provenientes de industrias que emplean maquinaria CNC, principalmente de la industria automotriz, debido a que las condiciones de trabajo de éste tipo de maquinaria hacen que los servomotores tengan recurrentes afectaciones internas por los solventes que se emplean para la fabricación de piezas.

### 3.2 Casos de éxito.

Por la naturaleza de algunos de sus clientes, lograr ser proveedor de éstos no ha sido sencillo, un ejemplo es la Fábrica de Billetes del Banco de México, quien se encarga del diseño, grabado y producción de billetes, no sólo mexicanos sino también de otros países; Grupo CM es el único proveedor de servicios de éste tipo y para poder lograrlo pasó por un proceso de selección, a pesar de que por ser una empresa pionera en este giro no tiene

una gran cantidad de competidores. Actualmente tiene más de dos años siendo el responsable del mantenimiento predictivo y correctivo de la Fábrica, estableciendo nuevos planes de trabajo que les benefician a ambos.

Otro ejemplo que ha sido un caso exitoso para la empresa es su relación de trabajo con Grupo BOCAR, dicha empresa tiene diferentes sucursales en el interior de la república y el área metropolitana; Grupo CM comenzó trabajando para una de sus sucursal y debido a los resultados obtenidos, ahora tiene contacto directo con los directivos de dicha empresa y es de igual forma el único proveedor de servicios de casi el total de los servicios que ofrece.

### 3.3 Crecimiento a futuro.

Actualmente la empresa se encuentra en un proceso de transición debido a que con el avance tecnológico los servomotores se han vuelto más económicos y accesibles; su fabricación está enfocada en hacer servomotores desechables, mecánicamente cuentan con gran cantidad de elementos plásticos, lo que hace más complicada su reparación y los costos de reparación aumentan en relación con el costo de adquirir un servomotor nuevo. Las codificaciones de los ajustes de cada marca se vuelven más complejas por la programación que tiene el encoder y el número de bits con los que éstos trabajan, por tanto el procedimiento de ajuste se vuelve un proceso en continuo cambio que resulta en aumento de los costos del servicio.

Muchas empresas en México a pesar de la posibilidad de poder adquirir nuevos elementos que les permitan automatizar sus plantas, deciden continuar con sistemas completamente mecánicos debido a que aún funcionan, es por esto que no han dado el paso a emplear sistemas automatizados que les permitan mejorar sus procesos productivos; sin embargo diferentes factores obligan a estas empresas a actualizar sus procedimientos, ya sea el éxito que tienen y su objetivo de expansión o las demandas de sus clientes en cuanto al incremento de la calidad de sus productos y tiempos de entrega de los mismos, todo esto hace posible un nuevo nicho de oportunidad para Grupo CM, por este diferente enfoque se ha dividido y hecho una expansión generando una nueva razón social denominada Servomotor Service Center, S. de R.L. de C.V., esta adición a la compañía pretende enfocarse a proyectos de automatización, ha comenzado su transición integrando profesionistas en el área de ingeniería mecatrónica<sup>[5]</sup> y actualmente se encuentra en un proceso de capacitación e investigación sobre servomotores y sistemas de control. Para lograrlo, Grupo CM ha conseguido generar alianzas y concesiones con AMC (*Advanced Motion Controls*®), Mitsubishi, Parker y HIWIN, que los avalan actualmente como integradores<sup>[6]</sup>.

Todo este proceso evolutivo en la empresa y el desarrollo de las actividades por las que atraviesa, contribuyen a enriquecer el conocimiento de todas y cada uno de los procedimientos referentes a la reparación de servomotores, de éste modo logrará ofrecer un servicio de demostración de alta calidad sobre funcionamiento de los servomotores en lazo cerrado, obtenido con esto mayor confiabilidad y reconocimiento a nivel industrial.

En los últimos dos años como nueva forma de mercadotecnia, Grupo CM ha participado en Expo Pack 2014 y Expo TECMA 2015, lo que le ha permitido incrementar su cartera de clientes y dar a conocer los servicios de automatización que ofrece.

Con el mercado en continuo cambio, Grupo CM tiene la convicción de mantenerse también en constante cambio como hasta ahora lo ha hecho; aunado a los servicios que ha ofrecido durante toda su trayectoria y el actual desarrollo en el área de automatización, pretende obtener un mayor crecimiento ofreciendo cursos de capacitación con temas especializados enfocados a la prevención de fallas y mantenimiento preventivo y correctivo.



Figura 3.1 Participación en Expo PACK 2014. Centro Banamex; Ciudad de México<sup>[7]</sup>.



Figura 3.2 Participación en Expo TECMA 2015. Expo Bancomer, Santa Fe; Ciudad de México<sup>[8]</sup>.

## 4 Descripción del puesto de trabajo.

Grupo CM es una empresa que ofrece servicios de mantenimiento predictivo y correctivo a nivel industrial, no todos éstos tienen que ver con la reparación de servomotores, es por ello que en la sección 4.1 se ilustra el desglose de los servicios que ofrece la empresa y se remarcan las actividades que competen a mi puesto de trabajo.

En la sección 4.3 se describen las actividades que se desarrollan dentro de la empresa según las áreas en las que está dividida la misma, sin embargo se describen únicamente las actividades que están vinculadas a mi puesto de trabajo y las que tienen relación directa con los procedimientos para realizar la reparación de servomotores.

### 4.1 Servicios.

De acuerdo a la información que la empresa presenta en su página de internet<sup>[9]</sup>, en la figura 4.1 se ilustran el total de servicios que ésta ofrece, de manera que pueda observarse en qué sector está ubicado mi puesto de trabajo.

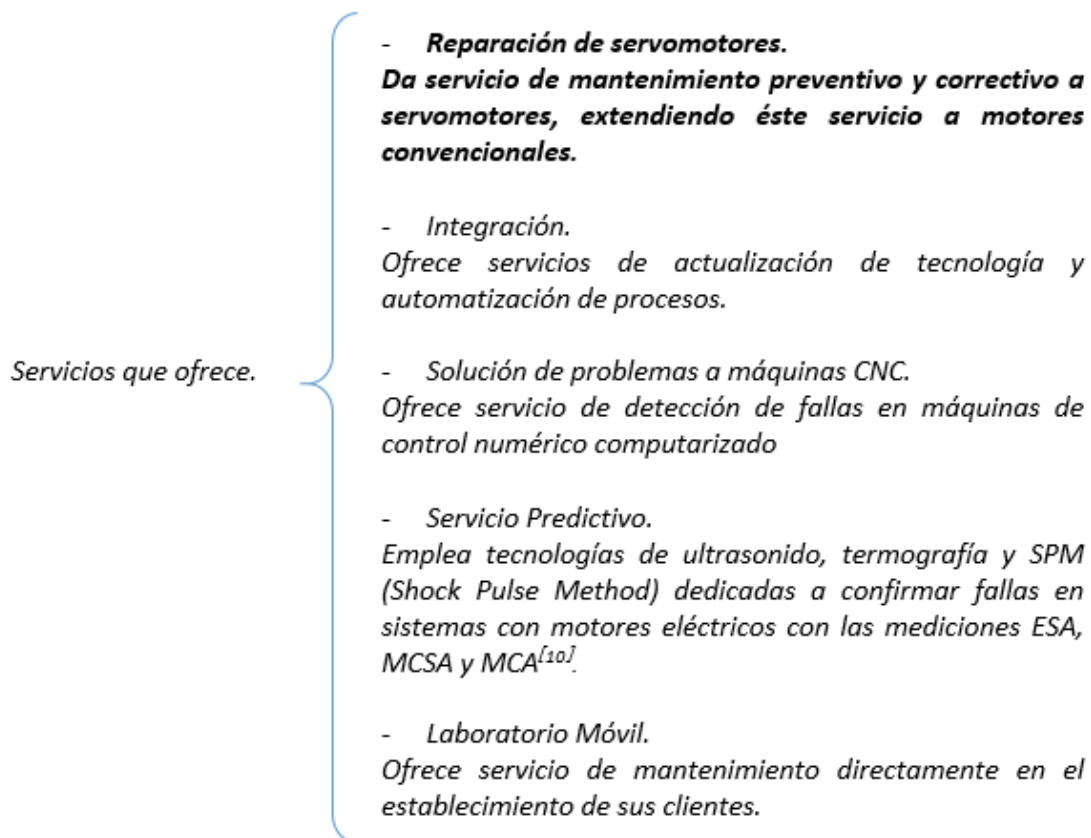


Figura 4.1 Servicios generales que ofrece la empresa.

En la Figura 4.1 se hace énfasis al servicio de reparación de servomotores, en este servicio se ven involucradas una serie de actividades que competen a distintos especialistas en el área mecánica, eléctrica-electrónica y administración; a su vez, en la Figura 4.2 se desglosan dichas actividades.

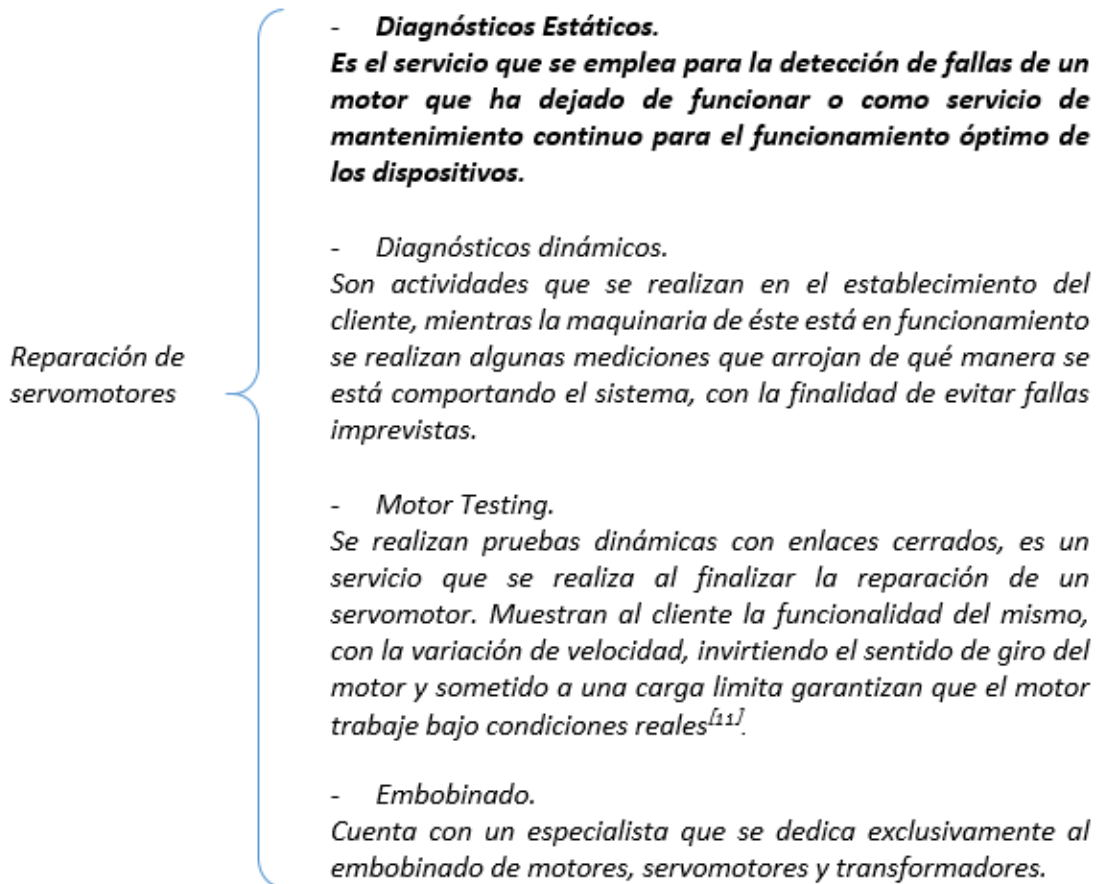


Figura 4.2 Actividades del proceso de reparación de servomotores.

Finalmente, el rubro de diagnósticos estáticos que se remarca en la Figura 4.2 consta también de distintas actividades, las cuales se desglosan a detalle en la Figura 4.3 en donde es posible identificar específicamente las actividades que se desarrollan en el puesto de trabajo que desempeñé<sup>[12]</sup>, mismas que serán definidas en el apartado 4.4.

Existen actividades adicionales que se realizan en la reparación de un servomotor, éstas no son parte del área de trabajo a la que pertenecí, sin embargo la realización de dichas actividades y los resultados que derivan de ellas son parte importante y necesaria para desempeñar mis labores, específicamente en la realización de reportes de diagnóstico y certificados que son los que contienen toda la información resultante de la inspección y



reparación de un servomotor. En el apartado 4.3 se describe a detalle la relación entre áreas y la importancia de las mismas.

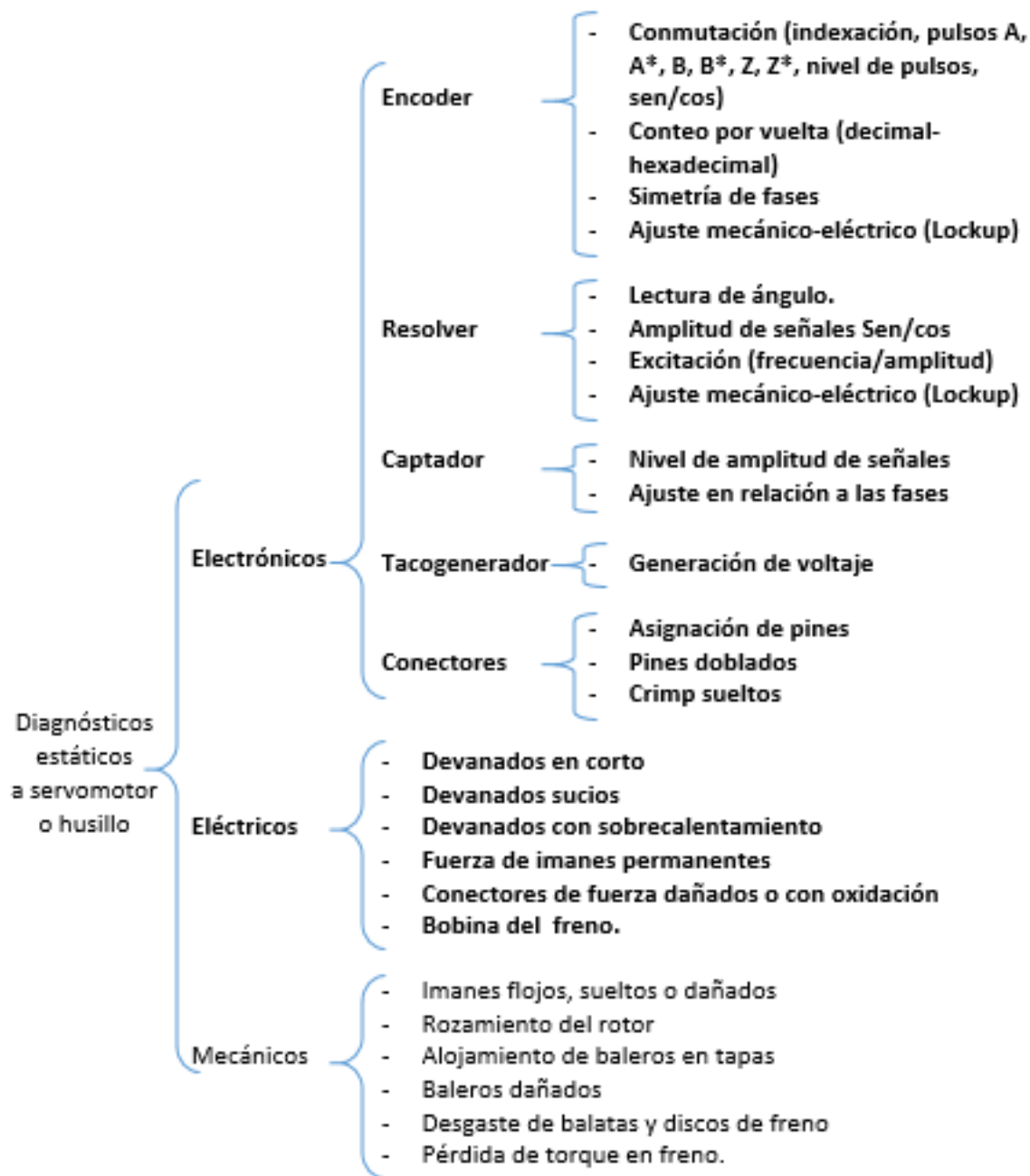


Figura 4.3 Actividades generales en el diagnóstico de servomotores.

## 4.2 Organigrama.

A pesar de que el servicio de mantenimiento correctivo a servomotores no es el único servicio que ofrece la empresa, si es su actividad principal por el momento y es el servicio que mayor precisión y detalles requiere.

En mi experiencia puedo decir que en los servicios de mantenimiento a la industria se presentan constantes condiciones de suciedad por el ambiente al que están expuestos los sistemas que emplean servomotores, sobre todo cuando se trata de empresas que trabajan con máquinas CNC pues los solventes empleados suelen penetrar en el servomotor; por lo anterior debe tenerse especial precaución en estas condiciones para prevenir el daño al que están expuestos los dispositivos de retroalimentación.

Para evitar que la suciedad presente sea un factor de daño sobre el dispositivo de retroalimentación o los componentes que conforman al servomotor, existe una estrategia de organización dentro de la empresa que comprende varias áreas destinadas para la reparación de los servomotores.

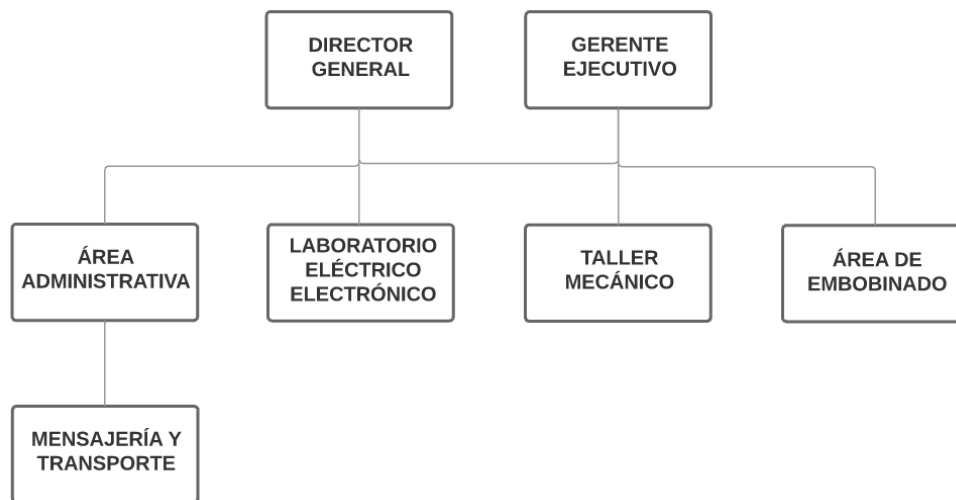


Figura 4.4 Organigrama.

Con el fin de crear un ambiente de igualdad entre los trabajadores de la empresa, uno de los conceptos bajo el cual ésta se rige es “no jerarquía laboral”, este factor impide ilustrar desde el punto de vista de la empresa un organigrama; sin embargo en las organizaciones sociales existen siempre relaciones que establecen alguna jerarquía. En la Figura 4.4 de acuerdo a la experiencia obtenida dentro de la empresa se ilustra la relación jerárquica de acuerdo a la relación y la comunicación entre las distintas áreas, se establece la jerarquía atendiendo a los niveles de importancia en la toma de decisiones.

El área en donde desempeñé mi actividad profesional es en el laboratorio eléctrico-electrónico, en el apartado 4.3.4 se describirá a detalle las actividades que se realizan en dicha área, así como la relación que se establece con el resto de las áreas de la empresa.

### 4.3 Desempeño e intercomunicación de áreas.

Una de las particularidades de la empresa que permite que el grupo de trabajo se mantenga con un número pequeño de trabajadores, es que cada uno de los miembros de los departamentos desarrollan actividades que no están definidas en su puesto de trabajo, sin embargo son actividades relacionadas al área en la que se encuentran; este es uno más de los conceptos por medio de los cuales se rige la empresa, contar con trabajadores “multitarea”, es decir los trabajadores paralelamente a las actividades cotidianas deben ser capaces de desempeñar acciones que ameriten su intervención dependiendo de las necesidades de la infraestructura de la empresa.

Cada uno de las áreas cuenta máximo con tres personas y en cada área es notoria la presencia de un líder, que es la persona con más experiencia en cuanto a conocimiento y tiempo de servicio en la empresa. Esta persona se encarga de coordinar o visualizar las actividades desarrolladas por los menos experimentados, sin embargo la prioridad de las actividades y la toma de decisiones están a cargo del Director General y el Gerente Ejecutivo.

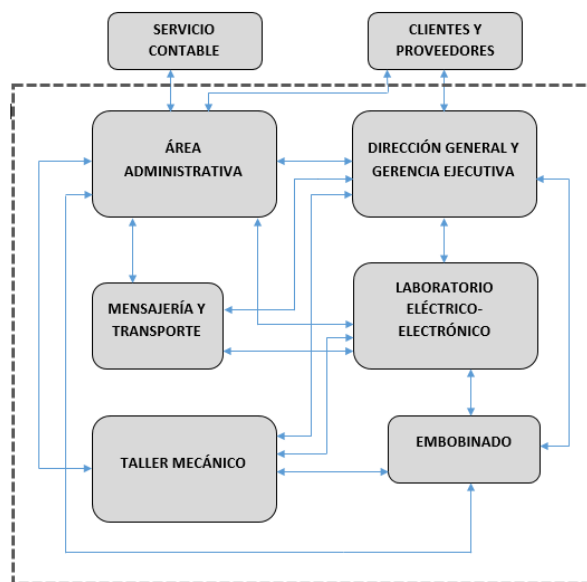


Figura 4.5 Intercomunicación de áreas.

En la estructura de la empresa el director general y el gerente ejecutivo trabajan en conjunto, las actividades que desarrollan de igual forma son múltiples y asociadas. Tienen el mismo nivel de toma de decisiones, aunque las decisiones del gerente ejecutivo siempre son revisadas o avaladas por el director general, son quienes se encargan del desarrollo de la planeación del nuevo giro de la empresa, con enfoque en la automatización.

#### **4.3.1 Director general.**

Director y dueño de la empresa, es el principal desarrollador de la logística y planeación de las actividades que en cada una de las áreas se realizan, es el principal promotor de servicios en el interior de la república y hace la selección de quienes representan ser un cliente potencial para la empresa.

Se encarga de investigar y obtener nuevos recursos que incrementan la productividad, de obtener nuevos y mejores proveedores de dispositivos electrónicos y es quien toma las decisiones para priorizar actividades aun cuando estas rompan el esquema de planeación, para obtener beneficios tanto a la empresa como al cliente.

Es un área que no tiene asignadas actividades específicas, por ello describir las actividades que realiza resulta un poco complicado, sin embargo esto hace que el concepto “trabajador multitarea” sea muy notorio. Se encarga de estar en continuo cambio e investigación debido al giro que pretende tomar la empresa, algunas de las actividades que realiza son:

- Realiza la logística y planeación de actividades en conjunto en el director general, establece la prioridad de actividades que han de desarrollarse.
- Realiza el resto de los servicios que ofrece la empresa que no tienen relación directa con el servicio de mantenimiento a servomotores, la mayoría son mediciones predictivas y genera los reportes de las mismas.
- Se encarga de toda las relaciones sociales que considera convenientes para el desarrollo y crecimiento de la empresa.
- Está actualizado del nivel de trabajo en el que se encuentra la empresa para asignar actividades en las distintas áreas.
- Atiende visitas en planta para problemas específicos y nuevos retos de solución de problemas a los que se enfrentan los clientes.
- Autoriza las operaciones que han de desarrollarse fuera de las instalaciones de la empresa.
- Autoriza la compra de insumos necesario para cada área.
- Da el visto bueno en el reclutamiento y selección de personal.

Entre las actividades que están relacionadas con la reparación de servomotores se encuentran:

- Se encarga de informar al laboratorio eléctrico-electrónico sobre los mantenimientos que deben desarrollarse y las actividades que se vuelven prioridad.
- Se encarga de comunicar y coordinar con el cliente las mejores opciones para la rehabilitación de sus dispositivos, así como hacer con éstos las negociaciones, establecer tiempos de entrega y pago.
- Se encarga de la adquisición de reparaciones electrónicas. Así como la importación de productos necesarios para el desarrollo de alguna actividad.
- Autoriza cada una de las actividades que se indican en el reporte de diagnóstico y realiza las cotizaciones.
- En conjunto con el laboratorio eléctrico-electrónico investiga acerca de dispositivos e información para incrementar el nivel de trabajo y conocimiento.
- Realiza las presentaciones en el interior de la república sobre los servicios que se ofrecen.

#### **4.3.2 Gerente ejecutivo.**

Formado por una persona con perfil ingenieril, el gerente ejecutivo también es un trabajador multitarea; está autorizado en la toma de decisiones para dar prioridad a las actividades que se realizan en los proceso de mantenimiento en el interior de la empresa, toma la mayor responsabilidad en ausencia del director general y junto con él realizan la planeación de eventos, exposiciones y presentaciones fuera de la empresa.

Entre algunas actividades extra que realiza destacan:

- Mediciones predictivas en planta.
- Reclutamiento y selección de personal.
- Actualización de datos y desarrollo del sitio web.
- Planeación y selección de visitas para mantenimiento predictivo, servicio en planta y presentaciones.
- Actividades relacionadas con exposiciones (organización, logística y selección de artículos de mercadotecnia).
- Presentaciones con fines de mercadeo.

Cabe señalar que las actividades que realizan los dos departamentos anteriores no se han detallado puesto que dichas actividades están enfocadas a múltiples servicios y actividades que no siempre participan en el proceso de mantenimiento de servomotores, en comparación con las que se realizan en las restantes áreas, que en su mayoría forman parte del proceso de reparación de los servomotores.

### **4.3.3 Área administrativa.**

Formado por un solo trabajador y siguiendo el concepto de “*trabajador multitarea*”, las actividades que aquí se desempeñan son muy variadas. Es un área que está en comunicación continua con el resto de las áreas que se ilustran el organigrama, con el objetivo de que todos los procesos se realicen de manera organizada y que cada uno de los departamentos cuenten con los materiales necesarios para realizar sus actividades.

No es un área que participe directamente con la reparación de un servomotor, sin embargo la mayoría de las actividades que realiza están enfocadas a ello.

#### **Atención a clientes.**

Se encarga de dar información detallada acerca de los servicios que ofrece la empresa, es el principal punto de comunicación entre el cliente y los especialistas durante todo el proceso de mantenimiento sus dispositivos, mantiene comunicación continua con los clientes aun cuando han finalizado los servicios con el fin de conocer si el funcionamiento de los equipos reparados es satisfactorio; cuando la información que el cliente necesita es técnica se encarga de asignar a un especialista para dar respuesta, sin embargo la información técnica de la que tiene conocimiento la toma bajo su responsabilidad y da respuesta a los clientes sobre ésta.

Es en esta área donde finalmente llegan los reportes de diagnóstico y certificados que resultan del proceso de reparación de servomotores, así como las cotizaciones que han sido previamente realizadas por el director general o el gerente ejecutivo, para hacerlos llegar al cliente.

#### **Organización y control.**

Se encarga de calendarizar las actividades que son planeadas por el director general y el gerente ejecutivo, de actualizar el desarrollo de cada una de las actividades y contribuye a priorizar actividades según las necesidades inmediatas que los clientes le informan.

Toma responsabilidad de asignar actividades cuando el director general y el gerente ejecutivo no se encuentran presentes, funciona como medio de comunicación y coordinación entre las decisiones tomadas por el director y el gerente y las actividades que se desarrollan en cada una de las áreas.

Cuando los servicios han de hacerse fuera de la planta, es la encargada de establecer con el cliente las fechas, actividades y requisitos necesarios para la visita de los especialistas. Es también la encargada de coordinar las actividades que realiza el área de transporte y mensajería, mantiene abastecido el almacén y controla la distribución de los insumos necesarios en cada una de las áreas.

### **Finanzas.**

Está encargada de todas las transacciones monetarias de la empresa, hacer cobro y pago de servicios, pago de salarios, generación de facturas, distribución de recursos para la compra de refacciones e insumos, entre otros.

Organiza el historial de gastos e informes para un sistema contable externo. El servicio contable es una actividad que desarrolla un proveedor y es la comunicación entre el mismo y el director general.

### **Proveedores.**

Cuando se requieren nuevos suministros o proveedores de algún producto o servicio es la encargada de resolver esta necesidad y hacer las negociaciones y compras de los mismos, cuando el director general así lo solicita.

### **4.3.4 Laboratorio eléctrico-electrónico.**

Formado por dos especialistas con perfil ingenieril, es una de las áreas con mayor presencia en el desarrollo de diagnóstico y reparación de servomotores, pues es el centro de todo este proceso, es aquí donde se hacen las mediciones electrónicas, eléctricas, e inspecciones visuales y mecánicas de las condiciones en las que se recibe un servomotor y mediante una comunicación constante son comunicadas al resto de las áreas.

Valida la necesidad de embobinado y se hace un análisis detallado de la funcionabilidad de cada una de las partes electrónicas del servomotor para determinar cuáles han de reemplazarse y cuáles pueden repararse. De ser posible hace las reparaciones electrónicas en los conectores y la rehabilitación de los dispositivos de retroalimentación. Realiza el ajuste a los servomotores y al final de la reparación realiza las pruebas finales que garanticen el funcionamiento óptimo del servomotor.

Cuando es necesario hace visitas en planta ya sea para complementar algún servicio o cuando las reparaciones deben hacerse de manera urgente. Es uno de los principales centros de investigación en cuanto al funcionamiento de servomotores y dispositivos de retroalimentación se refiere y se encarga de hacer toda la documentación y reportes referentes al proceso de reparación de un servomotor.

A continuación se describen de manera general las actividades que se desarrollan dentro de esta área y su relación con otras áreas, de modo que en el apartado 4.5 la descripción de las actividades que desarrollé pueda tener un enfoque más claro.

### **Comunicación con el gerente ejecutivo y el director general.**

La comunicación entre estas tres áreas debe ser muy estrecha debido a que la toma de decisiones provienen del director general y el gerente ejecutivo, dicha comunicación es continua y detallada durante todo el proceso de reparación para que éstos puedan mantener informado al cliente de los procedimientos que se efectúan a sus dispositivos, y así el cliente pueda tomar decisiones al momento para modificar, incrementar o suspender el proceso de reparación según les convenga.

Envía el reporte de diagnóstico obtenido de cada servomotor, a fin de que estas áreas aprueben cada una de las actividades que han de desarrollarse para la reparación, así como para generar las cotizaciones, se envían también los certificados de mantenimiento para ponerlos a disponibilidad del cliente en el portal de internet.

Es el principal apoyo técnico del director general, están en constante comunicación y actualización de información y software que simplifican procesos e incrementan el nivel de conocimiento sobre el funcionamiento de los servomotores y dispositivos que emplean los mismos. Tienen también comunicación cuando se requiere compra de dispositivos específicos, tales como conectores, cables, dispositivos de retroalimentación o cualquier refacción necesaria referente a la electrónica del servomotor.

### **Comunicación con el taller mecánico.**

El trabajo en conjunto de estas dos áreas es primordial para la correcta reparación del servomotor. En dichas áreas hay comunicación bidireccional en todo momento hasta el término de la reparación de un servomotor; con la información que recibe el taller mecánico del laboratorio, éste pone énfasis para ubicar los daños internos del servomotor, mientras que en caso inverso, el laboratorio puede desarrollar por completo el reporte de diagnóstico que muestra a detalle cada una de las condiciones de falla del motor así como las actividades a realizar para su rehabilitación.

El taller mecánico debe entregar al laboratorio el servomotor en las mismas condiciones de armado como fue recibido por éste, sin embargo en algunas ocasiones cuando el taller mecánico ha concluido sus actividades de reparación existen ciertos procedimientos como por ejemplo la necesidad de hacer el ajuste previo para evitar tratos bruscos al dispositivo de retroalimentación, los que hacen imposible que el taller mecánico complete el ensamble del servomotor, es entonces el laboratorio el que se encarga de concluir dicha actividad, el taller mecánico da toda la información necesaria para que estas actividades puedan llevarse a cabo y dejar al servomotor en óptimo funcionamiento mecánico, e informar de cada uno de los detalles del proceso de reparación mecánica para generar el certificado de mantenimiento, que es la garantía de funcionalidad que se da al cliente.



### **Comunicación con el área de embobinado.**

La relación con el área de embobinado es importante para el funcionamiento final del motor, es una comunicación que existe únicamente cuando las mediciones del laboratorio arrojan daños severos en el embobinado del servomotor que es necesaria la participación del embobinador. Esta comunicación consiste únicamente en compartir la información acerca de las condiciones eléctricas finales e iniciales del embobinado y así poder validar el funcionamiento del servomotor cuando se haya terminado la reparación.

### **Comunicación con el área administrativa.**

La comunicación con esta área es limitada, existe únicamente cuando el área administrativa necesita información detallada acerca de algún servicio realizado con anterioridad. O en ausencia del director general y el gerente ejecutivo, es aquí donde se entregan los reportes de diagnóstico y certificados de mantenimiento. Es a esta área donde se solicitan refacciones existentes en almacén, herramientas y materiales de uso continuo.

### **Comunicación con el área de mensajería y transporte.**

La comunicación con esta área es también limitada, se da sólo en el caso de que la entrega de los servomotores tenga especificaciones o recomendaciones o cuando se solicita alguna refacción o material y es necesario aclarar detalles sobre las características de los materiales.

### **Comunicación con el cliente.**

La comunicación que esta área tiene con el cliente es estrictamente técnica, se establece cuando surgen problemas de conexión o aclaraciones específicas en el funcionamiento de los servicios terminados, o cuando se realizan servicios en planta.

### **Actividades extraordinarias.**

Estas actividades no tienen una relación directa con el mantenimiento a servomotores, son actividades imprevistas o esporádicas que surgen en el interior de las instalaciones de la empresa, que por su naturaleza y el perfil de quienes laboran en esta área son desarrolladas por los mismos. Algunos ejemplos de este tipo de circunstancias son detalladas en el apartado 4.5.1 como parte de proyectos extraordinarios que desarrollé dentro de la empresa.

### **4.3.5 Taller mecánico.**

Integrado por tres trabajadores, es el departamento que se encarga principalmente de las reparaciones mecánicas del motor. A ésta área llega toda la información recabada de un primer diagnóstico que se realiza en el laboratorio eléctrico- electrónico, el cual informa de los niveles de daño que el motor puede presentar y a los que debe prestársele mayor atención.

Se encarga de revisar a detalle las condiciones visuales del embobinado y de cada una de las partes mecánicas, es responsable de dar información oportuna de las partes dañadas para la generación del reporte de diagnóstico y para la compra a tiempo de refacciones.

### **4.3.6 Área de embobinado.**

Esta área está formada por un embobinador experimentado, es aquí en donde se embobinan motores, servomotores y transformadores. Las únicas interacciones de esta área son con el laboratorio eléctrico-electrónico y con el director general que es quién que prioriza las actividades de embobinado, supervisa y aprueba el término del mismo.

Mantiene esporádica comunicación con el área administrativa para la obtención de insumos que requiere su actividad.

### **4.3.7 Transporte y mensajería.**

A cargo de una sola persona, es el área encargada de ejecutar las compras, hacer el envío y recolección de dispositivos a los que se hará mantenimiento (motores, servomotores, transformadores, etcétera.)

De manera extraordinaria, las actividades que realiza están relacionadas con el mantenimiento físico de la empresa.

## **4.4 Capacitación y formación previa.**

Para ocupar el puesto de especialista en servomotores es necesario tener un conocimiento previo sobre electricidad, electrónica y funcionamiento de motores. La capacitación necesaria se desarrolló tanto en el laboratorio eléctrico-electrónico como en el taller mecánico, ésta estuvo relacionada directamente con el manejo del software que emplea la empresa para realizar las mediciones de dispositivos de retroalimentación, para el ajuste de los servomotores y para las mediciones de devanados; además de una temporada de capacitación en desensamble de motores como método de *Know-How*.

La explicación general de las actividades que se realizan en el área de reparación de servomotores resulta sencilla de imaginar, sin embargo la capacitación también radica en saber cómo y cuándo prestar atención a los detalles de un mal funcionamiento y a los resultados de las mediciones, aprender a diferenciar un ruido mecánico de un ruido eléctrico y las vibraciones resultantes de los daños internos en el motor, lo que ayuda a determinar junto con las mediciones lo que se espera encontrar en la inspección visual interna.

En general se trata de conocer los instrumentos de medición, las metodologías y procedimientos que se desarrollan y compartir el conocimiento empírico resultado de la experiencia de los líderes de las distintas áreas; aunque trabajar con elementos y dispositivos que están en constante cambio obliga al especialista a renovar constantemente sus conocimientos y lo mantiene en continua investigación.

#### **4.4.1 Software y equipo de medición.**

Para evaluar las condiciones de funcionamiento del servomotor se emplean diferentes tipos de software que por cuestiones de confidencialidad no se mencionan la marca ni el modelo; estos equipos son los que determinan la confiabilidad de los dispositivos de retroalimentación, la condición del ajuste del servomotor y de los devanados del estator.

En la evaluación de dispositivos de retroalimentación se determina con varias y repetidas pruebas que éstos se encuentren en óptimo funcionamiento ya que de ello dependerá la realización del correcto ajuste al servomotor. Los instrumentos de medición que se emplean para verificar lo anterior son los mismos que ayudan a realizar el ajuste; en la sección 4.5.1 se describe la importancia del mismo.

La evaluación de devanados consiste en la importancia de saber interpretar los resultados obtenidos en el software empleado para este fin, se hacen mediciones de los parámetros de resistencia, impedancia, inductancia, relación corriente frecuencia, ángulo de fase y aislamiento; estas mediciones brindan información previa de lo que se espera encontrar y a lo que se debe poner especial atención al momento de realizar la inspección visual interna, por ejemplo: mala geometría de las bobinas, sobrecalentamiento, suciedad o humedad en los devanados, devanados en corto circuito y pérdida de aislamiento. En la Figura 4.6 se muestra un ejemplo de cómo opera este instrumento de medición.

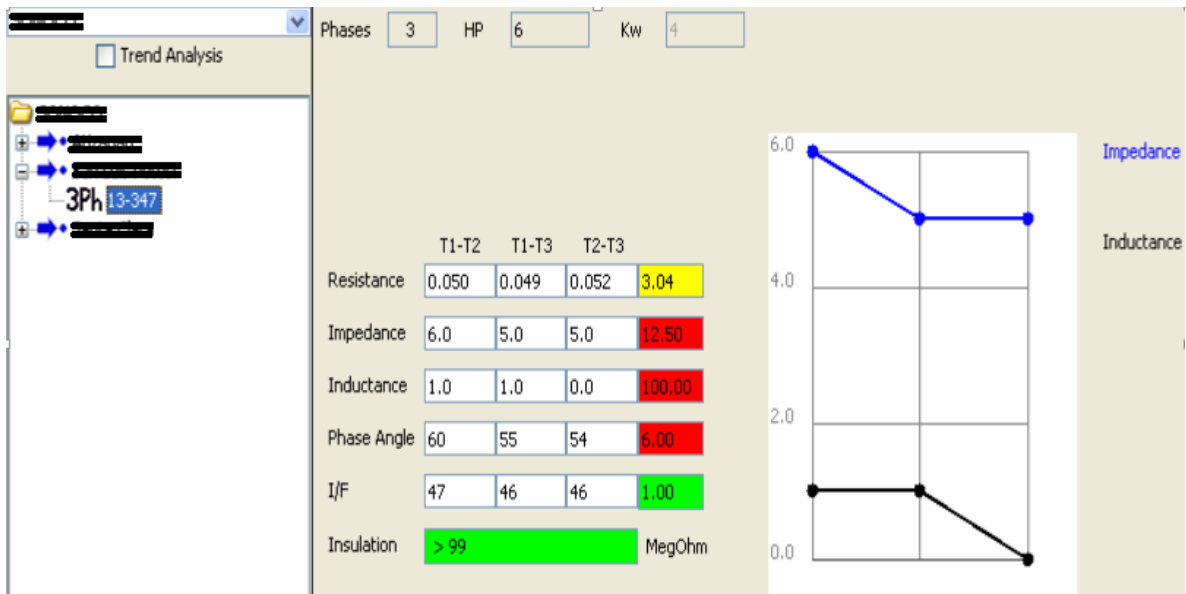


Figura 4.6 Medición de devanados.

#### 4.4.2 Servomotores y husillos.

Grupo CM cuenta con un compendio de procedimientos clasificados de cada uno de los motores a los que atiende, en esta información se dan a conocer las características del servomotor, la marca y modelo del dispositivo de retroalimentación, el tipo de conectores que emplea, el cableado necesario para las mediciones, los resultados que deben encontrarse en dichas mediciones, el ajuste que el fabricante determina y los datos que deben esperarse al realizar un rodado en vacío, que son actividades a realizar de manera rigurosa.

La empresa atiende una gran gama de marcas y modelos de servomotores, y aunque el algoritmo para realizar los diagnósticos es similar en cuanto a la serie de pasos que han de desarrollarse, cada procedimiento varía dependiendo del modelo y marca del servomotor, de su estructura mecánica, de las actividades a desarrollarse para la reparación y del procedimiento para realizar el ajuste; por ello es importante identificar los diferentes tipos de motores que se analizan con mayor frecuencia y conocer el principal procedimiento que se tiene preestablecido para cada uno.

Por otra parte, los husillos son motores que también cuentan con un dispositivo de retroalimentación, sin embargo éste únicamente sirve para determinar la velocidad del motor y no como un dispositivo de control, por tanto no requieren de un ajuste específico. En este tipo de motores debe verificarse únicamente si el funcionamiento del encoder es correcto y para ello debe tenerse conocimiento del tipo de dispositivo que éstos emplean.

### **4.4.3 Dispositivos de retroalimentación.**

Es necesario conocer los diferentes tipos de dispositivos de retroalimentación con los que trabajan los servomotores que atiende la empresa, éstos se pueden clasificar en encoder, captadores y resolver; los hay de varias marcas y modelos para cada tipo de dispositivo dependiendo de la funcionabilidad del motor y de las características de precisión que cada uno tenga.

Es primordial conocer sobre el principio de funcionamiento de los dispositivos de retroalimentación que se emplean, sin embargo la capacitación específica sobre este tema no radica en el modo de operación de los dispositivos, sino en la vulnerabilidad que presentan al ser manipulados, sobre todo en el caso del encoder que al ser dispositivos digitales están compuestos por elementos que siempre son susceptibles al daño al momento de la extracción durante el desensamble del servomotor.

No obstante, cualquier dispositivo de retroalimentación corre riesgo de ser dañado al momento de la extracción, incluso las partes mecánicas del servomotor son también propensas al daño si se desconoce la estructura mecánica de ensamblado. Por lo anterior es indispensable conocer sobre los procedimientos de extracción de los diferentes dispositivos de retroalimentación, que son distintos para la mayoría de marcas y modelos de los servomotores.

### **4.4.4 Conocimientos generales.**

#### **Metodológicos.**

Después de conocer los elementos eléctricos y electrónicos a los que se deben realizar mediciones, debe tenerse conocimiento sobre el procedimiento que ha de seguirse para el diagnóstico. Es importante tener una serie de pasos bien definida debido a que la omisión de algunos de los pasos podría causar perturbaciones o fallas en el motor que no representaban el origen del problema; por ejemplo, intentar correr un servomotor sin previamente haber notado algún daño en el freno puede desencadenar un falla en los devanados que desencadenaría un daño irreversible en el servomotor sin ser éste la causa origen del problema. Dichos procedimientos son seguidos casi de manera rutinaria, no por ello debe dejarse de lado el análisis de cada paso y en todo momento el uso de la lógica debe estar presente, principalmente en la atención de nuevos modelos y marcas de servomotores que por su mecánica impidan el desarrollo metódico del diagnóstico.

#### **Mecánicos.**

Una capacitación extraordinaria a las actividades que se realizan en mi puesto de trabajo fue la de desensamble de servomotores, dicha actividad es realizada en el área de taller

mecánico pero son mostradas y practicadas con el fin de tener un conocimiento general acerca de las fallas internas que pueden generarse en el servomotor, el conocimiento de estas circunstancias ayudan a determinar las posibles causas de daño, así como seleccionar las actividades a realizarse para la reparación.

El desensamble de cada marca e incluso de modelo de motor es distinta y debe tenerse especial cuidado cuando se desarma para evitar daños en los devanados, en la flecha o en las tapas, principalmente en el alojamiento de los baleros debido a que en ocasiones los baleros cuentan con seguros que controlan su posición en el alojamiento de la tapa y una alteración en el orden de desensamble puede ocasionar pérdida total de dicha pieza. Al realizar el desensamble generalmente puede notarse las afectaciones previstas en las mediciones, las fallas comunes en el interior de un motor son:

- Desgaste o daños de baleros.
- Huelgo en los alojamientos de los baleros.
- Devanados con suciedad, humedad, en corto o con sobrecalentamiento.
- Oxidación en interior por penetración de líquido solvente.
- Imanes permanentes sueltos.
- Balatas de freno desgastadas.
- Bobina de freno dañada
- Daños en la armadura del motor por desbalance o roce de partículas extrañas.

### **Conceptuales.**

Finalmente debe tenerse conocimiento de conceptos que están involucrados en todo el proceso de diagnóstico y reparación del motor, durante la capacitación se hace mención de éstos pues son fenómenos y datos que deben considerarse en el diagnóstico del servomotor y que si bien se trata de un trabajo que se convierte en rutina, son conceptos que estudiados a profundidad como actividad de iniciativa del especialista permiten comprender más a fondo la relación de dichos conceptos con el funcionamiento de un servomotor, por ejemplo la relación existente entre el número de polos de un servomotor con su velocidad y ajuste.

## **4.5 Puesto y funciones.**

En el apartado 4.1 se han descrito de manera general las actividades que se realizan en la empresa donde trabajé, se ha descrito también las áreas involucradas en el servicio de reparación de servomotores que es la actividad principal en la cual participé.

En este apartado se describen las actividades específicas del laboratorio eléctrico-electrónico que es el área en donde se realizan las principales mediciones sobre el funcionamiento eléctrico, electrónico y mecánico de un servomotor, es por esto que las

personas que desempeñen esta labor deben tener un perfil ingenieril relacionado con las áreas de eléctrica, electrónica y mecánica que le permitan entender los fenómenos que causan las principales fallas a los servomotores, así como ser capaz de dar soluciones a los distintos problemas que los mismos presentan, obtuve el puesto debido a que el perfil que me brinda mi educación profesional me hace un elemento competente.

El nombre formal de mi puesto de trabajo es “Especialista en servomotores”, estuve encargada principalmente de evaluar las condiciones de funcionamiento de los servomotores para la detección de fallas, de asignar actividades de rehabilitación y/o reparación y realizar reparaciones electrónicas a los servomotores y dispositivos de retroalimentación.

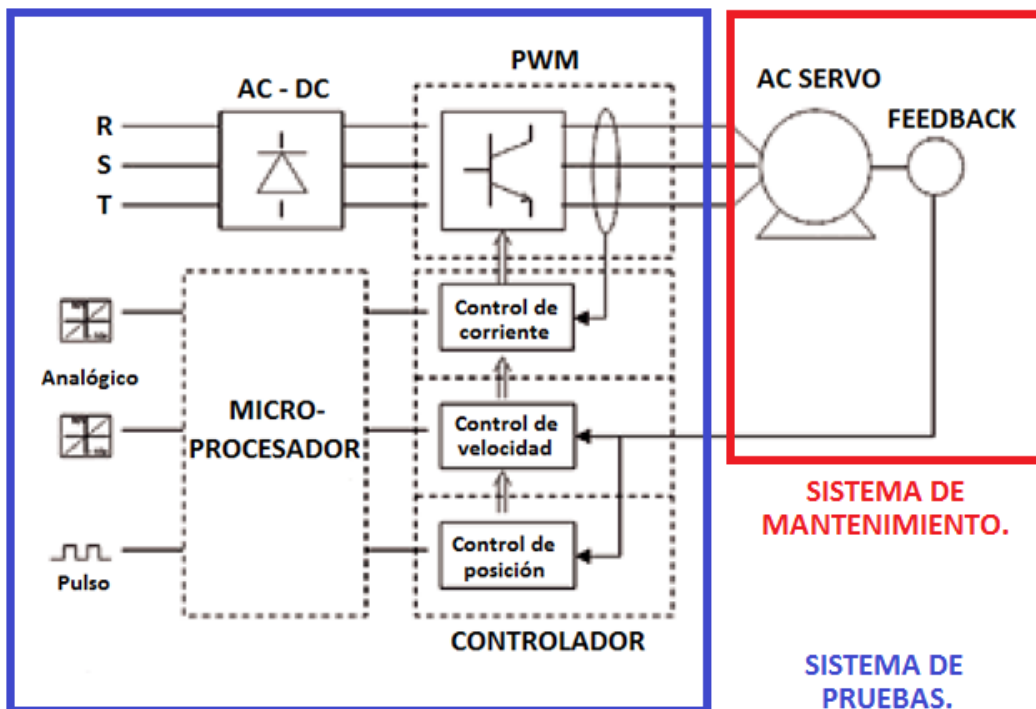


Figura 4.7 Esquema general de elementos de control de un servomotor industrial.

En la figura 4.7 se muestra el esquema general de los elementos que forman el sistema de control de un servomotor a nivel industrial, los elementos agrupados en la parte izquierda de dicha figura son los que emplea la empresa con la finalidad de verificar, evaluar y mostrar el correcto funcionamiento los servomotores que son reparados. Por otro lado, los elementos agrupados y que se definen como elementos de mantenimiento en la parte

derecha de la figura son los componentes y dispositivos a los que se aplican las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a servomotores.

Por tratarse de servicios de mantenimiento, como especialista en servomotores siempre debí tener en cuenta que en la mayoría de los casos las actividades a desempeñar se realizarían bajo presión, debido a que gran parte de las solicitudes de servicio son situaciones de emergencia; no obstante con lo anterior, las actividades siempre las desarrollé de manera meticulosa como el puesto lo exige, ya que de ello depende el éxito y la garantía del servicio.

El trabajo que desempeñé como especialista me obligó a estar informado de todas las actividades de reparación a las que se sometía cada servomotor aun cuando éstas no pertenecieran a mi área de trabajo, debido a que una vez iniciado el proceso de reparación recae sobre el especialista la responsabilidad de documentar los procedimientos y condiciones de falla presentes en los servomotores.

En cada servicio debí también tener conocimiento del giro de la empresa del cliente, lo que me permitía poder hacer análisis y conclusiones sobre el entorno de trabajo del servomotor, lo que me ayudaba a entender las principales causas de daño, además de asegurarme que en la garantía de reparación se contemplaran dichas condiciones de trabajo; es decir en varias ocasiones aunque extraño parezca, los clientes no controlan las condiciones ambientales bajo las cuales operan y las complicaciones o daños que éstas podrían ocasionarle a su sistema, o bien, el descuido de los operarios en el trato al servomotor es la causa principal del daño y no las condiciones de uso de los dispositivos.

Es indispensable y es norma que el especialista realice una bitácora, en ellas recabé toda la información tanto del cliente, de las mediciones realizadas y de la información proveniente de las otras áreas de trabajo, lo que me facilitó el desarrollo de los reportes de diagnóstico.

Los reportes de diagnóstico son los documentos en donde se detallan las condiciones que afectan al servomotor y las actividades que han de realizarse para su reparación, es por ello que el desarrollo de actividades conjuntas con las distintas áreas de la empresa existe, porque es indispensable un intercambio de información clara y detallada sobre las condiciones de cada uno de los elementos que conforman al servomotor, misma que es asentada en el reporte de diagnóstico, con el fin de que el director general o el gerente ejecutivo tengan conocimiento de las actividades a realizarse y del tiempo aproximado que se invertirá en cada una de ellas y de este modo, poder generarle la cotización del servicio al cliente.

Para realizar las actividades de mantenimiento correctivo a los servomotores existe una metodología preestablecida, es regla seguir éste procedimiento a menos que durante el



diagnóstico decidiera modificar el orden de las actividades cuando las condiciones de ensamblado del servomotor no permitían ejecutar dicho procedimiento. Es un proceso largo en el que hay que prestar atención a todos los fenómenos que presenta el servomotor a su llegada y al resultado de las mediciones realizadas para poder reparar con éxito el mismo.

Por todo lo anterior es necesaria la capacitación sobre la metodología y actividades de reparación descritas en los apartados 4.5.1 y 4.5.2; cada etapa a la que es sometida el servomotor, tanto de revisión como de reparación consta de una serie de pasos y normas que fue indispensable que como especialista dominara, se enlista a continuación todo el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo de un servomotor, que es la descripción de cada una de las actividades que desarrollé en la empresa, así como las principales funciones que describe el puesto.

#### **4.5.1 Metodología de diagnóstico.**

El proceso de reparación de un servomotor se realiza de forma genérica, es decir los pasos a realizarse son preestablecidos, sin embargo dependiendo de las condiciones de daño o ensamble de cada uno o de la afectación que estén fuera de las condiciones a las que pudieran llamarse regulares, el especialista debe atender desde su conocimiento y criterio, la manera de alterar el orden de la metodología siempre y cuando todas las actividades que deben realizarse para su evaluación estén presentes. Hay situaciones que evidentemente impiden que las mediciones o la metodología sean realizada en su totalidad, sin embargo estos eventos son situaciones catastróficas y son mejor detalladas en la descripción del punto 3 de este apartado.

En todo el proceso de reparación se hace un compendio de imágenes que demostrarán cada una de las afectaciones o detalles que deberán ser justificantes de las actividades que se establecerán para su reparación o rehabilitación, dicho compendio es también importante como complemento de la información que se comparte con otras áreas.

##### **1. Captura de datos e inspección visual:**

Todo motor que llega a la empresa para ser reparado, rehabilitado o diagnosticado, es clasificado con un número de Orden de Trabajo (O.T.) con fines de organización y control. Por ser actividades de mantenimiento no se atienden los servomotores por orden de ingreso a la empresa, la prioridad de atención o el nivel de emergencia del cliente son evaluadas por el director general o el gerente ejecutivo y ellos informan al laboratorio eléctrico-electrónico el orden en el que han de hacerse las reparaciones.

Debido a que en el reporte diagnóstico se demostrará al cliente todos los detalles de las condiciones iniciales del servomotor y de las actividades para su reparación, es necesario

no perder detalle de cada uno de los daños visuales exteriores, así que todos los detalles por mínimos que parezcan deben ser capturados en imagen para justificar su reparación o rehabilitación.



Figura 4.8 Daño en tapa trasera de un servomotor por altas temperaturas.

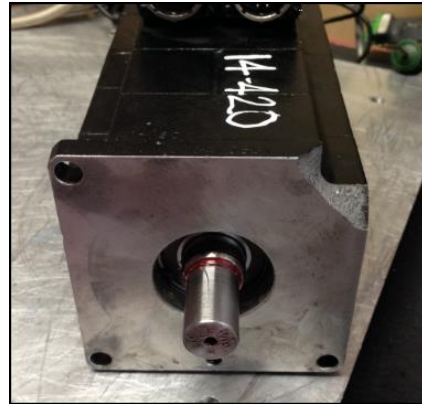


Figura 4.9 Brida rota.

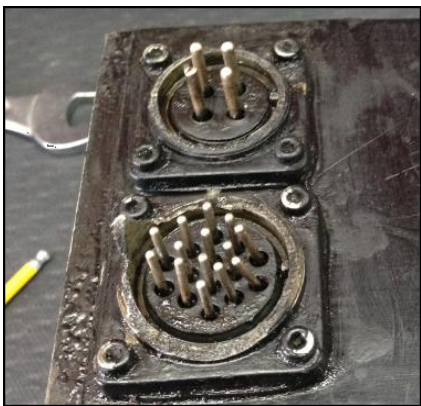


Figura 4.10 Conectores rotos, representan daño irreparable.



Figura 4.11 Información en conector sobre la identificación de pines.

Las condiciones de suciedad externa por ejemplo, muestran un preámbulo sobre el ambiente de trabajo en el que trabaja el servomotor; éste es un dato importante, a partir de la experiencia es posible ir determinando no sólo los ciclos de trabajo a los que éste puede estar expuesto, sino también el trato que el cliente da a sus dispositivos lo que en muchas ocasiones indica poner especial atención en la revisión de bridas, tapas y barrenos

con roscas; ejemplos que ilustran dichas condiciones de uso se muestran en las figuras 4.8 y 4.9 que son casos extremos en donde el daño por un mal trato es evidente y junto con los resultados de las mediciones realizadas nos muestran información previa sobre lo que se espera encontrar en la inspección interna.

Se revisan las condiciones de los conectores de control y fuerza, y aunque no han de hacerse las mediciones eléctricas y electrónicas aún, el estado en el que éstos se encuentren permite decidir si son funcionales para realizar dichas mediciones, o en caso de presentar daños tener en cuenta un requerimiento de refacción o rehabilitación como en los casos que ilustran las figuras 4.9 y 4.10. La visualización del modelo y de las condiciones de los conectores, en muchas ocasiones facilita la identificación de cables, tanto de la asignación de fases del servomotor como de la señales del dispositivo de retroalimentación como lo ilustra la figura 4.11.

En esta paso de la metodología se capturan los datos de la placa de datos del servomotor, independientemente de dar a conocer los valores de voltaje de alimentación, de número de fases y de corriente de consumo; es necesario para saber si el modelo y marca se encuentra en el compendio de procedimientos que se menciona en el apartado 4.4.2, de no ser así, es posible a partir de aquí ir determinando el tiempo aproximado que tardará en hacerse la investigación sobre las especificaciones y características del servomotor como son la identificación de fases, tipo de conectores y dispositivo de retroalimentación principalmente. Toda esta información se va recopilando en la bitácora de trabajo, que además de ser usado para el desarrollo del reporte de diagnóstico, es la información con la cual se va incrementando la información de dicho compendio.

## **2. Mediciones eléctricas.**

Después de haber sido identificadas las fases del servomotor, ya sea de la información obtenida del procedimiento correspondiente o de la información de los conectores; se realizan las mediciones eléctricas que es la evaluación de los devanados que se describe en el apartado 4.4.1, dichas mediciones muestran las condiciones de las partes internas en las que se espera encontrar el servomotor al momento del desensamble, por ejemplo suciedad, humedad, sobrecalentamiento, falta de aislamiento o corto circuito.

Estos resultados, aunados al conocimiento de las condiciones bajo las cuales trabaja el servomotor, permiten entender el origen del daño y de este modo es posible asignar las actividades adecuadas para corregir o evitar la falla, además ayudan a sugerir al cliente modificar si le es posible las condiciones de trabajo a las que se somete el servomotor que por lo general se trata de condiciones ambientales, por ejemplo protección del servomotor en ambientes de altas temperaturas.

### **3. Condiciones mecánicas preliminares.**

Durante la inspección visual externa y las mediciones eléctricas, es posible identificar posibles daños de elementos mecánicos, por ejemplo tener un servomotor amarrado por mal funcionamiento de freno, malas condiciones de los baleros, o condiciones catastróficas entre el rotor y el estator. Esta evidencia es posible obtenerla con la manipulación de la flecha del motor, aunque no es una evaluación determinante para asignar alguna actividad correctiva, es importante verificar la funcionabilidad de estos elementos pues de ello depende la posibilidad de continuar con el procedimiento de diagnóstico.

Si las condiciones internas hacen imposible girar o manipular la flecha, no será posible realizar las mediciones de ajuste ni las condiciones de funcionabilidad del dispositivo de retroalimentación; éste es uno de las razones por las que el procedimiento se interrumpe y el servomotor es llevado directamente al taller mecánico para su desensamble.

### **4. Identificación del número de polos del motor**

El número de polos de un motor es la característica que determina la velocidad del mismo, para servomotores es un tema profundo ya que éstos junto con una combinación de alimentación en las fases son los factores que determinan la posición de ajuste de un servomotor, es por esto que la identificación del número de polos de un servomotor es un trabajo sencillo pero muy importante, pues parte del éxito de la reparación de un servomotor es no pasar por alto esta identificación.

Además de la importancia de conocer esta relación de ajuste, el software empleado para el diagnóstico de dispositivos de retroalimentación y para el rodado del motor, es una variable en la programación que es ingresada por el especialista.

Si con el tiempo y la práctica el trabajo comienza a realizarse de manera mecánica y rutinaria, existe la posibilidad de confusión del número de polos sólo con identificar la marca y el tamaño del servomotor, es posible suponer que las características debieran ser las mismas, pudiendo así cometer errores en el ajuste del mismo; es por ello la importancia de realizar las actividades forma completa y meticulosa.

### **5. Evaluación de funcionalidad del dispositivo de retroalimentación.**

En la información asentada en los procedimientos, salvo en casos extraordinarios, se obtiene el dispositivo de retroalimentación con el que cuenta el servomotor; en esta información también se encuentra el modelo del cable que hace la conexión entre el dispositivo de retroalimentación y el software empleado para las mediciones del mismo.

Para los dispositivos que por primera vez son tratados en la empresa, primero debe investigarse acerca de qué tipo de dispositivo se trata, sobre su funcionamiento y averiguar si por la marca y modelo es posible encontrarlos en el compendio de procedimientos, de no ser así determinar por sus especificaciones si es posible evaluar sus condiciones con el software empelado para este fin. Son pocas las ocasiones en las que un dispositivo de retroalimentación no pueden medirse, sin embargo es indispensable recabar toda la información necesaria sobre el dispositivo para tenerla disponible en el momento de la aceptación de la cotización.

Por otro lado, en caso de que el dispositivo de retroalimentación esté dañado no se puede determinar si la causa de daño fue un mal ajuste, pues sin el dispositivo de retroalimentación funcional es imposible determinar el ajuste del servomotor; esta es otra de las causas que interrumpen el procedimiento y el motor debe ser llevado al taller mecánico.

Si las condiciones mecánicas y el dispositivo de retroalimentación permiten realizar las mediciones, en el banco de pruebas mostrado en la figura 4.12 se realizan las conexiones pertinentes entre el software y el dispositivo de retroalimentación para observar las señales que éste transmite, su funcionalidad y el ajuste que tiene el servomotor. Cabe señalar que este proceso consiste en una extensa serie de pasos y mediciones para encontrar la posición de ajuste del servomotor que por motivos de confidencialidad no se mencionan.

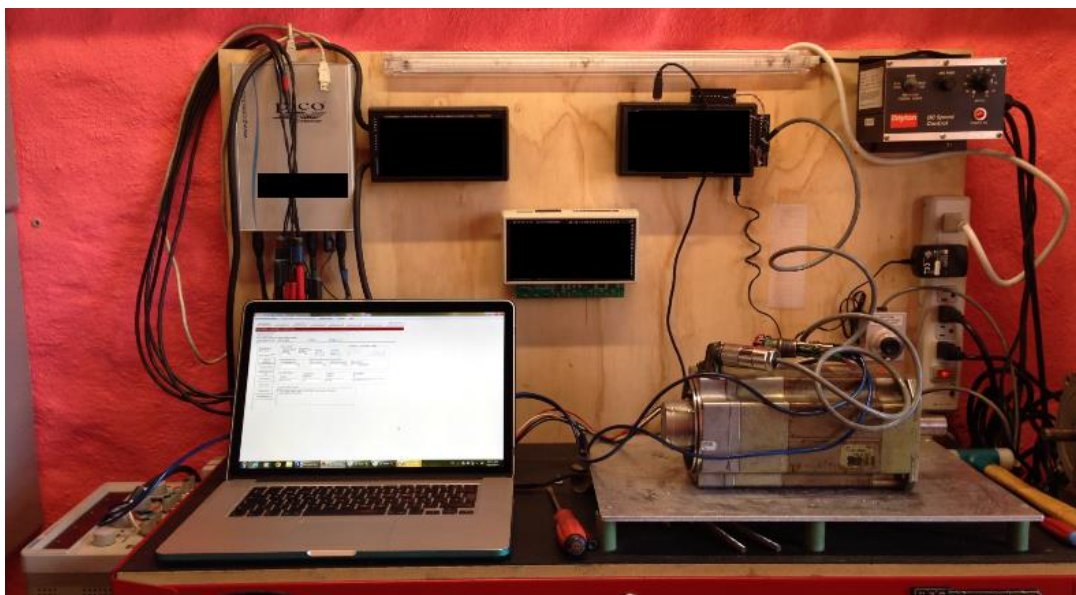


Figura 4.12 Banco de pruebas para ajuste y medición de dispositivos de retroalimentación.

## 6. Acople y mediciones conjuntas.

Una vez realizadas las pruebas estáticas al dispositivo de retroalimentación y al servomotor así como su posición de ajuste, el siguiente paso es realizar pruebas dinámicas para observar el comportamiento del dispositivo de retroalimentación y las condiciones de los imanes permanentes del servomotor, así como tener oportunidad de percibir alguna anomalía en el interior del servomotor, lo que representará un parámetro de referencia una vez que la reparación haya sido terminada y se efectúe el rodado en vacío.

La medición de los imanes permanentes ofrece información acerca de las condiciones de par del servomotor como lo muestra la figura 4.13, esta información es obtenida gracias al voltaje obtenido de las fases cuando al servomotor se le hace funcionar como generador, para esto el servomotor es acoplado a un pre-motor que lo hará actuar como tal.

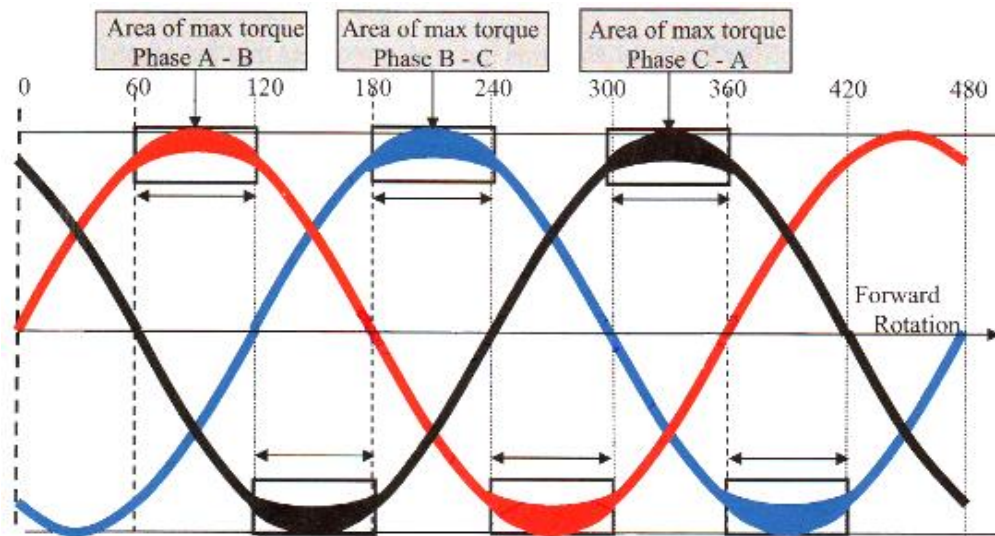


Figura 4.13 Medición de par.

La medición dinámica del encoder y el resolver arroja resultados más confiables sobre el funcionamiento de éstos, por otro lado, la detección del ajuste de los servomotores que cuentan con captadores como dispositivo de retroalimentación debe realizarse con este método; así que sin importar el dispositivo con el que se cuente, las mediciones dinámicas son un paso indispensable.

En las figuras 4.14, 4.15 y 4.16 se muestran algunas de las mediciones obtenidas en pruebas dinámicas a distintos dispositivos de retroalimentación.

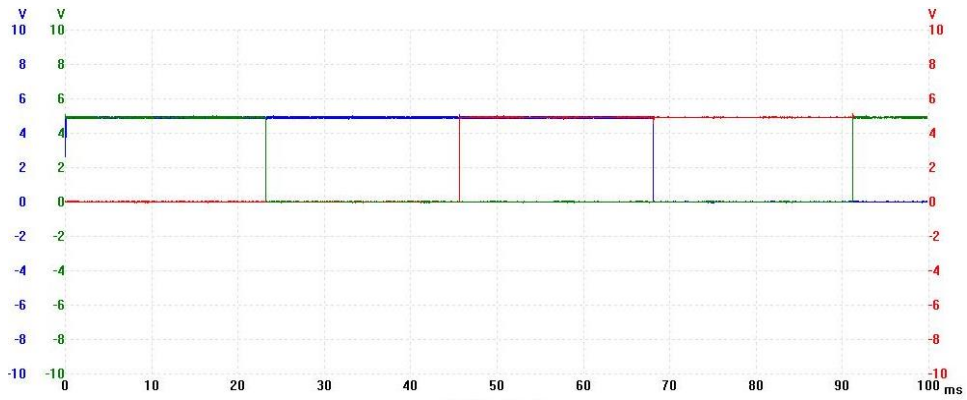


Figura 4.14 Prueba dinámica de un dispositivo de retroalimentación de tipo captador.

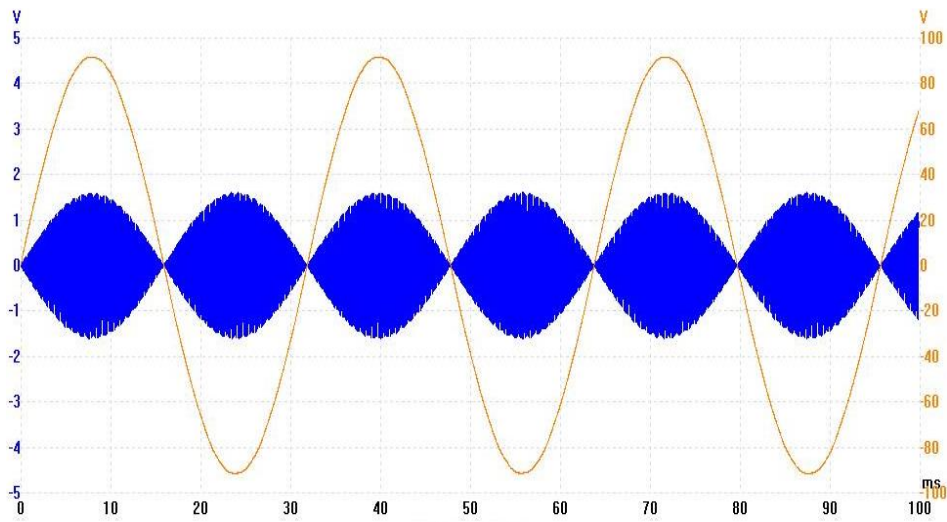


Figura 4.15 Prueba dinámica de un dispositivo de retroalimentación tipo resolver.

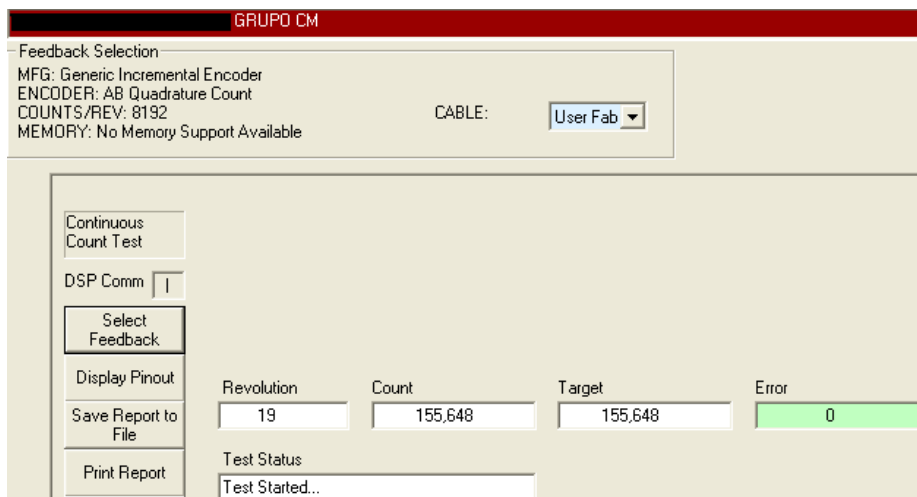


Figura 4.16 Prueba dinámica de un dispositivo de retroalimentación de tipo encoder.

## 7. Extracción del dispositivo de retroalimentación.

Después de hacer las mediciones eléctricas y electrónicas, es la extracción de los dispositivos de retroalimentación la actividad que inicia el desensamble del servomotor, es muy importante como se menciona en el apartado 4.4.3, el extremo cuidado que debe tenerse al momento de la extracción; el especialista debe contar con todas las herramientas al alcance y sobre todo con el conocimiento de la mecánica de acople del dispositivo; de no ser así pueden ocasionarse una catástrofe sobre el dispositivo de retroalimentación como el que se ilustra en la figura 4.17.

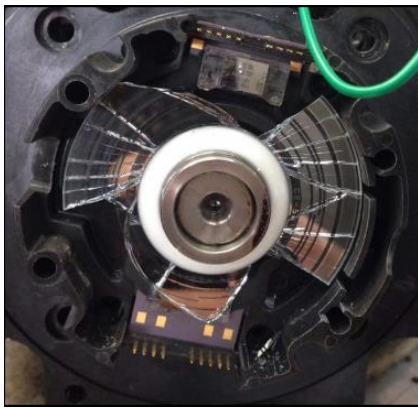


Figura 4.17 Daño al disco del encoder durante su extracción.



Figura 4.18 Resolver dañado por afectaciones en el interior del servomotor.

Las condiciones iniciales con las que recibe un servomotor pueden evitar que las mediciones a los dispositivos de retroalimentación no arrojen resultados satisfactorios, sin embargo la falta de confiabilidad en el funcionamiento no determina que el dispositivo esté dañado. Declarar un dispositivo de retroalimentación dañado incrementa los costos del servicio y el tiempo de reparación, debido principalmente a que el tiempo de entrega de las refacciones que por su particularidad no se encuentran en almacén dura por lo menos tres días.

Es por ello que una vez extraído el dispositivo y con referencia en las mediciones realizadas con anterioridad se tienen dos posibles circunstancias:

**El resultado de la confiabilidad fue positivo:** Deben de hacerse nuevamente las mediciones estáticas realizadas previamente, con el objetivo de verificar si después de la extracción el dispositivo continúa en óptimas condiciones



**El dispositivo presentó anomalías en su funcionamiento:** Se realiza un lavado ultrasónico con el fin de determinar que las fallas previas son reversibles, es decir si las causas de fallo fueron generadas por suciedad en la electrónica del dispositivo o en caso contrario, el dispositivo deba declararse como pérdida total como el caso que ilustra la figura 4.18.

Es importante en este paso del diagnóstico determinar las condiciones de daño de los elementos que conforman la electrónica del servomotor incluyendo aquí una exhaustiva revisión del conector de control y potencia; debido a que la necesidad de sustituir o necesitar refacciones de éstos impactará de manera notable en el valor de la cotización, debido a que el costo de conectores y dispositivos de retroalimentación en comparación con el costo del resto de los elementos o dispositivos mecánicos es mucho mayor.

## 8. Desensamble.

Una vez que se tienen identificadas todas las posibles causas de daño en el servomotor, éste es enviado a la taller mecánico para su desensamble e inspección visual interna, con lo que se podrán corroborar los resultados de las mediciones y daños a las partes mecánicas.



Figura 4.19 Motor con suciedad interna.



Figura 4.20 Sobrecalentamiento en devanados.

Después de que el servomotor ha sido desensamblado, se realiza una inspección visual a los devanados en busca de detectar las causas en caso de haber obtenido un resultado negativo en las mediciones eléctricas, existen afectaciones evidentes tales como suciedad o sobrecalentamiento como lo ilustran las figuras 4.19 y 4.20, o bien causas que pueden pasar desapercibidas a simple vista como un corto circuito resultado de golpes en los

devanados. Posteriormente, el especialista efectúa una vez más mediciones a los devanados para determinar junto con los daños físicos encontrados la necesidad de realizar la actividad de embobinado.

Al final de la revisión interna y las mediciones eléctricas, de ser necesario se tiene una pequeña entrevista con el personal que labora en el taller para aclarar los detalles de las anotaciones descritas en la bitácora de desensamble. Durante éste proceso se toma evidencia fotográfica de todas las partes mecánicas afectadas, se determinan todas las actividades mecánicas que han de realizarse, y se toma nota de las refacciones y demás materiales e insumos necesarios para la reparación. Con todo lo anterior se tiene la información necesaria para realizar el reporte de diagnóstico, además de tener conocimiento sobre las partes que requieren refacción, con el fin de contar con todos los materiales necesarios en caso de que el cliente acepte la cotización.

### **9. Reporte de diagnóstico.**

Todas las actividades que se han descrito previamente no involucran ninguna actividad de rehabilitación o de reparación, es únicamente con el fin de analizar todas las condiciones de daño para generar una cotización al cliente. Las actividades que el especialista desarrolla en esta etapa del proceso son analizar toda la información de daño recabada en las bitácoras, el resultado de las mediciones realizadas y la evidencia fotográfica recabada, con el fin de determinar las actividades que han de realizarse para la reparación del servomotor. El análisis de toda la información obtenida ayuda de igual manera a identificar los materiales y refacciones que serán requeridos, así como tener una idea aproximada del tiempo que se invertirá en la reparación.

Con todo lo anterior realiza un reporte de diagnóstico como el que se muestra en la figura 4.21, que indica al cliente cada detalle por el que ha sido sometido el servomotor y las condiciones en las que éste se encuentra, en él también se detallan las actividades asignadas al proceso de reparación y con dicho reporte el director general o el gerente ejecutivo tienen información necesaria para realizar la cotización que será enviada al cliente.

### **10. Investigaciones y procedimientos intermedios.**

Mientras el servomotor se encuentra en el taller mecánico, de forma paralela en el laboratorio se realizan actividades relacionadas no únicamente con el servomotor que está siendo tratado, principalmente se trata de investigación de dispositivos desconocidos o referentes a la limpieza de dispositivos de retroalimentación.

Todas las actividades que son desarrolladas con fines de investigación de dispositivos no tratados con regularidad son constantes; es decir, no forman parte del tiempo



## 4.5.2 Metodología de reparación.

Una vez que la cotización ha sido enviada y el cliente acepta que su dispositivo sea reparado, se continúa con una serie de actividades correspondientes a la rehabilitación o reparación del servomotor. Es en este momento donde han de solicitarse todas las herramientas, materiales y refacciones que se consideraron previamente en el reporte de diagnóstico, principalmente se habla de las refacciones electrónicas que por falta de uso regular no se encuentran en almacén.

### 1. Ensamble del motor.

En el taller mecánico han de realizarse todas las actividades correspondientes para lograr tener al servomotor en condiciones óptimas, mismas que han sido determinadas durante su inspección previa. Los baleros por ser elementos que se dañan durante el desensamble del motor deben ser sustituidos para todas las reparaciones, aunque los baleros originales hayan presentado óptimas condiciones.

Entre las actividades más comunes que son efectuadas en el taller mecánico destacan:

- Cambio y montaje de rodamientos.
- Mantenimiento a freno, cambio de balatas.
- Encasquillado de tapas.
- Lavado y horneado de devanados.
- Metalizado de flecha.
- Embobinado.
- Balanceo dinámico.
- Cambio de tornillería y rehabilitación de cuerdas y barrenos.
- Limpieza del estator.

Una vez que el motor ha sido reparado mecánicamente es enviado nuevamente al laboratorio eléctrico electrónico, y en caso de ser necesario se indican las especificaciones mecánicas de ensamblado que han quedado pendientes, debido a que la mecánica del servomotor requiera la realización del ajuste previo a ser completado el ensamble.

### 2. Verificación de confiabilidad.

Mientras que el motor está en proceso de ensamble en el taller mecánico, en el laboratorio se preparan los materiales y dispositivos necesarios para realizar las actividades de ajuste al servomotor, se realizan la limpieza del dispositivo de retroalimentación y la reparación o rehabilitación de cables y conectores.

**Conectores y cableado:** En ocasiones la falta de control de las condiciones ambientales por parte del cliente dañan a los conectores como el mostrado en la figura 4.22 o al

aislante del cable de conexión, que a su vez puede provocar daños en los cables internos. En el caso de los cables externos del conector de control, debido a que el cable está aislado, resulta fácil que daños en el interior pasen desapercibidos como el ejemplo que se muestra en la figura 4.23, lo que daría lugar a un deterioro posterior del servomotor o daño irreversible al dispositivo de retroalimentación. Por ello es importante prestar atención a las condiciones de cableado y de los conectores de los dispositivos de retroalimentación, para poder realizar su rehabilitación.

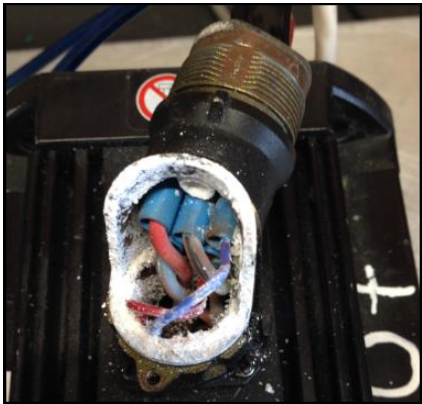


Figura 4.22 Salitre en interior de conector de potencia por humedad en interior del motor.



Figura 4.23 Daño en el material aislante de los cables del conector de control.

**Dispositivo de retroalimentación:** En el caso de limpieza del dispositivo, ésta consiste en asegurarse que ninguna partícula de suciedad interfiera con el funcionamiento del mismo (sobre todo cuando se trata de encoder ópticos); posteriormente se realizan nuevamente mediciones estáticas para asegurar su confiabilidad

**Devanados:** Una vez que el servomotor regresa al laboratorio se realizan nuevamente las mediciones eléctricas al devanado, con la finalidad de corroborar que su estado no ha sido dañado durante el proceso de ensamble, ya que los devanados al estar expuestos, pueden llegar a sufrir algún golpe que los afecte. Por el cuidado que se presenta durante el desensamble, es poco probable que éste tipo de eventos se presenten, sin embargo la medición de las condiciones eléctricas final es una regla como control de calidad y para prevenir realizar actividades innecesarias.

### 3. Ensamblado y ajuste.

Contando con todos los elementos funcionales se acopla el dispositivo de retroalimentación al servomotor, es indispensable verificar el correcto posicionamiento del dispositivo para evitar el daño o deterioro del mismo. Un claro ejemplo es el acoplamiento de un resolver como los mostrados en las figuras 4.24 y 4.25, en este tipo de dispositivos de retroalimentación se debe cuidar la concentricidad entre los elementos que lo conforman para evitar que durante el funcionamiento del servomotor exista roce entre los mismos.

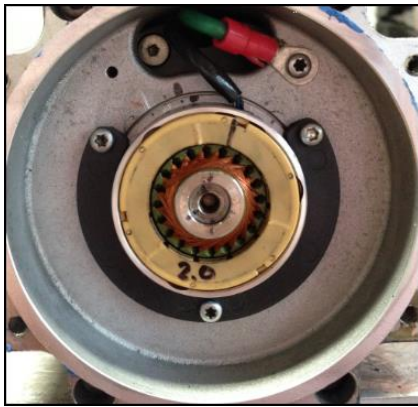


Figura 4.24 Resolver de ensamble por presión      Figura 4.25 Resolver de ensamble por sujeción

Una vez que las condiciones mecánicas y de conexión son óptimas se desarrolla el ajuste del servomotor con ayuda del software, los datos encontrados durante la revisión diagnóstica y los datos asentados en el procedimiento, o en caso de ser un dispositivo por primera vez diagnosticado, con la información resultante de las investigaciones realizadas previamente.

El ajuste del servomotor no sólo es importante para que éste trabaje, en realidad el ajuste debe ser exacto, un ajuste cercano al que el fabricante determina permitirá que el servomotor trabaje, sin embargo la desviación del ajuste resultará en pérdida de par, exceso de consumo de corriente, vibraciones, sobrecalentamiento en los devanados, fallas en el controlador, lo que finalmente daría como resultado un daño grave e incluso pérdida total del servomotor.

#### **4. Verificación de funcionamiento del servomotor.**

Una vez que se ha finalizado el ajuste del servomotor es momento de revisar el funcionamiento conjunto, se hacen las conexiones pertinentes con el software y el controlador para tener mando sobre el dispositivo de retroalimentación; para ello, todas las mediciones como el número de polos, el ajuste del servomotor, y el sentido de giro son necesarios para ingresar los valores en la programación del software, lo que nos permitirá rodar el motor en vacío, con este proceso es posible determinar si todo el proceso de reparación y rehabilitación es exitoso, se realizan mediciones sobre el consumo de corriente, funcionalidad del dispositivo de retroalimentación, se detectan condiciones de ruido mecánico y eléctrico, además con pruebas como la variación de velocidad, el cambio de sentido de dirección de rodado y una carga limitada garantizan que el servomotor trabaje en condiciones reales.

Todas las mediciones obtenidas en este proceso son anotadas en la bitácora de trabajo con el fin de realizar una comparación con el funcionamiento esperado en los procedimientos ya existentes, y asentar condiciones propias de este sistema para así incrementar la información en los procedimientos sobre las dificultades y soluciones, para hacer eficiente el tiempo en futuras condiciones similares.

Es aquí donde se determina que el trabajo ha sido exitoso y es avalado por el director general o por el gerente ejecutivo para dar paso a las actividades finales que son propias de la entrega al cliente.

#### **5. Certificado de garantía.**

Las tareas finales que deben realizarse se desarrollan tanto en el laboratorio como en el taller mecánico, en el laboratorio eléctrico-electrónico se realiza el certificado de reparación, que garantiza el funcionamiento del mismo; en él se coloca la información que demuestra la correcta funcionalidad del servomotor, las condiciones de ajuste y las mediciones resultantes de la reparación o rehabilitación del dispositivo de retroalimentación, los datos arrojados durante el rodado en vacío y toda clase de especificaciones que el cliente deberá considerar para un reclamo de garantía; un ejemplo del certificado de garantía se muestra en la figura 4.26.

Mientras tanto, en el taller mecánico se colocan los sellos y empaques finales que evitan que sustancias o partículas ingresen al servomotor, con el fin de extender la garantía y el funcionamiento sobre los trabajos realizados; se realiza el pintado del motor, que además de dar presentación al trabajo, son materiales que previenen la oxidación tanto en cuerpo del servomotor como en la flecha. Finalmente se coloca el certificado de garantía y con el empaque del servomotor se concluye con el servicio de reparación.





Generalmente entre las actividades que se realizan en este tipo de eventos destacan:

- Revisión de ajustes.
- Ajustes y revisión de funcionamiento.
- Revisión de conexión y verificación de condiciones de cableado: Este suele ser un factor que determina la funcionalidad del sistema con servomotores, cuando en los resultados de las mediciones no se observa un daño alguno, el problema puede ser independiente al servomotor y provenir del sistema de cableado externo, en este caso se hacen una serie de sugerencias sobre los cables y conectores a los que el cliente debería poner atención correctiva; si es posible esperar y si las reparaciones pueden ser efectuadas en ese momento, el especialista en servomotores espera a que se realicen dichas actividades con el fin de seguir realizando mediciones y que el cliente tenga el sistema en óptimas condiciones de funcionamiento.

#### 4.5.4 Laboratorio móvil.

Se describe como un laboratorio eléctrico-electrónico y un taller mecánico que es llevado hasta las instalaciones del cliente como los eventos mostrados en las figuras 4.27 y 4.28. Se trata de realizar las mismas actividades que son realizadas en las instalaciones de Grupo CM, se realiza cuando las instalaciones del cliente se encuentran en el interior de la república y el tiempo destinado para el mantenimiento (que en la mayoría de los casos dura unos pocos días con el fin de reducir el tiempo en el paro de producción) no les permite enviar los dispositivos a las instalaciones de la empresa.

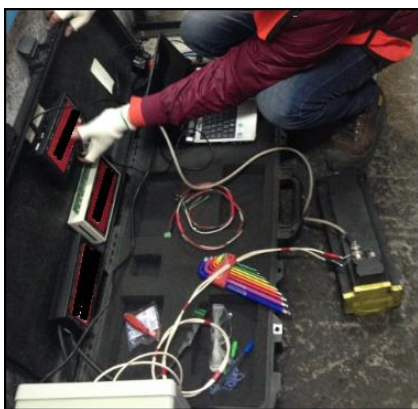


Figura 4.27 Revisión de funcionamiento de un servomotor en instalaciones del cliente.



Figura 4.28 Servicio de mantenimiento correctivo en instalaciones del cliente.

## 4.6 Proyectos.

Como parte de un equipo de trabajadores multitarea, durante el tiempo que estuve trabajando para Grupo CM realicé otro tipo de trabajos y proyectos que no forman parte de las actividades que integran la reparación de servomotores, pero sí requieren de la habilidad y los conocimientos de los integrantes del laboratorio eléctrico-electrónico. Este tipo de proyectos o trabajos adicionales estuvieron relacionados con las necesidades de las instalaciones y la infraestructura de la empresa, o bien con el desarrollo de proyectos para complementar las actividades que forman parte de los procesos de reparación y mantenimiento. A continuación se mencionan tres de los principales proyectos de los que fui responsable.

### **FUENTE DE VOLTAJE.**

Para las presentaciones que se ofrecen al interior de la república, el tiempo que otorgan los posibles clientes en su mayoría es de una hora, en base al tiempo que pueden brindar directivos o responsables de mantenimiento quienes normalmente son quienes atienden las presentaciones de proveedores. Una vez que se ha llegado al registro de las instalaciones donde se realizará la presentación, los movimientos y actividades para instalar el sistema empleado en dicha presentación deben realizarse de forma rápida y ágil; los instrumentos, dispositivos y herramientas que se emplean para las presentaciones son cuantiosos y voluminosos, el transportarlos a las áreas asignadas representan una actividad tardada e incómoda.

Al evaluar la posibilidad de disminuir instrumentos y herramientas, así como la posible modificación de maletines e instrumentos, se observó que al único instrumento que podría sustituirse por uno compacto era la fuente de voltaje; ésta es empleada para accionamiento de frenos y bloqueo de servomotores que son actividades primordiales en el desarrollo de la demostración del método de diagnóstico y ajuste de los mismos; para ello se emplea una fuente regulable de corriente directa como las que se pueden encontrar en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería; este tipo de fuente tienen un peso aproximado de 7 kg<sup>[13]</sup>, si bien las características que ofrece son idóneas para la demostración, las condiciones de peso y volumen que presenta evidentemente convierte pesado e incómodo su traslado. Por lo anterior, Grupo CM se vio en la necesidad de implementar una fuente que permitiera realizar las funciones de la fuente de voltaje con un volumen y peso inferiores; resolvió implementar una fuente que no emplee transformadores debido a que éstos son los principales elementos que incrementan estos factores no deseables en las fuentes de voltaje.

Entre las herramientas y materiales empleados por la compañía en sus primeras actividades como proveedora de servicios, se cuenta con un maletín destinado para el transporte y demostración de los instrumentos de medición y diagnóstico; el empleo de

dicho maletín permite reducir los accesorios destinados actualmente para el transporte de dispositivos y herramientas así como el espacio que éstos ocupan. Una adición a la funcionalidad de emplear el maletín, es que éste se encuentra acondicionado para montar los dispositivos de modo que permiten una mejor demostración de los procedimientos y servicios.

Se decidió acondicionar nuevamente el maletín para el traslado de los instrumentos de medición y ajuste; como se observa en la figura 4.29 que ilustra dicho maletín, se consideraron los espacios disponibles para colocar la fuente de voltaje que se desea sustituir y en base a estas dimensiones poder determinar los dispositivos y materiales necesarios para su realización. El área enmarcada a la derecha de la figura indica el espacio que fue destinado para la colocación de la fuente de voltaje.



Figura 4.29 Maletín para presentación de instrumentos de medición.

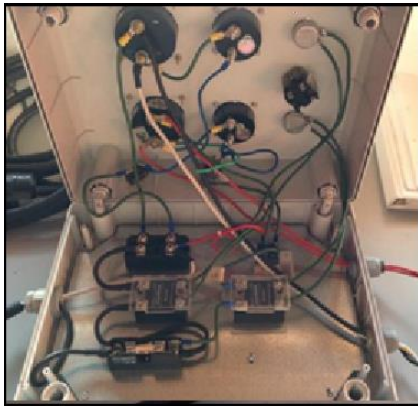


Figura 4.30 Composición interna de fuente de voltaje de CD.

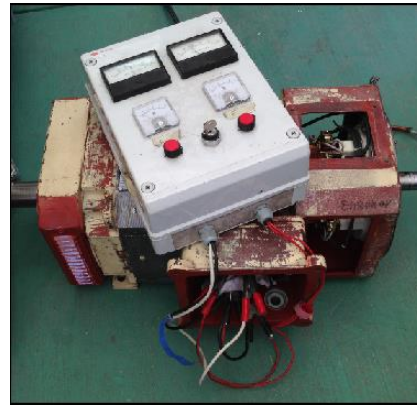


Figura 4.31 Dimensionamiento de fuente de voltaje de CD.

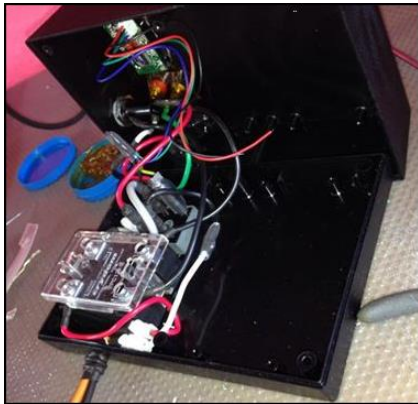


Figura 4.32 Distribución de elementos y dispositivos para fuente de voltaje.

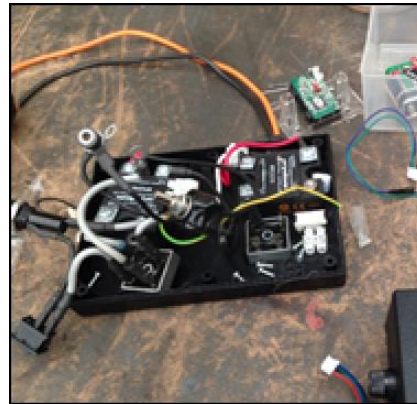


Figura 4.33 Conexión de elementos y dispositivos de la fuente de voltaje.

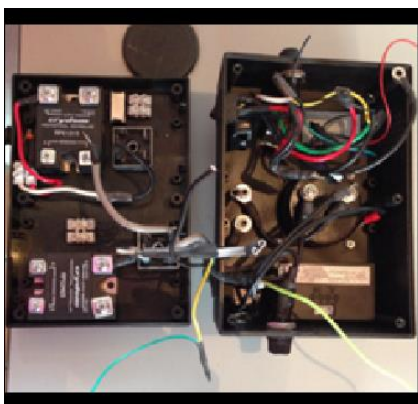


Figura 4.34 Distribución final interna de la fuente de voltaje.



Figura 4.35 Proyecto de fuente de voltaje de CD finalizado.

Grupo CM cuenta con una fuente de voltaje para accionar el campo y armadura de motores de CD que se muestra en las 4.30 y 4.31, los dispositivos que se emplean en ésta son relés proporcionales de estado sólido, ya que esta fuente no emplea transformadores la solución a la que se llegó fue la de recrearla con las dimensiones disponibles en el maletín de presentación.

Mi trabajo en éste proyecto consistió en hacer el análisis de conexión de los dispositivos, para que una vez obtenido el circuito eléctrico, determinar los instrumentos de medición, los materiales y el contenedor que cumplieran con las condiciones de espacio disponibles en el maletín. Emplee voltímetros digitales con la finalidad de reducir el espacio de la fuente, mientras que el amperímetro decidí usarlo analógico, debido a que por la diferencia de consumo de corriente durante el bloqueo para los diferentes servomotores, los dispositivos digitales son susceptibles al daño. Las figuras 4.32, 4.33, 4.34 y 4.35 ilustran el proceso de desarrollo de la fuente de voltaje con las dimensiones disponibles en el maletín para presentación.

## **HORNO.**

Aunque son mínimas las ocasiones en las que aún se reparan motores convencionales, una de las actividades que se realizan en la reparación de éstos principalmente después de haber sido embobinados, es el horneado de los mismos. Por ejemplo, para los motores de AC de 200 Hp, cuyas dimensiones son superiores a las de los servomotores reparados con regularidad, son necesarios los servicios de un proveedor únicamente para realizar el horneado, por ello la empresa decidió realizar un horno fácilmente desmontable para atender los casos de motores con estas dimensiones.

Para realizar el horno Grupo CM contaba con la estructura externa, la resistencia y el motor para flujo de aire; para este proyecto no tuve la oportunidad de seleccionar los dispositivos y materiales faltantes, debido a que el desarrollo del horno se decidió en el momento en que se presentó una emergencia; únicamente fui la encargada de realizar el circuito con los materiales y dispositivos provistos por el director general e implementar la configuración del mismo.

En las figuras 4.36, 4.37, 4.38 y 4.39 se muestran algunos momentos durante la realización del horno, en la figura 4.36 se muestra el dispositivo que indica la temperatura en el interior del horno, éste dispositivo no sólo se trata de un termopar es un controlador de temperatura programable, que puede ser configurado de modo que se obtenga un sistema en lazo cerrado; sin embargo este dispositivo fue comprado únicamente con el objetivo de sensar la temperatura de horneado.



Figura 4.36 Elementos del sistema.

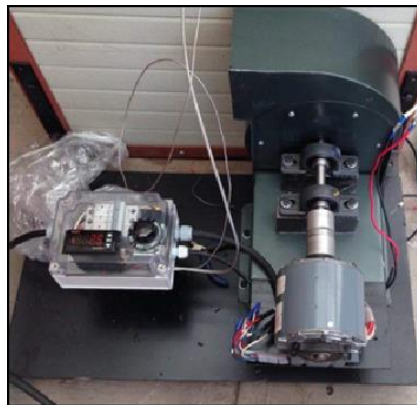


Figura 4.37 Elementos que conforman el sistema eléctrico.



Figura 4.38 Sistema implementado.

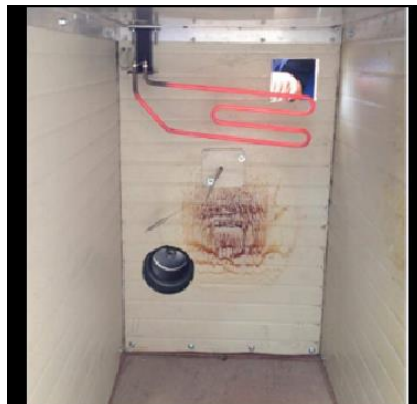


Figura 4.39 Resistencia interna.

Dadas las condiciones de urgencia para las que se necesitaba el horno, se me indicó realizar el control de temperatura mediante un dispositivo analógico, dejando al controlador digital únicamente con funcionalidad de termómetro.

El tener los elementos necesarios e invirtiendo tiempo en la investigación sobre el funcionamiento y programación del dispositivo de control de temperatura, permitiría realizar la implementación de un sistema de control en lazo cerrado; sin embargo se evaluó que la cantidad de eventos para los que es necesario hornear motores de grandes dimensiones no justificaba el tiempo invertido en la programación del dispositivo de control de temperatura, puesto que con el sistema implementado hasta ese momento se lograban obtener las temperaturas deseadas.

## EXTRACTOR DE AIRE.

En las instalaciones de la empresa se cuenta con un área que sirve de almacén de artículos varios no precisamente relacionados con las actividades y servicios que realiza la empresa, éste sitio se encuentra en una planta baja que por las condiciones geográficas se ubica en un nivel subterráneo; la ausencia de ventilación y las condiciones ambientales del lugar provocan que este sitio tenga gran concentración de humedad que daña los equipos, instrumentos y objetos que se encuentran almacenados. La instalación de ventanas no es la solución, debido a que antes de ingresar a éste sitio se encuentra otra habitación, por ello como solución Grupo CM decidió implementar un extractor de aire.



Figura 4.40 Implementación del circuito.



Figura 4.41 Extractor de aire con temporizador.

El motor con el que cuenta el extractor de aire seleccionado para el proyecto es monofásico, únicamente basta conectarlo a un tomacorriente para su funcionamiento, sin embargo debido a las escasas ocasiones en las que se visita este almacén, se decidió colocar adicionalmente un temporizador programable para asignar ciclos de trabajo al extractor y que éste no estuviera funcionando indefinidamente. La integración de un dispositivo de tiempo programable requirió de habilidades de rápida comprensión del funcionamiento básico del dispositivo y de empleo de lógica de programación para asignar los ciclos de trabajo de funcionamiento, fue por ello que se asignó al laboratorio eléctrico-electrónico el proyecto, siendo yo la responsable de su ejecución. En las figuras 4.40, y 4.41, se ilustran los elementos empleados en la realización del proyecto, así como la implementación final del circuito.

## 5 Aportaciones personales a la empresa.

Cuando se realiza un trabajo regido por una metodología funcional, pocas son las ocasiones en las que se le permite al ingeniero o especialista hacer modificaciones significativas a dichos procesos a menos que en alguno de los casos la situación lo amerite; sin embargo es posible hacer aportaciones a conceptos y técnicas para realizar actividades que si bien podrían parecer sólo cambios en la forma de ejecutar los procesos, son base fundamental para el futuro desarrollo de las metodologías, siempre con el objetivo de reducir tiempos, costos y optimizar recursos en la solución de problemas.

El trabajo en equipo, es una actitud primordial en actividades donde debe tenerse siempre comunicación continua; en ocasiones puede interpretarse al trabajo en equipo como el trabajo que realizan varias personas con un mismo fin; sin embargo éste requiere más que una asignación de las actividades entre los integrantes del proyecto para el éxito en su realización. En mi experiencia, las relaciones entre los trabajadores o su diferencia de intereses pueden afectar la relación de trabajo en equipo, originando específicamente en temas de mantenimiento no obtener la mejor solución a problemas.

En la empresa fue sencillo interactuar y sociabilizar con el resto de los trabajadores, especialmente dentro del área donde desempeñé mis actividades, de tal forma que mi compañero y yo logramos compartir no sólo conocimientos, sino también técnicas propias en el desarrollo de los procedimientos. Mi personalidad en conjunto con la buena relación laboral que pude establecer con mi compañero en el laboratorio, hicieron posible desarrollar una buena definición de trabajo en equipo; el conocimiento sobre las actividades que dominábamos o preferíamos nos permitió agrupar las actividades que se realizan en el laboratorio y asignarlas de forma consecutiva de acuerdo a nuestras preferencias, consiguiendo así optimizar el tiempo en la realización de diagnósticos y ajustes.

Mis aportaciones a la empresa no representan modificación de metodologías o procesos, más bien modificación en la consecutividad de realización y técnicas de desarrollo de los mismos. Mi aportación más importante a la empresa es un concepto que he hecho propio: “desarrollo en línea de producción”; desde que en mis primeras lecciones ingenieriles entendí este concepto desarrollado por Henry Ford, he tratado de llevarlo a la práctica no sólo en el ámbito laboral sino en el diario vivir, es por ello que me fue sencillo implementarlo en el desarrollo de mis actividades en la empresa, principalmente porque en las metodologías de reparación pueden observarse acciones repetitivas que se realizan en cada diagnóstico y en cada reparación de servomotores.



Es un hecho que las personas se desempeñan mejor realizando actividades de su agrado, mi compañero de laboratorio y yo teníamos preferencia por distintas actividades de la metodología de diagnóstico y reparación, lo que contribuyó que la aplicación del concepto “línea de producción” pudiera aplicarse en conjunto generando con ello un buen trabajo en equipo, optimización del tiempo y una excelente relación de trabajo. Mi aportación al desarrollo de la metodología de la empresa resulta más clara si se explica de forma genérica con un ejemplo:

Anteriormente la metodología de diagnóstico y reparación se realizaba completa por cada orden de trabajo (O.T.); por ejemplo, se han asignado una cierta cantidad de servomotores para realizar su diagnóstico en un día, el procedimiento de llevar a cabo esta tarea era realizar la metodología de diagnóstico completa por cada servomotor y una vez finalizada se realizaba nuevamente con el siguiente servomotor; el mismo procedimiento se aplicaba para realizar ajustes, una vez que los servomotores vuelven del taller mecánico para ser ajustados, todo el procedimiento se efectuaba en su totalidad antes de comenzar el ajuste de otro servomotor.

Realizar las metodologías de esta manera genera varios tiempos muertos, es el tiempo invertido en el desarrollo de actividades repetitivas como conexiones de instrumentos que se emplean en cada uno de los diagnósticos, mediciones eléctricas y desplazamiento de los servomotores a los bancos de prueba. Por lo anterior, realizar las metodologías en los servomotores en forma paralela reduce la inversión de tiempo total, ya que actividades consecutivas de la metodología de diagnóstico y ajuste se realizan a la par sobre el número de motores que se diagnostican.

Uno de los argumentos que justificaban la realización de la metodología por completo era no perder detalle y el orden de captura de los daños en cada servomotor; sin embargo con el uso de las bitácoras y las imágenes que se emplean para realizar los reportes de diagnóstico se obtienen todos los detalles de daño de cada servomotor, únicamente es necesario desarrollar un nivel de organización más elevado para que al término de los diagnósticos se obtenga el mismo resultado.

Aprovechando la buena relación generada entre mi compañero de laboratorio y yo, tuve la iniciativa de proponerle realizar los procedimientos con esta técnica de trabajo, si las actividades son divididas entre ambos las actividades correspondientes a cada diagnóstico y ajuste se vuelven más fluidas; me parece preciso explicarlo para su mejor comprensión con un esquema de flujo de actividades, que realiza cada especialista en la fase de diagnóstico y de ajuste, mostrado en la Figura 5.1.

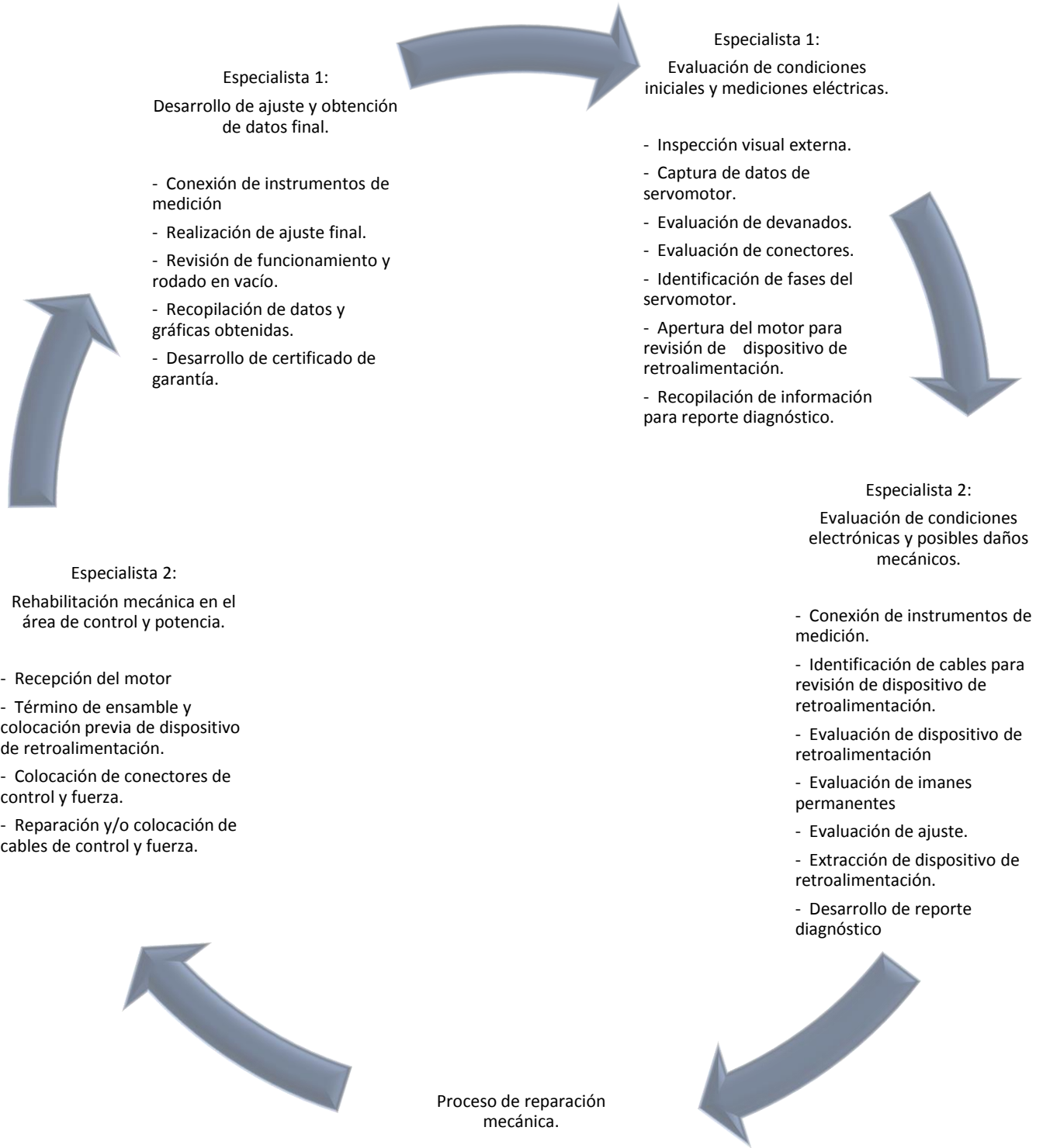


Figura 5.1 Flujo de actividades para optimizar tiempos.

Por lo general realizábamos este procedimiento dependiendo de las actividades que ambos preferíamos, sobre todo si los servomotores debían atenderse de manera urgente; sin embargo es indispensable no caer en la “zona de confort” así que cuando los diagnósticos no eran clasificados como urgentes intercambiábamos las actividades y de éste modo ambos podíamos aprender sobre las propias técnicas de resolución.

Al término de las actividades de diagnóstico y ajuste el tiempo optimizado era invertido en actividades de investigación y en la interacción con el área de taller mecánico, esto incrementaba nuestro conocimiento y disminuía las condiciones de trabajo bajo presión y a contra tiempo. Sin duda, la implementación de esta técnica de trabajo nos trajo grandes beneficios, los objetivos planeados para cada día eran entregados en tiempo y forma y el trabajo era realizado con entusiasmo y eficiencia.

En las tablas I, II, III Y IV se muestra un ejemplo del modo de trabajo “en línea de producción” en la atención a 5 servomotores; cabe señalar que este modo de trabajo no es posible aplicarlo cuando el mantenimiento del servomotor representa un elevado consumo de tiempo ya sea por severo daño en la mecánica del servomotor o por falta de información del dispositivo de retroalimentación; sin embargo son contadas ocasiones en las que la metodología no pudo llevarse a acabo.

En múltiples eventos éste método nos permitió agilizar los diagnósticos y reparaciones, sobre todo cuando el cliente enviaba grupos de servomotores como método de mantenimiento preventivo, pues se recibían servomotores en condiciones similares de desgaste, que nos permitían aplicar con fluidez y éxito este método de trabajo, obtenido así mayor rapidez en la entrega de diagnósticos y obteniendo la satisfacción del cliente.

El objetivo principal de ésta manera de trabajar es eliminar cualquier tiempo muerto, razón por la cual puede verse en los diagramas que en ocasiones algunos de los especialistas no realiza las actividades con la misma frecuencia; sin embargo, las actividades se agruparon para realizarlas en el mismo lugar de trabajo y así eliminar traslados y conexiones de instrumentos innecesarios.

TABLA I

Diagrama de tiempos, exclusivo del laboratorio eléctrico-electrónico para un evento de mantenimiento correctivo a 5 servomotores, elaborado por un especialista.

Metodología de diagnóstico.	Tiempo [1 min / div]
Selección de motor y traslado al banco de pruebas.	5
Captura de placa de datos e inspección visual.	5
Preparación del instrumento de mediciones eléctricas.	2
Mediciones eléctricas.	2
Evaluación de condiciones mecánicas preliminares.	2
Identificación de número de polos.	2
Selección de equipo para evaluación de dispositivo de retroalimentación.	5
Evaluación de funcionalidad de dispositivo de retroalimentación.	10
Desconexión de instrumentos de medición y regreso a su ubicación.	2
Acople de servomotor al premotor.	2
Pruebas dinámicas.	10
Extracción del dispositivo de retroalimentación.	10
Envío de servomotor a taller mecánico.	3
Recopilación de datos de diagnóstico.	15
Realización de reporte de diagnóstico	20
Tiempo total invertido en el diagnóstico de 5 servomotores.	475 minutos.

Acotaciones	Especialista 1
	Actividades innecesariamente repetitivas.

TABLA II

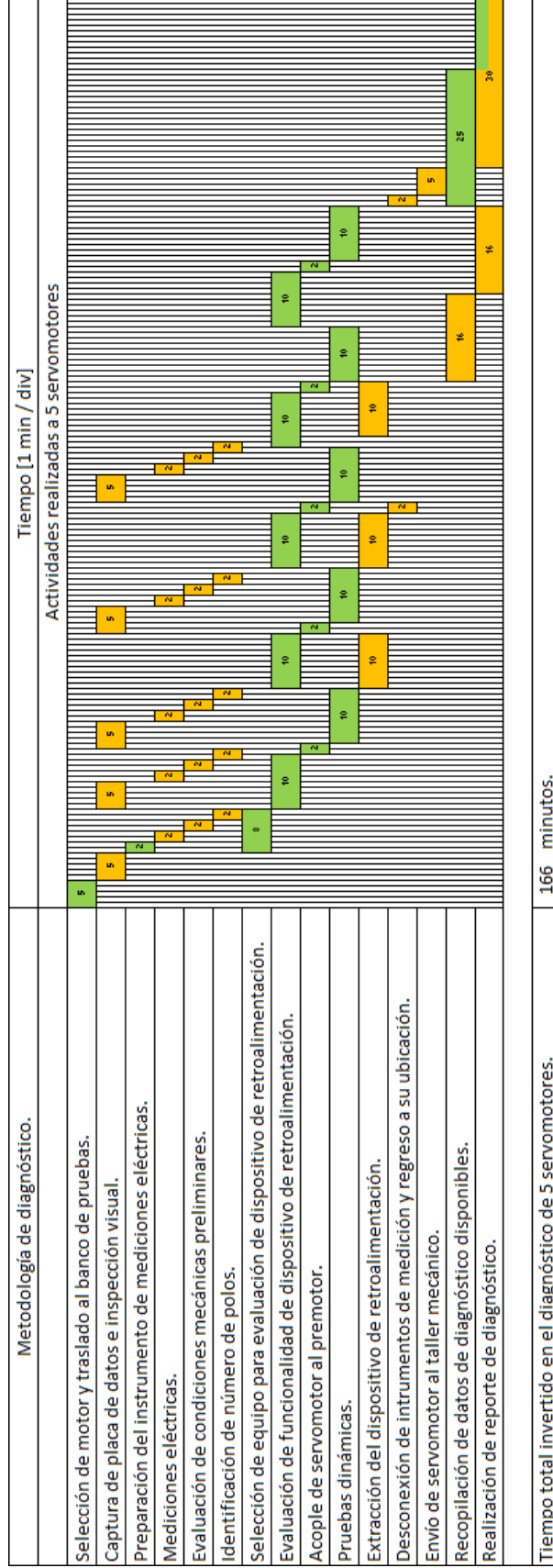
Diagrama de tiempos, exclusivo del laboratorio eléctrico-electrónico para un evento de mantenimiento correctivo a 5 servomotores, elaborado por un especialista.

Metodología de reparación.	Tiempo [1 min / div]
Verificación de confiabilidad.	30
Traslado del servomotor al laboratorio eléctrico- electrónico	3
Conexión de instrumentos de medición.	2
Ensamble de dispositivo de retroalimentación	10
Ajuste de dispositivo de retroalimentación.	10
Verificación de funcionamiento.	10
Recopilación de mediciones finales.	15
Realización de certificado de garantía.	15
Tiempo total invertido en la reparación de 5 servomotores.	475 minutos.

Acotaciones	Especialista 1
	Actividades innecesariamente repetitivas.

TABLA III

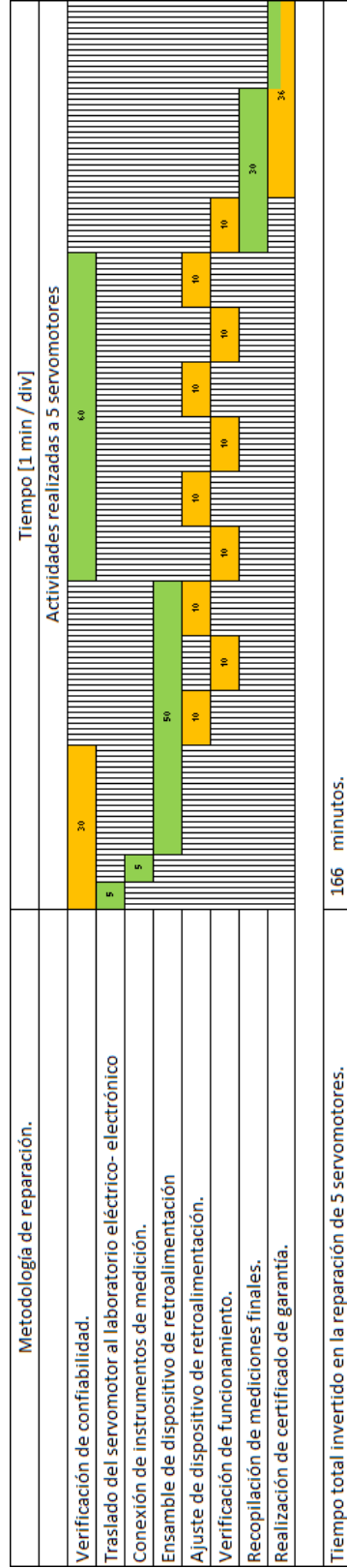
Diagrama de tiempos, exclusivo del laboratorio eléctrico-electrónico para un evento de mantenimiento correctivo a 5 servomotores, elaborado por dos especialistas.



Acotaciones  
 Especialista 1  
 Especialista 2

TABLA IV

Diagrama de tiempos, exclusivo del laboratorio eléctrico-electrónico para un evento de mantenimiento correctivo a 5 servomotores, elaborado por dos especialistas.



Acotaciones	Especialista 1
	Especialista 2

## 6 Conclusiones.

Trabajar para la industria en el área de mantenimiento ha sido una labor que me ha dejado mucha satisfacción y aprendizaje, me ha mostrado que tengo un gran respaldo teórico que me permite reconocer y comprender los fenómenos presentes en dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos, y me ha permitido poder ser un agente competente en la solución de problemas de funcionamiento mecánico y electrónico.

Cuando se está en un ambiente laboral las relaciones personales en ocasiones pueden tornarse complicadas, en la vida estudiantil existían intereses personales y profesionales comunes que propiciaban que la interacción entre las personas fuera sencilla; por otro lado en el aspecto laboral es posible que existan marcadas diferencias entre modos pensar, brechas generacionales e intereses personales y profesionales; que es en muchas de las ocasiones lo que impide un buen trabajo en equipo, por lo que éste adquiere otro significado que el que se aprende siendo estudiante.

El éxito de la realización de un trabajo o proyecto no radica en que éste se encuentre funcional a su término, sino el aprendizaje general que se obtiene de cada trabajo realizado. A pesar de que las actividades que se realizan en los procedimientos de reparación de servomotores pueden llegar a ser rutinarias, el área de mantenimiento presenta múltiples causas de afectación en los sistemas que brindan siempre nuevo conocimiento, si existe buena comunicación entre las personas involucradas en las reparaciones se logra obtener información de todas las tareas realizadas, incluso cuando éstas no han sido propiamente del área de trabajo en la que se desempeñan.

El trabajo en equipo no representa más la capacidad asignar y aceptar realizar actividades para la elaboración de un proyecto, ni el que todos los participantes del mismo tengan cargas similares de trabajo, puesto que el grupo de personas que involucradas en la realización de un proyecto no tienen los mismo conocimientos, o bien para algunas personas les es complicado aceptar las aportaciones o métodos de solución de otras personas, si éstos no les son subjetivos.

Saber trabajar en equipo lo defino ahora como la capacidad de saber afrontar la responsabilidad de compartir el conocimiento que se obtiene al realizar un proyecto en común, cuando éste depende de varios procesos la única forma de que todos los integrantes conozcan los detalles de la solución es mediante una buena comunicación, que ayuda a consolidar un buen equipo de trabajo y a su vez el acervo de conocimiento entre los integrantes del equipo permiten un mejor planteamiento del problema y soluciones múltiples para trabajos o proyectos posteriores.



La buena relación que hice con mi compañero de trabajo más directo además de permitirnos consolidarnos como un buen equipo de trabajo, me permitió obtener un beneficio propio, pues la información y las técnicas de solución compartidas me permitieron incrementar mi conocimiento técnico y a su vez obtener un conocimiento empírico. El desarrollar conocimiento empírico se convierte en conocimiento científico cuando se tiene un sólido respaldo teórico, mismo que obtuve siendo estudiante de ingeniería.

En lo personal lo aprendido en la universidad me permitió presenciar en el área de mantenimiento los fenómenos de los que se habla en electricidad y magnetismo y poder interpretar la causa raíz de falla en servomotores; por ejemplo aprender a diferenciar un ruido mecánico originado por algún roce interno de un ruido eléctrico resultado del flujo de corriente en los devanados, observar el sobrecalentamiento de un motor resultado del consumo de corriente por exceso de carga, el ruido de baleros por daño en éstos o por falta de lubricante, entre otros.

Una de las ventajas de poder compartir el conocimiento y la buena comunicación es la satisfacción al poder ayudar a dar solución a las complicaciones que se presentan durante las reparaciones; he tenido presente una anécdota que ilustra a perfección la importancia del conocimiento de los conceptos aprendidos durante la universidad y que describo a continuación.

En la reparación de una marca de servomotores sucedía un fenómeno curioso e incomprensible, en el resultado de la primera medición a los devanados se obtenían devanados en corto circuito, una vez que el motor fue desensamblado y se realizaron nuevamente las mediciones eléctricas, el resultado fueron devanados en buenas condiciones. Se pensó en el daño del aislante de las fases justo en la conexión del conector de control, estos cables se intercambiaron y todo parecía funcionar correctamente; una vez que el motor fue nuevamente ensamblado y listo para realizar las actividades de ajuste, se observó que las mediciones seguían resultando en devanados en corto circuito. Al no poder determinar la causa que provocaba éste fenómeno me asignaron realizar el diagnóstico del servomotor desde el inicio. Yo conocía el fenómeno que presentaba el servomotor y como primer paso pregunté acerca del giro del cliente: la empresa propietaria del servomotor es fabricante de envases de vidrio y los servomotores son empleados en brazos robóticos para trasladar el vidrio líquido, usan estos sistemas por las altas temperaturas originadas en esa área de producción.

Desensamblé nuevamente el servomotor e hice la medición a los devanados, durante cada elemento mecánico que iba ensamblando realizaba las mediciones para verificar en qué momento las mediciones resultaban alarmadas. Finalmente noté que sólo cuando se hacían las mediciones con el conector los devanados resultaban en corto circuito, así que el problema estaba en el conector de potencia. Este procedimiento de encontrar fallas lo

adquirí en la universidad, específicamente en la materia de circuitos digitales, la forma en que lo aprendí fue fragmentando el sistema en subsistemas y verificando la funcionalidad de cada uno, si por su cuenta son funcionales y existe una correcta interconexión para generar el sistema, éste debe funcionar.

Después de encontrar que el conector causaba la alarma en las mediciones de los devanados, recordé la clase de electrónica básica, específicamente cuando se hablaba de materiales dieléctricos; en aquel momento recuerdo que me sorprendió el hecho de que siempre había considerado que un material aislante tenía su capacidad dieléctrica siempre, sin embargo no es así y los materiales dieléctricos pueden perder ésta característica convirtiéndose en materiales conductores cuando sucede un fenómeno denominado **ruptura dieléctrica** y uno de los factores que causan este fenómeno es la temperatura.

Al medir continuidad con el multímetro, no se logra observar dicha continuidad por lo que mi argumento sobre el fenómeno de que el material aislante del conector se había convertido en material conductor no fue aceptado, fue hasta que realicé una medición de impedancia y la resistividad del material aislante era muy inferior comparada con la medición de un conector en buenas condiciones; fue así que pude diagnosticar el problema del servomotor. Desde entonces cada vez que llega un servomotor de la misma marca se verifican las condiciones del conector de potencia y control, siendo este fenómeno las principales causas de daño en esta clase de servomotores.

Desde que ocurrió esa experiencia, me siento capaz de poder interpretar los fenómenos que suceden en las afectaciones de la industria que no podía imaginar mientras estudiaba en la facultad, pero que los conceptos que aprendí en la facultad, las prácticas realizadas y con las experiencias que me compartieron mis profesores, aunado con el propio incremento del conocimiento soy capaz de interpretar los fenómenos que suceden en la industria con la certeza de que podré aterrizar su causa.

Tuve la fortuna de aplicar en la actividad profesional los conocimientos adquiridos en las materias que fueron siempre de mi agrado como: electricidad y magnetismo, electrónica básica, análisis de circuitos, circuitos digitales, instrumentación, máquinas eléctricas. Como lo he mencionado, el conocimiento teórico y práctico adquirido en cada una de ellas me permitió poder comprender los fenómenos presentes en los diagnósticos de los servomotores, así como comprender que los fenómenos físicos están siempre presentes, pero es importante y enriquecedor aprender sobre nuevas técnicas, metodologías e instrumentos que me permitieron evaluar las condiciones físicas de los servomotores y mediante ellas poder predecir su comportamiento o las causas de daño.

En la facultad no sólo se aprende teoría y términos científicos, desde mi perspectiva también se desarrolla personalidad profesional; uno de los conceptos que me resultan

fundamentales en el qué hacer del ingeniero, que aprendí en la universidad y forman parte de mi personalidad profesional es el “saber hacer”. Durante el tiempo que estuve laborando para Grupo CM la mayor parte de las actividades que desarrollé dentro de la empresa se ubican en el laboratorio eléctrico-electrónico; sin embargo como trabajador multitarea desempeñé actividades esporádicas en el taller mecánico relacionadas con reparaciones mecánicas y por interés personal en el área de embobinado, que además de dejarme conocimiento y experiencia adicional, me permitieron considerar el tiempo y el esfuerzo que toma a los trabajadores realizar las actividades propias de estas áreas, permitiéndome así desarrollar habilidades de tolerancia y respeto por el trabajo de los demás, de este modo se promueve un buen ambiente de trabajo dentro de la compañía además de incrementar mi conocimiento y destreza en actividades manuales relacionadas.

Finalmente me resta decir que en un ambiente ingenieril en donde los avances en tecnología se encuentran en continuo cambio, el ingeniero siempre tiene que estar actualizado y motivado a incrementar su conocimiento no sólo sobre el avance de las tecnologías con las que trabaja, si no en términos generales mostrar interés por otras áreas de desarrollo personal que indudablemente incrementarán su capacidad como ingeniero. Compartir el conocimiento obtenido en la práctica como en el estudio, es una de las más grandes responsabilidades que tenemos como ingenieros; como forma de retribución y reconocimiento hacia las personas e instituciones que han sido partícipes de nuestro desarrollo profesional.

## 7 Referencias.

[1] Diario Oficial de la federación, [en línea]. Programa de Desarrollo Innovador 2013 – 2018, 16 de diciembre de 2013. [Fecha de consulta: 23 de noviembre de 2015]. Disponible en:

<[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5326479&fecha=16/12/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326479&fecha=16/12/2013)>

[2] Servomotor Service Center, Servicios, [en línea]. Troubleshooting CNC, (s.f.). [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2015]. Disponible en:

<<http://servomotor.mx/sample-page-2/troubleshooting-cnc/>>

[3] El mundo.es internacional [en línea]. Un millón de afectados por la lluvia en el estado mexicano de Tabasco, 02 de noviembre de 2007,[Fecha de consulta: 20 de octubre de 2015]. Disponible en:

<<http://www.elmundo.es/elmundo/2007/11/02/internacional/1193972845.html>>

[4] Coca-Cola FEMSA, [en línea]. Empresas (s.f.). [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2015]. Disponible en:

<<http://www.femsa.com/es/negocios-femsa/empresas/coca-cola-FEMSA>>

[5] Servomotor Service Center, Nosotros, [en línea]. Nuestro equipo, (s.f.). [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2015]. Disponible en:

<<http://servomotor.mx/nosotros/nuestro-equipo/>>

[6] Servomotor Service Center, Servicios, [en línea]. Integración, (s.f.). [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2015]. Disponible en:

<<http://servomotor.mx/sample-page-2/integracion/>>

[7] Servomotor Service Center, [en línea]. Experiencia en Expo PACK 2014, 25 de junio de 2014. Imagen disponible en:

< <http://servomotor.mx/experiencia-en-expo-pack-2014/>>

[8] Servomotor Service Center, [en línea]. Experiencia en Expo TECMA 2015, 18 de marzo de 2015. Imagen disponible en:

<<http://servomotor.mx/experiencia-en-expo-tecma-2015/>>

[9] Servomotor Service Center, Servicios, [en línea]. Reparación de servomotores, (s.f.). [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2015]. Disponible en:  
<<http://servomotor.mx/sample-page-2/servo-motores/>>

[10] Servomotor Service Center, Servicios, [en línea]. Servicio predictivo, (s.f.). [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2015]. Disponible en:  
<<http://servomotor.mx/sample-page-2/servicio-predictivo/>>

[11] Servomotor Service Center, Servicios, Reparación de servomotores [en línea]. Motor Testing, (s.f.). [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2015]. Disponible en:  
<<http://servomotor.mx/sample-page-2/servo-motores/motor-testing/>>

[12] Servomotor Service Center, Servicios, Reparación de Servomotores, [en línea]. Diagnósticos estáticos, (s.f.). Imagen disponible en:  
< <http://servomotor.mx/sample-page-2/servo-motores/diagnostico-y-mantenimiento/>>

[13] Multiple Output Linear D.C. Power Supply [en línea]. Disponible en:  
<<http://www.finaltest.com.mx/v/vspfiles/assets/datasheet/GPS-4303.pdf>>