



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL AZCAPOTZALCO

**CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA
DE ELEVACIÓN DE CRISTALES
PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

PRESENTA

CHRISTOPHER ROBERTO ENCISO PASTRÁN

Asesores:

M en SHO. Vicente Mayagoitia Barragán
Lic. Dora Elena Chacón Vázquez



México D.F., Marzo 2015

PROHIBICIÓN DE USO DE OBRA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Presente

Bajo protesta de decir verdad el [los/la(s)] que suscribe (n): ENCISO PASTRAN CHRISTOPHER ROBERTO (se anexa copia simple de identificación oficial), manifiesto ser autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada “**CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN DE CRISTALES PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES**”, en adelante “La Tesis” y de la cual se adjunta copia para efecto de **EXHIBIR PÚBLICAMENTE TOTAL O PARCIAL EN MEDIOS DIGITALES Y/O FÍSICOS**, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor, se prohíbe el uso y/o explotación de “La Tesis” en las formas y medios descritos en el fundamento legal citado, en virtud de que cualquier utilización por una persona física o moral distinta del autor [es/a(s)] puede afectar o violar derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros distintos al autor [es/a(s)] de “La Tesis” **SOLO PARA FINES DE CONSULTA**.

En virtud de lo anterior, “El IPN” deberá reconocer en todo momento mi (nuestra) calidad de autor [es/a(s)] de “La Tesis” y limitarse a su uso en la forma arriba señalada.

México, D. F., 24 de Marzo de 2015.

Atentamente

ENCISO PASTRAN CHRISTOPHER
ROBERTO

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES	3
1.1 Antecedentes	4
1.1.1 Presencia de la Organización en el mercado automotriz	6
1.1.2 Evolución de la Empresa en el país	22
1.1.2.1 Localización de Plantas en México	26
1.2 Innovación y Desarrollo de Alternadores y Motores	28
CAPÍTULO 2 MARCO TEORICO	31
2.1 Componentes de Sistemas Automotrices	32
2.2 Sistemas de Accionamiento para Levanta de Cristales	34
2.2.1 Levanta Cristales por Brazos Articulados	36
2.2.2 Levanta Cristales por Cable Rígido de Accionamiento	37
2.2.3 Levanta Cristales por Cable de Tracción	38
2.3 Generación FPG3 para Motor Levanta Cristales	40
2.4 Proceso para el Desarrollo del Sistema Levanta Cristales	43
2.5 Implementación del Sistema Levanta Cristales	46
2.5.1 Características del Motor de 4 Polos	48
2.5.2 Plataforma FPG3	49
CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA	50
3.1 Caracterización de los Materiales a través de pruebas de validación	51
3.1.1 Prueba de Resistencia de Aislamiento	51
3.1.2 Prueba de Curva de Funcionamiento	52
3.1.3 Prueba de Corriente de Bloqueo	52
3.1.4 Prueba de Hermeticidad	53
3.1.5 Prueba de Ruido	53
3.1.6 Prueba de Durabilidad	54
3.1.7 Prueba de Operación Continua del Motor por Fatiga	54
3.2 Procedimiento para Certificar Funcionamiento del Sistema	55

CAPÍTULO 4 EVALUACIÓN DE BENEFICIOS TÉCNICOS	90
4.1 Especificaciones Técnicas de las muestras	91
4.2 Resultado de las Pruebas	92
4.2.1 Resistencia de Aislamiento	92
4.2.2 Curva de Funcionamiento	94
4.2.3 Corriente de Bloqueo	98
4.2.4 Hermeticidad	100
4.2.5 Ruido	102
4.2.6 Durabilidad	104
4.2.6.1 Sistema de Amortiguamiento sin juego	106
4.2.6.2 Prueba de voltaje de liberación de motor	107
4.2.6.3 Prueba de Curva de funcionamiento antes y después de durabilidad	107
4.2.6.4 Prueba de Ruido objetivo después de durabilidad	109
4.2.6 Operación Continua de Motor	109
4.3 Análisis de los Benéficos Técnicos	
CONCLUSIONES	111
BIBLIOGRAFÍA	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Roberto Bosch	4
Figura 1.2	Taller de Ingeniería Eléctrica y Precisión Mecánica	6
Figura 1.3	Sistema de Encendido de Magneto para Bajo Voltaje	7
Figura 1.4	Equipamiento de automóviles	7
Figura 1.5	Sistema Magnético de Alto Voltaje con Bujías	8
Figura 1.6	Planta de Manufactura en París	8
Figura 1.7	Bosch Magneto Company	9
Figura 1.8	Bosch Auto Service Station	11
Figura 1.9	Bombas e Inyectores para Inyección de Gasolina	11
Figura 1.10	Junkers & Co. BmbH en Dessau, Manufacturera de Sistemas de Calefacción a Gas y de Agua Caliente	12
Figura 1.11	Taladro Eléctrico	13
Figura 1.12	Refrigerador Eléctrico	13
Figura 1.13	Sistemas de Inyección de Gasolina	14
Figura 1.14	Dispositivo Hidráulico de un Tractor	14
Figura 1.15	Creación de la División de Equipo Industrial	15
Figura 1.16	Organización sin ánimo de lucro Erich Wetzel Verpackungsmaschinen GmbH	15
Figura 1.17	Sistema de Inyección Electrónica de Gasolina por Presión Controlada Jetronic	16
Figura 1.18	Sensores Lambda	16
Figura 1.19	Sistema Antibloqueo de Frenos	17
Figura 1.20	Sistema de Navegación	17
Figura 1.21	Programa de Estabilidad Electrónica ESP	18
Figura 1.22	Sistema Common Rail de Inyección	18
Figura 1.23	Sistema de Inyección Directa de Gasolina DI Motronic	18
Figura 1.24	Bosch Rexroth AG	19
Figura 1.25	Adquisición de Burerus Ag em Wetzlar	19
Figura 1.26	Health Hero Network Soluciones de Telesalud	19
Figura 1.27	División de Bosch Solar Energy. Módulo Solar	20
Figura 1.28	Sistemas de Frenos de Emergencia Predictivos	20
Figura 1.29	Serie de Accionamientos eBike	21
Figura 1.30	Control de Estabilidad para Motocicletas (MSC)	21
Figura 1.31	Instalaciones Toluca Automagneto, S.A. de C.V.	24
Figura 2.1	Componentes y Sistemas de Equipo Original Automotriz	32
Figura 2.2	Sistema Estándar Levanta Cristales	35
Figura 2.3	Sistema de Levanta Cristales Eléctrico	35
Figura 2.4	Sistema de Levanta Cristales por Brazos Articulados	36
Figura 2.5	Sistema de Levanta Cristales por Cable Rígido de Accionamiento	37
Figura 2.6	Sistema de Levanta Cristales por Cable de Tracción	38
Figura 2.7	Conjunto Motor	39
Figura 2.8	Sistema de Seguridad Antipinzamiento	39

Figura 2.9	Interruptores	40
Figura 2.10	Cronología de Generaciones	40
Figura 2.11	Evolución de Motores Levanta Cristales	41
Figura 2.12	Variantes de Configuración de FPG3	42
Figura 2.13	Diseño del Motor de 4 Polos	46
Figura 2.14	Bobinado de Polos Consecuentes	47
Figura 2.15	Concepto 4 Polos	49
Figura 2.16	Plataforma FPG3	49
Figura 3.1	Gráfica de la Curva de Funcionamiento	52
Figura 4.1	Equipo utilizado para Prueba de Resistencia de Aislamiento	92
Figura 4.2	Banco de Pruebas utilizado para Curva de Funcionamiento	94
Figura 4.3	Equipo utilizado para realizar la Prueba de Corriente de Bloqueo	98
Figura 4.4	Banco de Hermeticidad, pinzas para suministrar la presión de aire	100
Figura 4.5	Equipo utilizado para realizar la Prueba de Ruido Objetivo	102
Figura 4.6	Sistemas para realizar la Prueba de Durabilidad	104
Figura 4.7	Ciclo Completo de Durabilidad	105
Figura 4.8	Presentación del Producto Final	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características del Motor de 4 Polos	48
Tabla 2	Prueba de Ruido Objetivo	53
Tabla 3	Cargas Aplicadas a Motores	54
Tabla 4	Voltaje de Prueba y Resistencia en Línea de Prueba	56
Tabla 5	Temperatura de Prueba	56
Tabla 6	Rango de Temperatura en Operación	56
Tabla 7	Rango de Voltaje de Operación	57
Tabla 8	Resistencia de Aislamiento	58
Tabla 9	Dirección de Giro	59
Tabla 10	Ruido Subjetivo	59
Tabla 11	Hermeticidad	60
Tabla 12	Anillo Magnético 2 polos	60
Tabla 13	Anillo Magnético 4 polos	60
Tabla 14	Medición del Flujo Magnético	61
Tabla 15	Fuga en Tina con Agua	62
Tabla 16	Variación de Torque y Velocidad	63
Tabla 17	Corriente de Bloqueo	64
Tabla 18	Parámetros de Prueba	65
Tabla 19	Itinerario de Durabilidad (una vida)	66
Tabla 20	Secuencia de Durabilidad y Requerimientos. Motores Frontales	67
Tabla 21	Itinerario de Durabilidad (una vida)	68
Tabla 22	Secuencia de Durabilidad y Requerimientos. Motores Traseros	69
Tabla 23	Aplicación de Niebla Salina	70
Tabla 24	Aplicación de Polvo	71
Tabla 25	Cargas Aplicadas	72
Tabla 26	Operación Continua del Motor	72
Tabla 27	Condiciones Mínimas de Apertura	74
Tabla 28	Funcionamiento de Apertura/Reconexión	75
Tabla 29	Durabilidad	76
Tabla 30	Durabilidad de Interruptor Térmico	77
Tabla 31	Desconexión y Conexión del Interruptor Térmico	77
Tabla 32	Voltaje de Liberación de Motor	78
Tabla 33	Juego de Engrane	78
Tabla 34	Prueba de Estática de Piñón	79
Tabla 35	Prueba de Ruido	79
Tabla 36	Prueba de Ruido	80
Tabla 37	Resistencia al Torque Inverso	81
Tabla 38	Fuerza de Ruptura del Conector	81
Tabla 39	Deflexión por Carga Estática	82

Tabla 40	Deformación del Sistema de Amortiguamiento	83
Tabla 41	Juego Libre en Amortiguadores	84
Tabla 42	Prueba de Agua	87
Tabla 43	Matriz de Validación	88
Tabla 44	Pruebas de Calidad	89
Tabla 45	Clave de los Motores	91
Tabla 46	Resistencia de Aislamiento	93
Tabla 47	Prueba de Curva de Funcionamiento a Temperatura Ambiente +23°C	95
Tabla 48	Prueba de Curva de Funcionamiento a Baja Temperatura -40°C	96
Tabla 49	Prueba de Curva de Funcionamiento a Alta Temperatura +85°C	97
Tabla 50	Prueba de Corriente de Bloqueo	99
Tabla 51	Prueba de Hermeticidad	101
Tabla 52	Evaluación de Ruido Objetivo	103
Tabla 53	Tiempos de Pausa del Motor	105
Tabla 54	Prueba de Sistema de Amortiguamiento sin juego	106
Tabla 55	Prueba de Voltaje de Liberación del Motor	107
Tabla 56	Prueba de Curva de Funcionamiento a Temperatura Ambiente +23°C	108
Tabla 57	Prueba de Curva de Funcionamiento a Baja Temperatura -45°C	108
Tabla 58	Prueba de Curva de Funcionamiento a Alta Temperatura +85°C	108
Tabla 59	Prueba de Ruido Objetivo después de Durabilidad	109
Tabla 60	Operación Continua del Motor	110

INTRODUCCIÓN

En este momento la industria automotriz de México se encuentra inmersa en un proceso dinámico y en continuo crecimiento. A nivel global, México está posicionado como el octavo productor más grande de automóviles, camiones, partes y componentes; siendo el sector automotriz un mercado de gran importancia para el desarrollo del país ya que representa el 4% del PIB nacional y el 20% de la producción de manufactura.

Se estima que la industria automotriz mexicana continuará creciendo en el futuro ya que las empresas ensambladoras han decidido invertir en México por sus condiciones geográficas privilegiadas, mano de obra barata y bajos costos de operación.

Las empresas de la industria de vehículos ligeros tienen un total de 18 complejos de producción localizados en 11 estados de México, en donde se realizan actividades que van desde ensamblado y blindaje, hasta fundición y estampado de vehículos y motores.

Los sectores automotriz y de autopartes ha sido impulsada por la presencia de diez de las más importantes ensambladoras de vehículos (pesados y ligeros) del mundo, tales como General Motors, Ford, Chrysler, Volkswagen, Nissan, Honda, BMW, Toyota, Volvo y Mercedes-Benz. Por lo que para poder cumplir con fechas de entrega, muchos proveedores se han ubicado alrededor de las grandes armadoras de vehículos en México.

Durante los últimos años, se ha observado una tendencia de cambio en la industria automotriz mexicana, el sector está pasando gradualmente de producción automotriz de maquila hacia el desarrollo de tecnología automotriz para nichos específicos.

Actualmente en los países en desarrollo la industria automotriz está compuesta de pocas empresas de producción en serie, que son apoyadas por un número mucho mayor de proveedores especializados; por lo que este sector es considerado como uno de los pilares industriales, debido a su contribución al crecimiento económico; por lo que la industria de autopartes y vehículos invierte grandes cantidades en I+D.

La inversión en I+D en el sector de autopartes es fundamental, debido a que el desarrollo tecnológico y la innovación, son el único camino viable para tener un crecimiento sostenible y que permita competir en el futuro, con la finalidad de que la industria avance. Se debe tener en cuenta que los avances tecnológicos no se apresuran, estos requieren de tiempo para que se lleven a cabo desarrollos y pruebas, además de esfuerzos en investigación y en presupuestos.

Hoy por hoy, la presión para una reducción de costos efectiva ha generado que las armadoras intenten transferir, esta responsabilidad, a las empresas que conforman la cadena de suministro de la industria automotriz, con la finalidad de lograr sus objetivos.

Debido a esta situación, el presente trabajo de investigación consiste en buscar una innovación tecnológica de un Motor de Levanta Cristales que eficiente el funcionamiento del sistema, mediante la reducción del peso y dimensiones, teniendo como resultado una disminución en el costo del consumible.

El desarrollo de la investigación está integrada por el Marco Teórico en el cual se da un esbozo de los antecedentes, así como de la presencia de la organización en el mercado automotriz y su evolución en el país; mencionando los procesos de innovación y desarrollo de alternadores y motores. A continuación se lleva a cabo un estudio sobre los diferentes sistemas de accionamiento para levanta cristales, así como el proceso para el desarrollo e implementación del sistema. Posteriormente se realizarán las pruebas y métodos de ensayo para la caracterización de los materiales; finalizando con las especificaciones de las muestras y el análisis de resultados para certificar el funcionamiento del sistema levanta cristales FPG3.

GENERALIDADES

C A P Í T U L O

1

1.1 Antecedentes

1.1.1. Presencia de la Organización en el Mercado Automotriz

1.1.2. Evolución de la Empresa en el país

1.1.2.1 Localización de Plantas en México

1.2 Innovación y Desarrollo de Alternadores y Motores

1.1.- ANTECEDENTES

Grupo Bosch es una empresa de origen alemán fundada en 1886 por Robert Bosch a finales del siglo XIX. A lo largo de más de cien años ha logrado tener presencia en más de 130 países localizados en todos los continentes, con una red integral de 282,000 asociados.



Figura 1.1 Robert Bosch

En 2004 el Grupo Bosch, incluía a 270 empresas subsidiarias, de las cuales solamente 230 están instaladas fuera de Alemania. La diversidad de culturas que forman parte del grupo representa una fuente adicional de su propia fortaleza.

En el Grupo Bosch el ser humano es el punto de partida, para él y en función de él se trabaja en la búsqueda de nuevas tecnologías de punta que lleven a la creación de innovadores elementos en el confort, seguridad, control y operación precisa y dinámica de todas las actividades. Los principios que guían cualquier acción de la organización se fundamentan en tres pilares: su misión, su visión y sus valores, encaminados todos ellos hacia una mejor calidad de vida para el personal.

El Grupo Bosch, en el marco del Tercer Milenio, caracterizado por una economía globalizada, es el principal proveedor mundial de tecnología automotriz, así como uno de los más importantes en bienes de consumo y tecnología para la construcción.

Los objetivos de su actividad se sustentan en un crecimiento productivo, y en la conservación de su independencia, misma que le permite establecer estrategias a largo plazo.

Grupo Bosch se esfuerza por lograr un éxito económico sostenido y una posición de liderazgo en todos los renglones de su actividad empresarial. Sus estructuras de organización, así como sus procesos y herramientas de trabajo están diseñados para mantener a la empresa en esa posición.

Los valores organizacionales del Grupo Bosch están basados en:

- **Lo que los orienta:** Siempre ha sido una empresa guiada por los valores. Muchos de los valores se remontan al fundador: Robert Bosch; otros se han cambiado o han surgido a lo largo de las décadas. Los valores reflejan la forma en la cual se maneja la empresa: la ética profesional al tratar con los socios comerciales, inversores, empleados y con la sociedad
- **Orientación hacia el futuro y el resultado:** Se actúa orientados al resultado. Así se garantiza el futuro y se sientan las bases para las iniciativas, sin ánimo de lucro, de la compañía y la Fundación Robert Bosch
- **Responsabilidad y sostenibilidad:** Se actúa con responsabilidad en interés de la empresa, teniendo en cuenta las repercusiones en la sociedad y el medio ambiente
- **Iniciativa y coherencia:** Se actúa por iniciativa propia y con compromiso empresarial siendo coherente a la hora de perseguir los objetivos
- **Transparencia y confianza:** Se informa de temas importantes de la compañía de forma oportuna y sincera, sentando así las bases para una colaboración basada en la confianza
- **Honestidad:** Se considera este valor en la colaboración interna y con los socios comerciales es un requisito imprescindible para el éxito
- **Fiabilidad, credibilidad y legalidad:** Solo se promete lo que se puede cumplir, los acuerdos se consideran como una obligación y se respeta el derecho y la ley

- **Diversidad:** Se valora y fomenta la diversidad como enriquecimiento y fuente del éxito
- **Cumplimiento del marco legal:** Como parte del lema: fiabilidad, credibilidad y legalidad, se comprometen al cumplimiento incondicional de la ley, mediante el Código de Conducta Empresarial, en donde se resumen las regulaciones legales e internas de la empresa

1.1.1 PRESENCIA DE LA ORGANIZACIÓN EN EL MERCADO AUTOMOTRIZ

1861 Nace Robert Bosch, en Albeck, cerca de la ciudad de Ulm, Alemania; quién llegaría a convertirse en un pilar fundamental de la acelerada expansión industrial alemana del siglo XX. Fue un empresario especialmente sensible a las necesidades y bienestar de sus trabajadores.

1886 Con un capital inicial de 10,000 marcos alemanes, Robert Bosch se estableció de manera independiente con la empresa “*Taller de Ingeniería Eléctrica y Precisión Mecánica*”, ubicada al este de la ciudad de Stuttgart, el cual se convertiría en el origen del exitoso grupo industrial que hoy conocemos como Grupo Bosch. En el Taller llegaron a fabricar, entre otras cosas, cortadores de puntas para puros, cámaras con cajas de madera, una máquina de escribir para débiles visuales; aunque su actividad medular consistía en la manufactura y distribución de material y equipo eléctrico, incluyendo instalaciones telefónicas e indicadores eléctricos de niveles de agua a distancia.



Figura 1.2 Taller de Ingeniería Eléctrica y Precisión Mecánica

1897 Un ingeniero mecánico le solicitó producir un sistema de encendido a través de un generador con la capacidad de provocar una corriente, que permitiera hacer saltar una chispa eléctrica capaz de hacer explotar el aire y la mezcla de combustible en una máquina de combustión interna: un sistema de encendido de magneto para bajo voltaje. Bosch decidió que la armadura pesada no tenía que oscilar en absoluto, por lo que un nuevo componente, una camisa ligera y delgada, permitió que el dispositivo magnético de ignición funcionara a altas velocidades.



Figura 1.3 Sistema de Encendido de Magneto para Bajo Voltaje

1898 Después de desarrollar versiones mejoradas del sistema de arranque de magneto bajo voltaje, el Taller logró equipar 138 automóviles, y se había convertido en proveedor de tres de los más grandes fabricantes del siglo XX: Fiat, Daimler y Skoda. El Grupo Bosch comenzó a expandirse a nuevos mercados: Reino Unido, Francia, Bélgica, Austria y Hungría.



Figura 1.4 Equipamiento de automóviles

1901 Mejora en el diseño del dispositivo de ignición magnético de bajo voltaje, de forma tal que pudiera prescindir del *break spark rodding*, un componente de alto mantenimiento propenso a las averías.

1902 El primer sistema magnético de alto voltaje con bujías fue enviado a Daimier-Motoren-Gesellschaft.



Figura 1.5 Sistema Magnético de Alto Voltaje con Bujías

1905 La primera planta de manufacturas del Grupo Bosch es abierta en París.

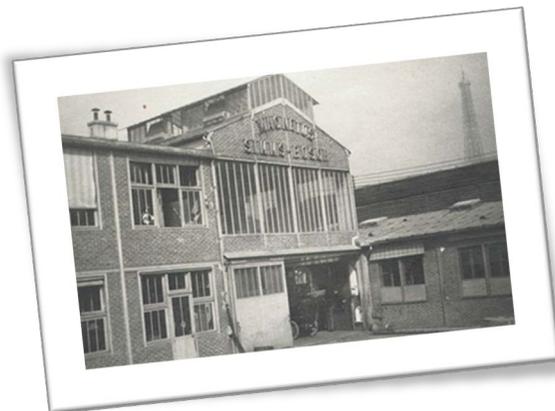


Figura 1.6 Planta de Manufactura en París

1906 Abren oficinas en los Estados Unidos de América. El éxito de la campaña rebasó cualquier expectativa, Gustav Klein había sido comisionado para visitar las compañías estadounidenses de la industria automotriz y regresó a Alemania con pedidos que sumaban más de un millón de dólares. El rápido crecimiento de las ventas producidas en la Unión Americana hizo repensar el negocio con este país, ya que cada pieza de magneto o bujía que se exportaba, era cargada con una tasa impositiva del 45%, que entonces había establecido el Congreso estadounidense con el fin de proteger su industria. La empresa contaba entonces con 526 empleados y había logrado fabricar el magneto número 100,000. Fue una de las primeras compañías alemanas en introducir la jornada laboral de ocho horas de trabajo.



Figura 1.7 BOSCH Magneto Company

1910 Se establece la primera fábrica en Springfield, Massachusetts. Añadió a sus prestaciones laborales trabajar medio turno los sábados, como un reconocimiento a sus empleados que habían producido ya el sistema de encendido de magneto número 500,000. En esta ocasión realizó un donativo al Politécnico de Stuttgart de un millón de marcos alemanes. Promovió la necesidad de descanso, otorgando a los trabajadores vacaciones escalonadas de acuerdo a los años de contratación. El Grupo Bosch también era una empresa reconocida por pagar las más altas cuotas. Se había logrado crear un emporio industrial, las ventas de la empresa ascendían ya a casi veinte millones de marcos alemanes.

1912 La empresa había logrado fabricar un millón de magnetos.

1913 El 88% de las ventas de la compañía eran generadas fuera de Alemania. En pocos años, la empresa se había convertido en uno de los emporios comerciales alemanes más importantes; su éxito se debió en gran medida a los innovadores sistemas de arranque: el magneto.

1914 Se establece la segunda fábrica en Plainfield, New Jersey. Se contaba con 8 agencias regionales en Alemania, 5 sucursales en el extranjero y 25 agentes comerciales en diversos países del mundo.

1917 El Grupo Bosch se convirtió en una Sociedad Anónima.

1919 Fue inaugurada la Biblioteca del Taller y lanzado el periódico *Zünder*. Las líneas de producción (encendido e iluminación) se abrieron para dar paso a otros productos, buscando la calidad que caracteriza al Grupo Bosch.

1920 El Grupo Bosch tenía agencias de representación desde Finlandia hasta China, incluyendo América Latina. Además de los problemas internos, las políticas de expansión hacia otros mercados, que habían funcionado tan bien hasta antes de estallar la guerra, ahora se revertían, pues al finalizar los aliados expropiaron todas las propiedades del Grupo BOSCH y de todas las empresas alemanas en el extranjero, de tal forma que alrededor del 50% de los activos de la empresa habían sido confiscados.

1921 Se diseña la "armadura en un círculo" que prevalece hasta nuestros días. La imagen corporativa de la empresa tuvo que ser cambiada, instrumentando nuevas campañas con el nuevo logotipo. Como resultado de las crisis económicas de la posguerra, la empresa le dio especial énfasis a la Investigación y Desarrollo con el objeto de permanecer competitiva.

Se funda *Vermögensverwaltung Bosch* (Administración de Capital BOSCH), con la finalidad de canalizar las utilidades de sus acciones en la compañía hacia proyectos caritativos y filantrópicos. Bosch y la compañía Max Eisenmann & Co, a Hamburg, acuerdan que el objetivo sería instalar y llevar a cabo las reparaciones en los sistemas de iluminación Bosch en Hamburgo, siendo la primera operación del Bosch Service.



Figura 1.8 BOSCH Auto Service Station

1925 Debido a la necesidad de optimizar la producción en las plantas industriales del grupo para ofrecer al mercado precios competitivos, con la ayuda de Henry Ford, un equipo de trabajadores especializados del Grupo Bosch, viajó a los Estados Unidos, con el objeto de estudiar y capacitarse en la línea de producción de ensamblado que había dado excelentes resultados en la Unión Americana a la *Ford Motor Company*. Esto permitió la reconversión industrial del Grupo Bosch y de los métodos de manufactura sin mayor dificultad.



Figura 1.9 Bombas e Inyectores para Inyección de Gasolina

1927 Producción en masa de bombas e inyectores para inyección de gasolina Bosh en motores diesel; las primeras unidades fueron enviadas a MAN, muchos fabricantes europeos equiparon sus camiones y maquinaria agrícola con sistemas de inyección de diesel Bosch.

1929 Experimentación en el proceso de encendido de gas natural. Participación en el desarrollo de la cinematografía y de la televisión. Asociación con dos empresarios para fundar *Fernseh A.G.*, incluso tenían la posibilidad de poner en el mercado el primer televisor estandarizado antes de la Segunda Guerra Mundial. Se iniciaron en Stuttgart los desarrollos para manufacturar aparatos electrodomésticos.

1930 Tenía 10,000 bombas de inyección colocadas en el mercado.

1932 Adquisición de Junkers & Co. GmbH en Dessau, manufacturera de sistemas de calefacción a gas y de agua caliente, marcando el comienzo de la División de Termotecnología. Bajo la propiedad del Grupo Bosch, *Blau punkt* introdujo el primer radio para automotores producido masivamente. Presentación del taladro eléctrico, el cual podría romper y rotar a la vez, haciendo que el lugar de trabajo fuera más cómodo y silencioso.

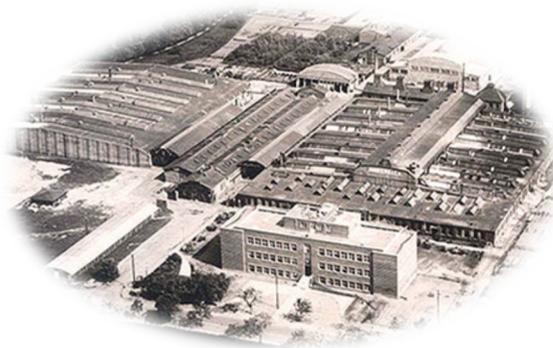


Figura 1.10 Junkers & Co. GmbH en Dessau,
Manufacturera de Sistemas de Calefacción a Gas y de Agua Caliente



Figura 1.11 Taladro Eléctrico

1933 En el mercado automotriz inició una serie de innovaciones en el equipamiento: la corneta (claxon), los limpiadores de parabrisas, las luces direccionales, marchas, generadores y faros delanteros. Lanzamiento del refrigerador eléctrico, destacando su forma, su menor consumo de energía y su precio coparativamente más bajo.



Figura 1.12 Refrigerador Eléctrico

1936 Se dona un hospital a la ciudad de Stuttgart, que todavía opera actualmente a través de la Fundación.

1937 Modificación de la estructura legal de la empresa, convirtiéndola en una Sociedad de Responsabilidad Limitada con la finalidad de protegerla de influencias externas y salvaguardar su independencia.

1951 Sistemas de inyección de gasolina para vehículos con motores de 2 tiempos, con su preciso medidor de combustible, redujo el consumo de gasolina del vehículo en cerca del 20%, e incrementó su fuerza de 23 a 28 caballos de fuerza (17 a 21 kilovatios).



Figura 1.13 Sistemas de Inyección de Gasolina

1952 Hans Walz retomó el puesto de Presidente del Consejo de Administración de la empresa y siguió implementando los parámetros establecidos por Robert Bosch. La parte medular continuó siendo la producción automotriz, con numerosas innovaciones y el establecimiento de nuevas plantas productivas donde el entorno lo permitía.

1953 Lanzamiento de dispositivos hidráulicos de Bosch, levantador hidráulico que se valía de la fuerza de un tractor para subir y bajar el arado.



Figura 1.14 Dispositivo Hidráulico de un Tractor

1963 Hans Merkle fue nombrado Presidente del Consejo de Administración. Su estrategia fue la diversificación, la creación del Programa 3S (seguridad, limpieza y economía: de las palabras alemanas *Sicherheit*, *Sauberkeit* y *Sparsamkeit*).

Las nuevas tecnologías se mostraban comprometidas con el beneficio económico para sus clientes, al mismo tiempo que lo estaban con el medio ambiente y con la seguridad en todos los ámbitos del quehacer humano. Se inicia la producción de maquinaria para el sector de empaque, creándose la División de Equipo Industrial. Se marca el ingreso al área de empaques de maquinaria.



Figura 1.15 Creación de la División de Equipo Industrial

1964 La organización sin ánimo de lucro Erich Wetzel Verpackungsmaschinen GmbH, adquiere la participación mayoritaria en Robert Bosch GmbH, llevando a cabo el trabajo cívico y de caridad a las formas modernas, tomando los dividendos percibidos de la compañía y usándolos según el espíritu del fundador del Grupo Bosch.



Figura 1.16 Organización sin ánimo de lucro
Erich Wetzel Verpackungsmaschinen GmbH

1967 Inicio de la producción del sistema de inyección electrónica de gasolina por presión controlada Jetronic, capaz de cumplir con los estándares ambientales más exigentes del mundo.

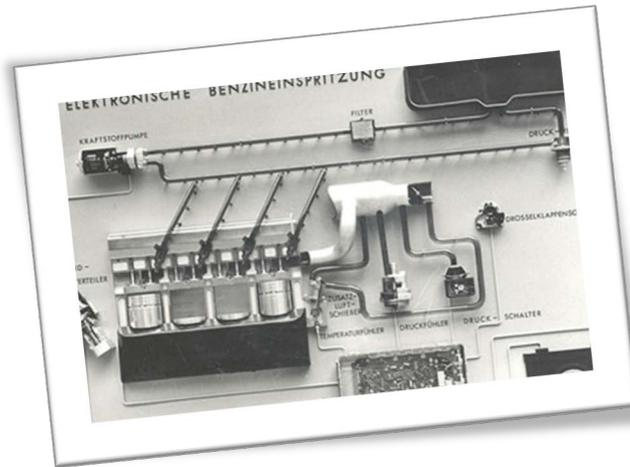


Figura 1.17 Sistema de Inyección Electrónica de Gasolina por Presión Controlada Jetronic

1976 Inicio de la producción de los sensores lambda, allanando el camino para los convertidores catalíticos de tres vías y emisiones de gases más limpias. El sensor mide el contenido de oxígeno de los escapes de gas antes de la entrada del mismo gas al convertidor catalítico. Los datos arrojados por el sensor permiten que la unidad de control de inyección electrónica cambie la composición de la mezcla de aire y combustible, maximizando la eficiencia y la purificación del escape a través del convertidor catalítico.



Figura 1.18 Sensores Lambda

1978 Inicio de la producción en masa del ABS, el sistema antibloqueo de frenos controlado electrónicamente en las cuatro ruedas para vehículos.



Figura 1.19 Sistema Antibloqueo de Frenos

1980 Se incursionó en el campo de las telecomunicaciones.

1984 Marcus Bierich fue nombrado Presidente del Consejo de Administración.

1989 Primer sistema de navegación vehicular independiente en Europa: TravelPilot IDS con satélite de navegación, guías de rutas y salida de voz.



Figura 1.20 Sistema de Navegación

1993 Hermann Scholl fue nombrado Presidente del Consejo de Administración. Las innovaciones tecnológicas continuaron. Se incursiona en las comunicaciones móviles y en la adquisición de la empresa *Mannesmann Rexroth*, actualmente *Bosch Rexroth*.

1995 Inicio de la producción del primer programa de estabilidad electrónica ESP[®] del mundo, sistema que previene a los vehículos de posibles derrapadas.



Figura 1.21 Programa de Estabilidad Electrónica ESP

1997 Inicio de la producción del Sistema Common Rail de Inyección de diesel a alta presión, para los automóviles ecológicamente amigables. La tecnología permitiría que los niveles tóxicos de emisiones fueran reducidos en cerca del 96%.



Figura 1.22 Sistema Common Rail de Inyección

2000 Producción en masa del sistema de inyección directa de gasolina DI Motronic, con la innovación de la base de carga estratificada, la cual quema una nube localizada de las mezcla de aire y combustible generada por la inyección directa, disminuyendo el consumo de gasolina en más del 10%



Figura 1.23 Sistema de Inyección Directa de Gasolina DI Motronic

2001 Bosch asume el control de Mannesmann Rexroth AG, fusionándola con la División de Tecnología de la Automatización para formar Bosch Rexroth AG.



Figura 1.24 Bosch Rexroth AG

2003 Franz Fehrenbach fue nombrado Presidente del Consejo de Administración. La innovación permanece como el objetivo fundamental de la empresa, continuando en expansión sus sectores empresariales como sus productos. Adquisición de Buderus AG em Wetzlar fusionando las divisiones de calefacción.



Figura 1.25 Adquisición de Burerus Ag em Wetzlar

2007 Adquisición del proveedor de soluciones de telesalud Health Hero Network en Palo Alto, California, especializada en soluciones innovadoras de telesalud, desarrollando y comercializando el software que es utilizado por fuera del ambiente clínico para registrar y evaluar la información de la salud de los pacientes.



Figura 1.26 Health Hero Network
Soluciones de Telesalud

2008 Adquisición de módulo solar manufacturero Ersol Solar Energy AG, con la finalidad de expansión hacia su portafolio de sistemas y componentes para la generación de energía desde fuentes renovables, dicha adquisición llevó a la formación de la División de Bosch Solar Energy.



Figura 1.27 División de Bosch Solar Energy. Módulo Solar

2010 Inicio de la producción de sistemas de frenos de emergencia predictivos, el cual ayuda a prevenir colisiones en la parte trasera. El sistema combina el programa de estabilidad electrónico ESP® con el sistema de sensores de radar LRR3 del control de crucero adaptativo ACC, complementado por un sensor de video. Primera producción en masa de autos con características de la tecnología híbrida completa, además de los componentes (electrónicos y motor eléctrico), se ha provisto el cerebro de los vehículos en la forma de una unidad de control Motrónica para vehículos híbridos.



Figura 1.28 Sistemas de Frenos de Emergencia Predictivos

2011 Se inicia la fabricación en serie de accionamientos eBike. La unidad de accionamiento y sus equipos electrónicos, el pack de la batería y su unidad de carga, el HMI que está instalado en el manillar forman un sistema de accionamiento ligero y de alto rendimiento, potente y resistente, con un alto grado de estabilidad en la conducción.



Figura 1.29 Serie de Accionamientos eBike

2013 Inicio de la producción del Control de Estabilidad para Motocicletas (MSC) proporciona la máxima estabilidad al frenar, al acelerar, en rectas y en curvas. Los sensores de las ruedas miden la velocidad de giro, y un sensor de inercia registra los ángulos de inclinación y pendiente.



Figura 1.30 Control de Estabilidad para Motocicletas (MSC)

1.1.2 EVOLUCIÓN DE LA EMPRESA EN EL PAÍS

Terminada la Primera Guerra Mundial, Robert Bosch decidió viajar a América Latina en busca de nuevos mercados para los productos manufacturados por sus empresas en Alemania.

En México las partes automotrices del Grupo Bosch habían sido introducidas en el mercado nacional por importadores que daban servicio a los talleres automotrices que existían ya en las grandes ciudades y que abastecían el mercado con diversos productos estadounidenses y europeos. Por lo general, no representaban a una empresa particular ni dedicaban su comercialización a productos específicos, sus empresas eran almacenes dedicados a la ferretería donde se podían adquirir maquinarias eléctricas o mecánicas diversas. Algunas de ellas contaban también con talleres de reparación por lo que adquirían componentes del Grupo Bosch para su propio consumo.

1922 La Compañía Perforadora e Importadora de Maquinaria Agrícola, S.A., solicitó la representación para México de los productos del Grupo Bosch, la cual le fue otorgada como agente concesionario. Esta compañía comercializó los componentes fabricados en Alemania hasta el año de 1929, fecha en la que la representación fue otorgada a Sommer Hermann y Compañía Sucesores, que a través de su Departamento de Maquinaria comercializó los productos del Grupo Bosch hasta 1948.

1948 Llegan a México productos con la marca del Grupo Bosch, importados de Inglaterra y Estados Unidos que habían sido producidos sin los parámetros de calidad exigidos por la marca en Alemania, lo cual no era congruente con las políticas de representación que exigía BOSCH a sus concesionarios, por esta razón, en este año se canceló el convenio que la empresa tenía con Sommer Hermann y Compañía para ser otorgado a una nueva: Auto Moto Servicio, S.A.

1955 Ernesto Krause recibió la representación exclusiva para comercializar los productos BOSCH en México, a través de un convenio establecido con Robert Bosch GmbH.

Originalmente importaba productos relacionados con el equipamiento automotriz, herramientas eléctricas, equipo de prueba y reparación, condensadores y artículos para el hogar. Siendo Krause uno de los propietarios de la empresa de transportación marítima D. Lehmann Soehne, dedicada a la importación de frutas tropicales procedentes de América Central y de las islas del Caribe, y con objeto de hacer más eficiente el uso de sus barcos y de expandir sus negocios, la empresa se acercó a Volkswagen AG, en Wolfsburg, para obtener la representación exclusiva de esta empresa para México. El Grupo Bosch consideró oportuno unirse a la representación exclusiva que Volkswagen AG ofrecía al señor Krause, marcando con este hecho su llegada definitiva al mercado mexicano. Se constituyó Export- Import-Mexicana Internacional, S. A. (EIMISA), así como la presencia comercial de sus productos, con la cual comienza una representación sólida del Grupo Bosch en México, con el objeto de capacitar en las técnicas de diesel e inyección a técnicos mexicanos.

1956 EIMISA inicia la comercialización de nuevas líneas de productos del Grupo Bosch en la ciudad de México. Se formó un primer grupo de vendedores de la línea automotriz, para colocar los productos de importación del Grupo Bosch en talleres y refaccionarias: bujías, faros, bobinas y equipos de inyección diesel. Se autorizan servicios de diesel y encendido BOSCH, que contaban con laboratorio diesel y equipo de comprobación eléctrico en las ciudades de Monterrey, Toluca, Hermosillo y Guasabe.

1959 EIMISA cambia su sede, sus nuevas instalaciones contaban con sala de exhibición, oficinas, almacén y un taller. Se atendían a las plantas automotrices IHC, J. Deere y otras ensambladoras a las que se vendían componentes CKD de importación directa.

1963 EIMISA se vio afectada por las restricciones a la importación, por lo que pidió autorización a la casa matriz para que fabricantes mexicanos maquilaran refacciones automotrices (bujías, bobinas, faros, interruptores, platinos y partes eléctricas), cuya producción debería ajustarse a las estrictas normas establecidas por Grupo Bosch en Alemania.

1964 La empresa capacitó al primer equipo de ventas (15 vendedores) para comercializar herramientas y artículos para la construcción.

1966 Se establece en Toluca Automagneto, S.A. de C.V., la primera planta de fabricación de productos del Grupo Bosch, con la finalidad de hacer el montaje de componentes eléctricos con piezas de importación CDK, cuyo mercado original estaba dirigido a los automotores Volkswagen.

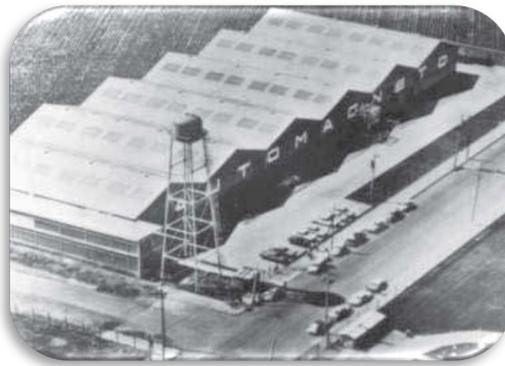


Figura 1.31 Instalaciones Toluca Automagneto, S.A. de C.V.

1967 Se inició la fabricación de tres tipos de marchas con dispositivo de estímulo eléctrico.

1968 Se empezó la fabricación de generadores (81% de integración nacional) para automóviles Volkswagen Sedán.

1969 Grupo Bosch Alemania decide adquirir las acciones de EIMISA y constituirse en México bajo la firma Robert Bosch de México, S.A.

1970 Se inicia la fabricación de motores limpiaparabrisas y motores pequeños, buscando el incremento de mayores índices de integración nacional en los productos fabricados. Se crea en Automagneto, S.A. de C.V., el Centro de Capacitación Técnica de Toluca, con el objeto de formar a jóvenes en el conocimiento técnico (50% práctica y 50% teoría) en neumática, hidráulica, autocad y una especialidad en mecánica electrónica.

1972 Se abren sucursales en Guadalajara y Monterrey. Se inicia la fabricación de distribuidores de corriente con sistema de platinos; posteriormente se lanzan nuevos tipos de platinos con sistemas de inducción y tecnología Hall.

1973 Se crea la División Comercial Robert Bosch de México, S.A. de C.V.

1980 El Grupo Bosch México inició negociaciones con BOSCH Brasil para intercambiar productos que beneficiaran a ambas empresas filiales.

1983 Robert Bosch, S.A. de C.V., inició la importación y venta de tecnología para medición de gases residuales contaminantes de automóviles, que afectaban el medio ambiente, en la ciudad de México; gran parte de los centros de verificación (estatales y particulares) están provistos de equipos del Grupo Bosch.

1984 Se inicia la fabricación de alternadores.

1985 Se inicia la fabricación de plumas limpiaparabrisas para equipo original, así como sus refacciones.

1991 Automagneto S.A. de C.V., cambió su nombre por Robert Bosch S.A. de C.V., convirtiéndose en una sucursal regional del Grupo Bosch.

1992 Se fabrica el primer motor para elevadores de cristales automotrices

1993 Se fabrica el primer motor ventilador y el sistema limpiaparabrisas para el modelo Golf A3.

1994 Se manufactura el primer alternador compacto.

1996 El motor para frenos ABS y la empresa obtiene el reconocimiento Gold Pentastar otorgado por Chrysler.

La División Equipo Original en Toluca es responsable de la venta de componentes a la industria automotriz; la División Comercial en el Distrito Federal es responsable de la venta de refacciones automotrices, herramientas eléctricas, equipos para diagnósticos automotrices y los productos de la marca Skil. Los principales clientes de la empresa eran:

- Plantas automotrices: Volkswagen, Mercedes-Benz, Nissan, Ford, Chrysler y General Motor
- Fabricación de tractores: John Deere, Ford-New Holland y Sidená
- Fabricación de motores: Perkins

A partir de la entrada en vigor del TLC la planta del Grupo Bosch de Toluca se convirtió en un punto estratégico para la exportación de partes producidas en ella, especialmente motores eléctricos; pasó de ser una empresa cuya producción estaba destinada básicamente al mercado mexicano, a una compañía clave para toda Norteamérica.

La producción de motores eléctricos se empezó a diversificar, iniciándose la manufactura de limpiaparabrisas, sistemas de encendido y alternadores. De 1994 al 2000 Toluca incrementó su producción en un 117%. Sin embargo debe continuar sus retos de competitividad con el objeto de defender su posición frente a las economías emergentes de Asia y Europa del Este.

Este proceso se centra alrededor de la implementación del sistema de producción del Grupo Bosch con un énfasis particular en la eliminación del ruido, flujo de materiales, sistemas de impulso y participación de sus asociados.

1.1.2.1 Localización de Plantas en México

Robert Bosch México, S.A. de C.V. cuenta con 9000 asociados distribuidos en varias localidades en el interior y la capital de la República.

AGUASCALIENTES: Originalmente Frenados Mexicanos, S.A. de C.V., era propiedad de la empresa japonesa NABCO Mexicana que se dedicaba a la producción de cilindros maestros para Nissan Mexicana. En 1997 se integran otras líneas de maquinado pertenecientes a Munich Precision. En el 2000 Robert Bosch GmbH adquiere las acciones de NABCO y cambia su razón social a Frenados Mexicanos para integrarse a Robert Bosch México.

SAN LUIS POTOSÍ: Sistemas de Frenos, S.A. de C.V., fue fundada en 1973 por Bendix de México. En 1996 es adquirida por Grupo Bosch. Los primeros productos fueron frenos para bicicletas y bujías; posteriormente convertidores Master Vac y frenos de tambor. Con el objeto de complementar los sistemas de frenos, se producen líquidos de frenos, frenos de disco y maquinado para frenos de tambor.

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA: Skil de México, S.A. de C.V., se dedica al ensamble de herramientas eléctricas e inalámbricas para uso doméstico e industrial. En 1986 inició sus operaciones siendo parte del grupo Emerson. En 1992 pasa a formar parte de Grupo BOSCH. En 1993 las líneas de ensamblaje de herramientas inalámbricas de New Bern, Alemania son trasladadas a esta planta. En 1994 procedente de Walnut Ridge, Arkansas se traslada la producción de la sierra eléctrica inalámbrica. En 1996 el interruptor para la herramienta mototool. Dremel de México, S.A. de C.V., se dedica a la fabricación de herramientas eléctricas y accesorios para trabajos a detalle con más de 300 accesorios y aditamentos dándole versatilidad en cualquier aplicación y tipo de materiales.

CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA: En 1992 inició sus operaciones con la empresa Sistemas Automotrices, S.A. de C.V., como industria maquiladora, con la idea de producir a menor costo una bolsa de aire para Chrysler. El primer producto fabricado fue el motor de sistema antibloqueo de frenos. En 1997 manufacturó faros. En 1999 la producción de motores se integró a la planta de Toluca. Actualmente la empresa enfoca sus objetivos en el ensamblaje y prueba de unidades de control electrónico basado en tableros de circuitos impresos y controladores para bolsas de aire de seguridad para automóviles, módulos ultrasónicos de estacionamiento, controladores electrónico de motores y otros equipos.

DISTRITO FEDERAL Y ÁREA CONURBADA: Oficinas corporativas y de ventas del Grupo BOSCH México. La aplicación de tecnologías se encuentra en la rama móvil e industrial: metalúrgica, petrolera, automotriz, química, cementera, alimenticia y de impresión, entre otras.

- **BOSCH Rexroth, S.A. de C.V.**, empresa organizada en cinco líneas de comercialización:
 - ✓ **Equipo hidráulico:** Válvulas proporcionales y servos, bombas, cilindros, motores, unidades de potencia y controles de presión.
 - ✓ **Equipo de control:** Servomotores, drives, tarjetas electrónicas, PLC'S, encoders, dispositivos de control, variadores de frecuencia, sistemas de atornillado y control de soldadura.
 - ✓ **Neumática:** Cilindros, válvulas, PLC'S, unidades de mantenimiento, sensores, accesorios y sistemas completos.
 - ✓ **Tecnología lineal y en movimiento:** Accionamientos lineales, rodamientos, flechas cilíndricas, patines, bandas transportadoras; estaciones de trabajo y perfiles de aluminio.
 - ✓ **Servicio de automatización:** Asesoramiento, plantificación y proyectos; montaje, puesta en marcha, mantenimiento correctivo y preventivo, soporte técnico.
- **BSH Electrodomésticos, S.A. de C.V.**, fundada en 2001, inició sus operaciones en México en 1988 como Grupo Interdom, S.A. de C.V., empresa que fue adquirida por Grupo BOSCH y Siemens en 1996. Actualmente fabrica las líneas de estufas BOSCH y Continental e importa productos de línea blanca de alta tecnología.
- **Centro de Distribución**, se localiza en Tlalnepantla, Estado de México.

1.2 INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE ALTERNADORES Y MOTORES

Ha pasado casi un siglo desde que el Grupo Bosch presentó el primer alternador con regulación de voltaje para vehículos automotores. Aunque inicialmente se diseñó como una fuente de energía para la innovación de los faros eléctricos, en última instancia sentó las bases para desarrollar la electrificación del automóvil.

Hasta 1913, se fabricaba prácticamente sistemas de encendido, sin embargo este enfoque en un solo producto fue una estrategia muy arriesgada. Al mismo tiempo, el mercado automotriz se desarrollaba a un ritmo acelerado, por lo que un sistema de iluminación confiable había llegado a ser esencial.

Como consecuencia de lo anterior el Grupo Bosch, estaba listo para producirlo en serie, el paquete (2 faros, 1 alternador, 1 batería y 1 regulador de voltaje) fue ofrecido como una solución; el alternador tenía la función de suministrar energía a la batería, que a su vez sería la de asegurar la operación confiable de los primeros faros eléctricos. Este primer sistema de iluminación abrió el camino a Bosch para convertirse en un proveedor de sistemas eléctricos en el sector automotriz.

Sin las mejoras continuas que se han desarrollado en cuestión de la eficiencia del alternador, éstos tendrían que pesar lo mismo que un coche pequeño para proporcionar toda la potencia necesaria que pudiera alimentar los modernos sistemas eléctricos con sus numerosos consumidores de energía.

Hoy en día, los alternadores proporcionan toda la energía que un auto necesita, alimentando al sistema eléctrico, haciendo autos más limpios y más eficientes, mejorando también la seguridad y comodidad.

En la División de Alternadores y Motores de Arranque se establece que: *los alternadores se están construyendo cada vez más compactos, más robustos y más potentes* contribuyendo en el proceso continuo del desarrollo. Mientras que los primeros alternadores proporcionaban una salida de potencia de sólo 4 amperios, actualmente los alternadores de última generación del Grupo Bosch abarcan cuatro categorías de potencia de salida que van desde 130 hasta 250 amperios.

Además se cuenta con una amplia gama de motores eléctricos, que van desde pequeños actuadores para asientos y *mecanismos levanta cristales con motor integrado de gran alcance y velocidad*, así como motores eléctricos para vehículos híbridos y eléctricos.

Estos motores generan corriente eléctrica, mientras que también se están utilizando para aplicaciones con diferentes tipos de accionamientos: Los sistemas eléctricos ayudarán a tener autos más eficientes y confortables en el futuro.

En los últimos años, con un incremento en el consumo de energía eléctrica por parte de los vehículos, la demanda de capacidad de los alternadores aumentó. Los cambios de rotación y oscilación de carga de un motor de combustión exigieron dispositivos de regulación cada vez más confiables para la tensión del alternador.

Por estas razones se invierte permanentemente en tecnología e innovación, desarrollando productos de la más alta calidad.

Los alternadores son producidos con materiales livianos, son compactos y con mayor capacidad de generación de energía; suministrando la energía eléctrica necesaria al vehículo, y permitiendo una correcta alimentación eléctrica del motor de arranque, sistemas de encendido e inyección, y poniendo en acción equipos de confort (*motor levanta cristales, equipos de aire acondicionado y equipos de seguridad*).

MARCO TEÓRICO

- 2.1 Componentes de Sistemas Automotrices**
- 2.2 Sistemas de Accionamiento para Levanta Cristales**
 - 2.2.1 Levanta Cristales por Brazos Articulados**
 - 2.2.2 Levanta Cristales por Cable Rígido de Accionamiento**
 - 2.2.3 Levanta Cristales por Cable de Tracción**
- 2.3 Generación FPG3 para Motor Levanta Cristales**
- 2.4 Proceso para el Desarrollo del Sistema Levanta Cristales**
- 2.5 Implementación del Sistema Levanta Cristales**
 - 2.5.1 Características del Motor de 4 Polos**
 - 2.5.2 Plataforma FPG3**

2.1.- COMPONENTES DE SISTEMAS AUTOMOTRICES

Grupo Bosch México cuenta con ocho líneas de comercialización: Componentes y sistemas de equipo original automotriz, autopartes automotrices, multimedia automotriz, línea blanca, termotecnia, automatización industrial, herramientas eléctricas y sistemas de seguridad, por ejemplo:

- Motor quemacocos
- Bomba auxiliar de aire
- Sensor de presión
- Válvula para tanque de gasolina
- Bomba de agua
- Sistema de inyección Diesel
- Sensor de velocidad
- Sensor de encendido
- Regulador de presión
- Sensor de denotación
- Sistema de inyección de gasolina
- Compuertas de aire acondicionado
- Relevadores
- Motor para aire acondicionado
- Claxon
- Cerebro de mando para bolsas de aire
- Sensores de proximidad
- Válvula de control de transmisión
- Freno de vacío



Figura 2.1 Componentes y Sistemas de Equipo Original Automotriz

En la línea de Equipo Original el Grupo Bosch ofrece una variedad de productos:

- **División de Electrónica:** Incluyen marchas, alternadores, limpiaparabrisas, sistemas de ventilación, unidades de control para puertas y carrocería, elevadores eléctricos para ventanas, motores para asientos, motores para quemacocos, sistemas de navegación, radios, sistemas de entretenimiento y sensores
- **División de Powertrain (Tren Motriz):** Produce y ofrece productos como: unidades de control de motor, inyectores (gasolina y diesel), sensores de oxígeno y medidores de circulación de aire
- **División de Sistemas de Frenos:** Ofrece frenos de tambor, frenos de disco, Master Vacs (válvulas maestras), válvulas y los sistemas ABS (sistema antibloqueo) y ESP (sistema de estabilidad), lo último en tecnología de seguridad

El Grupo Bosch está promoviendo la tecnología diesel con el objeto de reducir la emisión de bióxido de carbono y obtener mayor eficacia y funcionamiento en el consumo de este combustible en los vehículos.

La responsabilidad del Grupo BOSCH se manifiesta en los siguientes segmentos:

- **Administración corporativa:** Bosch analiza el desarrollo previsto bajo las condiciones que se conocen como *megatendencias*, debido a los procesos de cambio como: la globalización, los desarrollos demográficos, el cambio climático y la conservación de los recursos. ¿Cómo funcionarán los automóviles dentro de 20 o 30 años? ¿Qué materias primas estarán aún disponibles? ¿Qué tipo de demandas hará la gente a la movilidad y el suministro de energía en el futuro?
- **Medio ambiente y clima:** La protección del medio ambiente es un mercado de gran crecimiento. En los próximos años, las tecnologías ecológicas que ayudan a mejorar la eficiencia de la energía o reducir las emisiones contaminantes serán factores importantes para el crecimiento
- **Productos y clientes:** La protección del medio ambiente es un mercado de gran crecimiento en el futuro. En los próximos años, las tecnologías ecológicas que ayudan a mejorar la eficiencia de la energía o reducir las emisiones contaminantes serán factores importantes para el crecimiento

- **Asociados y talentos jóvenes:** En el desarrollo de nuevos productos y en la apertura de nuevas áreas de negocios, es fundamental contar con especialistas de primer nivel y que se les motive a usar su potencial al máximo
- **Sociedad y compromiso:** El compromiso social se ha ido desarrollando con el correr del tiempo y se basa en las convicciones del fundador de la empresa, Robert Bosch. La empresa apoya a muchas instituciones y proyectos de caridad que apuntan a promover el talento de los jóvenes académicos, y patrocina a iniciativas benéficas en las áreas de influencia de nuestros establecimientos de todo el mundo

2.2.- SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO PARA LEVANTA CRISTALES

Se conoce como levanta cristales a los dispositivos técnicos para posibilitar la subida y bajada de ventanillas. Las primeras ventanas en la industria del automóvil eran fijas o desmontables; más tarde llegarían las ventanas frontales que se podían tumbar con la ayuda de bisagras. El último avance fueron las ventanas laterales deslizables o plegables, las cuales tienen las ventajas de que son más económicas e impermeables.

- En 1928 Max Brose creó los levanta cristales mecánicos convencionales por giro de la manilla. Gracias al freno de muelle antirrollo se posibilitó por primera vez que la ventana permaneciera en cualquier posición. Esta tecnología se comercializó bajo la marca Atlas para fabricantes de automóviles como Daimler-Benz, Volkswagen, Borgward y Lloyd
- En 1941 se introdujeron en Estados Unidos los levanta cristales eléctricos instalados en el vehículo Lincoln, del Grupo Ford
- En 1950 el primer vehículo en Europa con levanta cristales fue el BMW 503

Con el fin de aumentar la comodidad en la conducción y evitar la distracción del conductor cuando tiene que subir o bajar los cristales de las ventanillas del automóvil, se ha ideado sistemas de accionamiento eléctrico de los cristales de modo que con la sola pulsación de un interruptor suben o bajan hasta el punto que el conductor desee.

Los sistemas de levanta cristales eléctricos modernos suelen valerse de una central electrónica de mando desde la que se distribuyen las órdenes a cada uno de los motores.

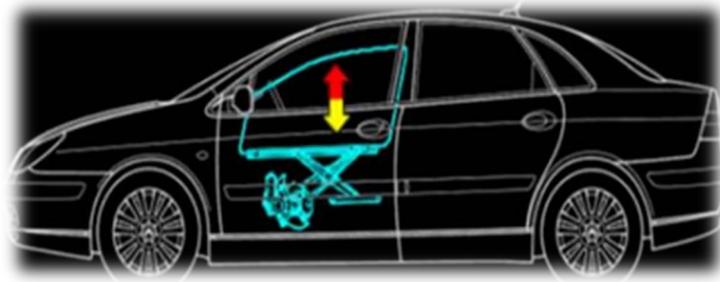


Figura 2.2 Sistema Estándar Levanta Cristales

Actualmente la variante eléctrica es casi estándar con un botón para accionar cada ventana en la puerta de la misma, igualmente el conductor dispone de la posibilidad de accionar los 4 levanta cristales en su puerta o en la consola intermedia.

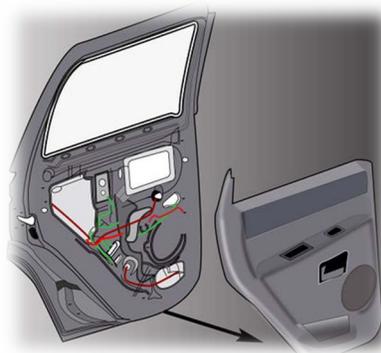


Figura 2.3 Sistema de Levanta Cristales Eléctrico

Se pueden subir y bajar los vidrios de las puertas por medio de un mecanismo eléctrico, que está compuesto por un motor eléctrico y un mecanismo que transforma el movimiento rotativo del motor en un movimiento lineal de sube y baja que es transmitido al cristal.

El mecanismo del levanta cristales puede adoptar distintas formas, según sea su constitución, las más usuales son:

2.2.1 Levanta cristales por brazos articulados

El motor acciona un sector dentado que se articula a unas palancas en forma de tijera

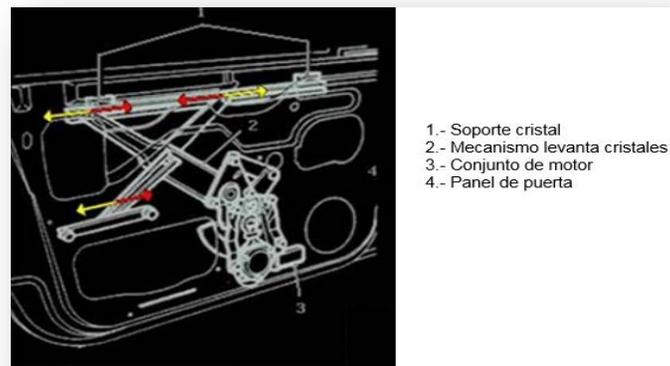
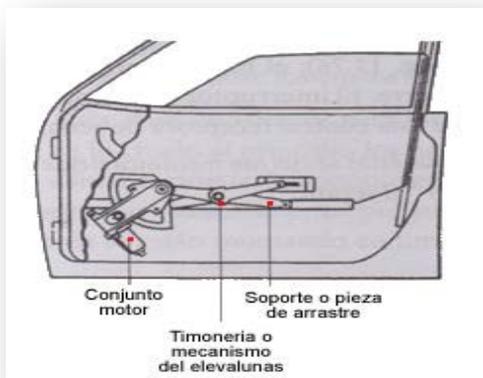


Figura 2.4 Sistema de Levanta Cristales por Brazos Articulados

2.2.2 Levanta cristales por cable rígido de accionamiento

El motor mueve en uno u otro sentido un cable rígido normalmente dentado parecido al que se utiliza en el limpiaparabrisas. En este tipo de levanta cristales, el motor transmite el movimiento a un cable rígido dentado que se mueve en un sentido o en otro. Un extremo de este cable se une al soporte o pieza de arrastre que mueve el cristal, tirando o empujándolo para hacerle subir o bajar según sea el sentido del giro del motor.

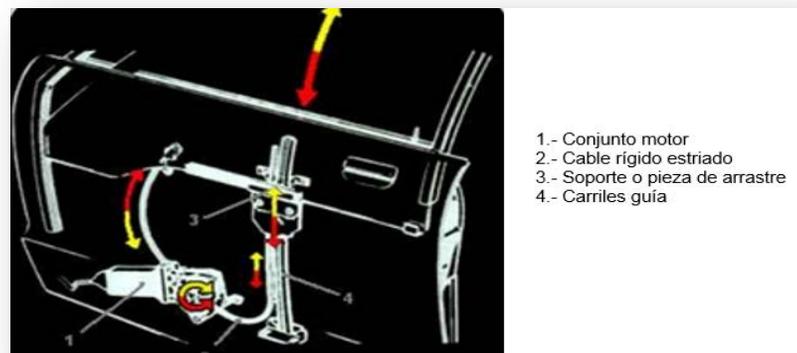
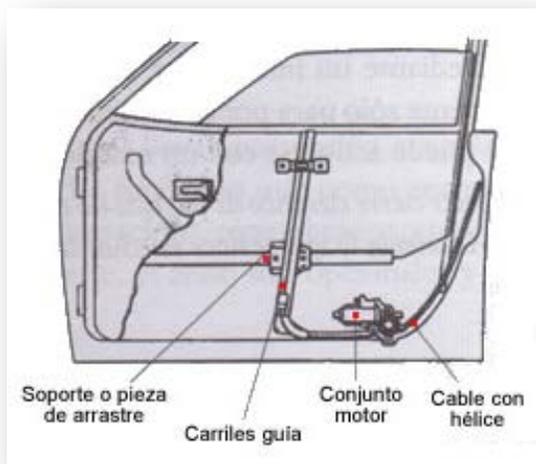


Figura 2.5 Sistema de Levanta Cristales por Cable Rígido de Accionamiento

2.2.3 Levanta cristales por cable de tracción

El motor mueve un cable de tracción en ambos sentidos

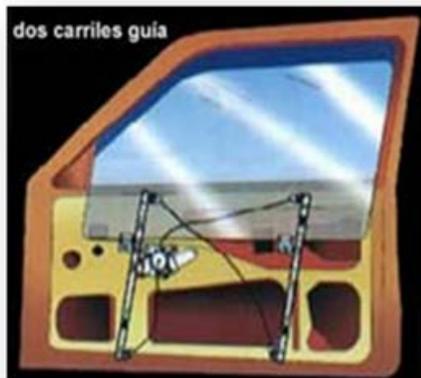
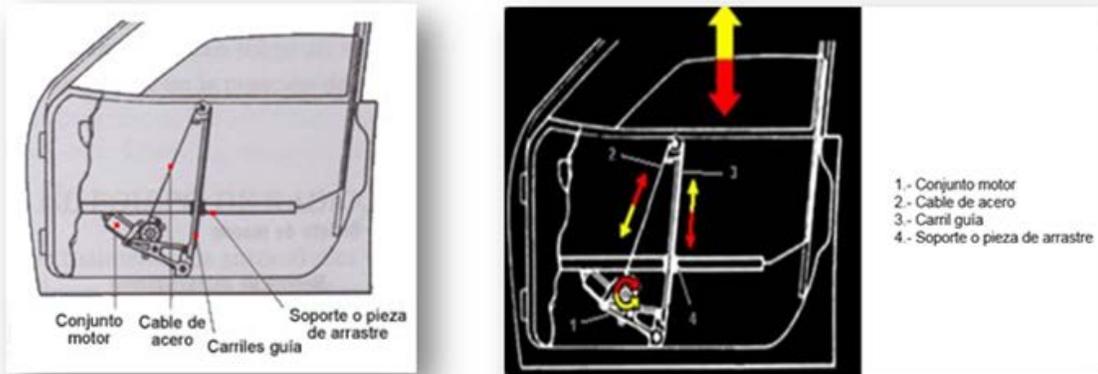


Figura 2.6 Sistema de Levanta Cristales por Cable de Tracción

El conjunto motor que mueve el levanta cristales va dotado de un dispositivo de protección contra sobrecargas, que lo desconecta automáticamente si se produce una resistencia excesiva en el movimiento de los cristales.

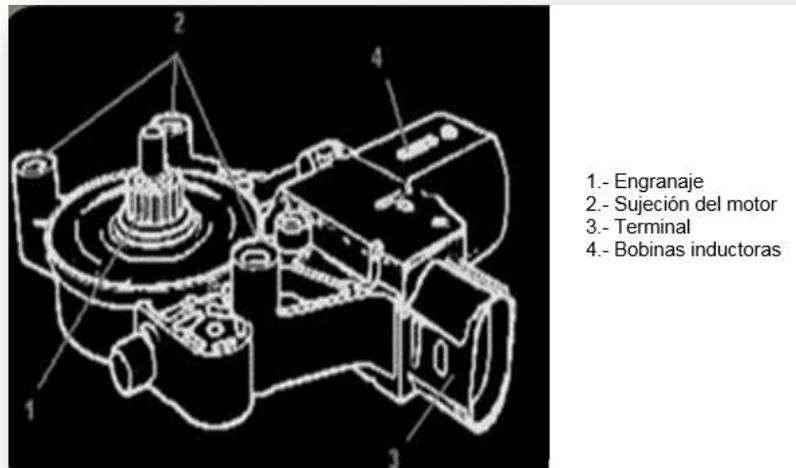


Figura 2.7 Conjunto Motor

El antipinzamiento es un sistema de seguridad que evita daños en objetos o personas si estos son atrapados cuando se cierra la ventana.



Figura 2.8 Sistema de Seguridad Antipinzamiento

En la actualidad se utiliza un sistema de levanta cristales eléctrico denominado secuencial, con este modelo basta pulsar una vez el interruptor de accionamiento para conseguir que el vidrio suba hasta el final de su recorrido o baje, aun cuando se suelte el pulsador de mando.

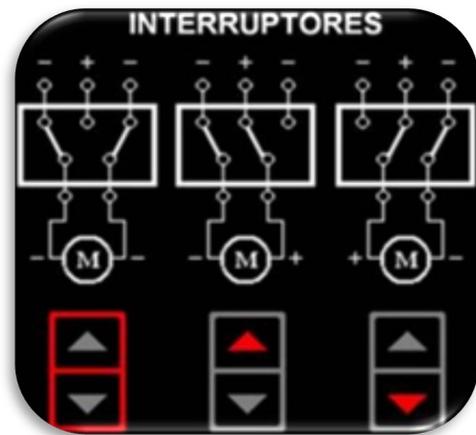


Figura 2.9 Interruptores

2.3.- GENERACIÓN FPG3 PARA MOTOR LEVANTA CRISTALES

Los motores levanta cristales tienen como función principal accionar el sistema regulador para subir o bajar la ventanilla del vehículo por medio de impulsos eléctricos y proveer el auto bloqueo necesario. Actualmente se está trabajando en el desarrollo de la nueva generación de motores levanta cristales, apeándose a las exigencias de las principales armadoras de automóviles.

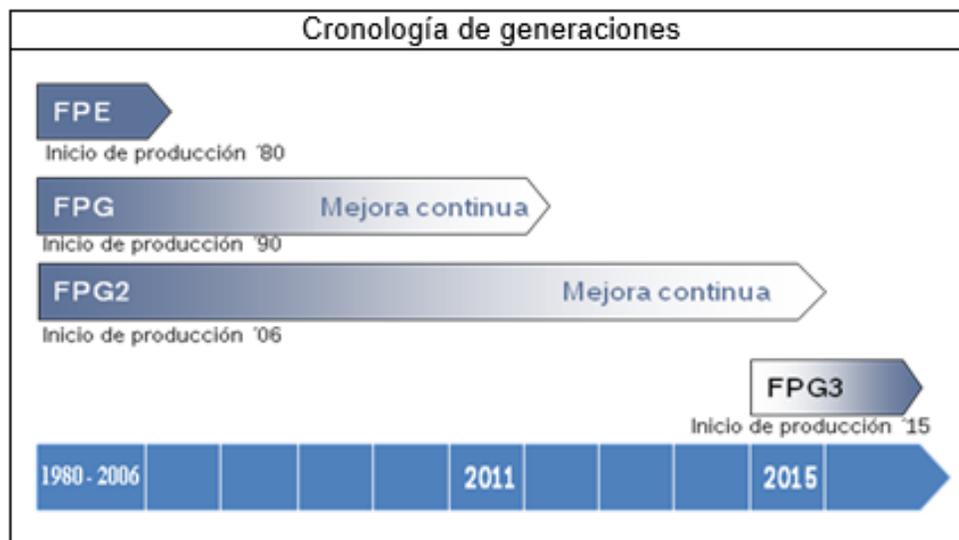


Figura 2.10 Cronología de Generaciones

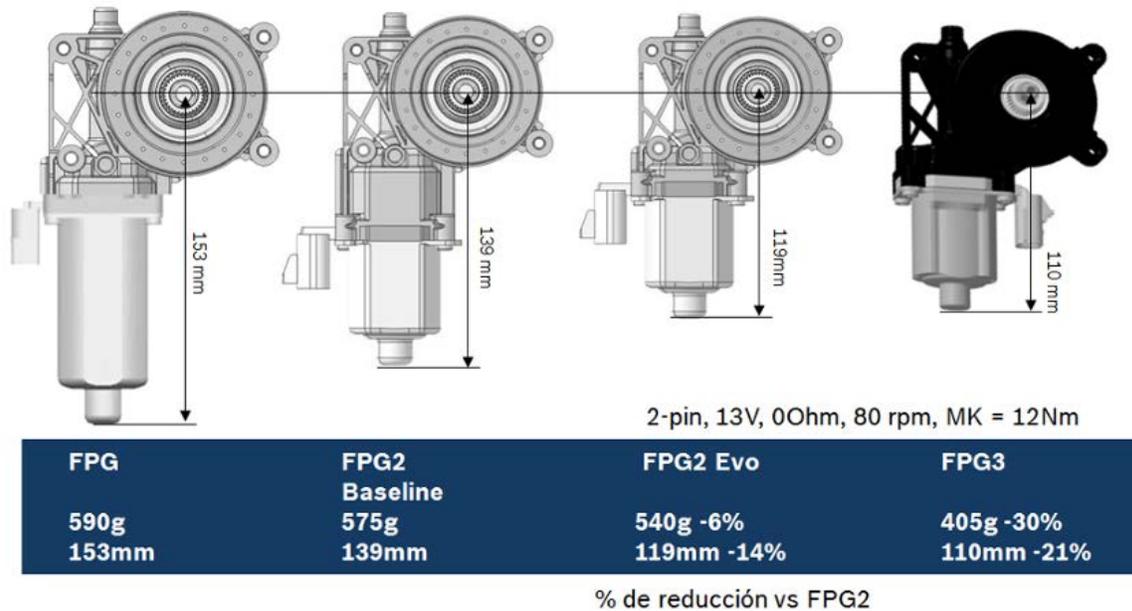


Figura 2.11 Evolución de Motores Levanta Cristales

FPG3 es la nueva generación de motores levanta cristales, que representa un desafío para la ingeniería de producto, se centra en:

- Reducir el peso y dimensión del motor dando una mayor flexibilidad de componentes localizados en la puerta
- Mejorar la eficiencia de los sistemas actuadores
- Incrementar la seguridad proporcionando un mayor autobloqueo
- Elevar el nivel de confort reduciendo niveles de ruido en puerta al ser accionado
- Cierre suave de ventanilla, con variantes que suministren de seguridad adicional implementando funciones de anti pinchado
- Apertura y cierre de ventanilla de un solo toque, cierre desde la llave del vehículo, apertura de ventanilla en caso de emergencia

Una de las principales características de la Generación FPG3 es que será un motor de 4 polos en vez de 2 polos, lo cual incrementa la cantidad de flujo magnético dando como resultado mayor potencia con menores pérdidas de energía.

De esta manera es que se puede reducir el tamaño del inducido (rotor), la cantidad de alambre de cobre para la bobina y el número de laminaciones, qué a su vez lleva a una coraza (estator) más corta, menos material es igual a menos masa y menor masa es igual a menor espacio ocupado en el vehículo, pudiendo ayudar a reducir las emisiones de CO₂.

FPG3 se lanzará con 3 variantes en su configuración:

- Motor 2 pines con coraza corta que fungiría como motor trasero
- Motor 2 pines con coraza mediana que tendrá la función de motor frontal
- Motor electrónico (plug in o sensoric) con coraza corta, con rango de torques de 8.0Nm a 12.0Nm.

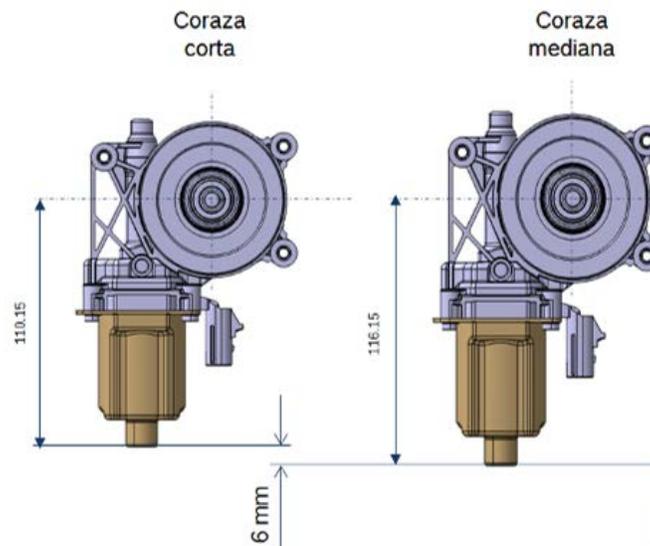


Figura 2.12 Variantes de Configuración de FPG3

2.4.- PROCESO PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA LEVANTA CRISTALES

Para llevar a cabo el desarrollo de la producción del motor, se deben realizar los procesos correspondientes: administrativos, legales, de manufactura, validación de diseño y de producción. Debiendo participar equipos multidisciplinarios:

- **EAC** Ingeniería (ingenieros de aplicación, diseño y validación)
- **SPJ** (coordinadores de proyecto)
- **MSE** Manufactura QMM Calidad

A.- PPAP Propósito el Proceso de Aprobación de Partes para Producción: Define los requerimientos generales para la aprobación de partes para producción, incluyendo materiales para producción a volumen/granel. El propósito es determinar si todos los requerimientos de especificaciones y registros de diseño del cliente son entendidos apropiadamente por la organización y que el proceso de manufactura tiene el potencial de fabricar productos que cumplan en forma consistente con estos requerimientos, durante corridas de producción actuales y en la proporción de producción cotizada.

El PPAP debe aplicar a ubicaciones internas y externas de organizaciones, suministrando partes para producción, partes para servicios, materiales de producción; para materiales a volumen/granel no se requieren PPAP a menos que se especifique por el representante autorizado por el cliente en cuestión.

B.- AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla: Metodología utilizada para reconocer y/o identificar las fallas potenciales de un proceso o diseño de un producto, que se realiza en la planificación (antes que estas ocurran) con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas. Los objetivos del AMEF son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema

- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso

C.- Plan de Control: Documenta y resume el conjunto de dos sistemas usados para minimizar la variación del proceso o servicio. El Plan de Control describe todas las acciones necesarias en cada paso del proceso para garantizar que todos los outputs van a estar en un estado controlado. Por otro lado, el Plan de Control es un documento vivo que refleja los métodos de control actuales y los sistemas de medida utilizados. Los objetivos del Plan de Control son:

- Sostiene las mejoras de rendimiento alcanzadas
- Ayuda a identificar oportunidades para próximas actividades de mejora
- Es un documento vivo:
 - ✓ Ajustado a la medida que las condiciones cambian y nuevas mejoras son introducidas
 - ✓ Sufre revisiones periódicas
- Es fácil de comprender

D.- Validación y Liberación: El Ingeniero de Validación del Producto lleva a cabo la validación y liberación de los productos, ya sean nuevos componentes, nuevo material, cambio de herramental, nuevas variantes y/o nuevas plataformas desde sus fases de:

- **Diseño: DV Design Validation Testing** (Prueba de Validación de Diseño): Se realiza con motores tipo muestra o prototipos, que son aquéllos productos que difieren en una o varias características de los que se producen en serie en las líneas de fabricación, ya sea por tratarse de innovaciones, mejoras o nuevos diseños que requieren aún ser probados y liberados internamente y por parte del cliente. Éste procedimiento no cubre la fabricación de muestras iniciales o series cero.

- **Producción: PV Production Validation Testing** (Prueba de Validación de la Producción): Se realiza con motores de Serie 0 (corrida inicial de producción para validar el proceso de manufactura de los motores)

El Ingeniero de Validación del Producto se encarga del desarrollo del producto basado en los requerimientos de los clientes: asegurando la calidad, confiabilidad, durabilidad, materiales, el costo y tiempo de entrega, cumpliendo con las expectativas del cliente, los estándares de la división correspondiente y las regulaciones que apliquen. Dentro de sus responsabilidades se encuentran:

- **Diseño del producto:**
 - ✓ Asegurar la correcta documentación y resguardo del diseño, como son los cálculos del diseño, simulaciones, análisis de tolerancias, análisis de costos, selección de materiales
 - ✓ Mantener y acrecentar el conocimiento del producto durante la vida del mismo mediante generación de nuevos estándares de diseño y desarrollo, actualización del AMEF, elaboración e implementación de cambios de ingeniería
 - ✓ Evaluación de especificaciones de nuevos clientes
- **Validación del diseño:**
 - ✓ Preparar los planes de validación del diseño, obtener la aprobación del cliente y garantizar la correcta ejecución de las pruebas de validación del diseño así como su entrega a tiempo
 - ✓ Asegurar la correcta documentación de resultados de las prueba de validación del diseño mediante la revisión y aprobación de los reportes de desarrollo correspondientes
 - ✓ Realizar investigaciones de falla mediante el uso de metodologías como 8D, DoE, Seis Sigma, etc., para identificar la causa raíz y asegurar su erradicación
 - ✓ Soporte al laboratorio durante las pruebas

2.5.- IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LEVANTA CRISTALES

El objetivo de la implementación del sistema consiste en lanzar al mercado un producto altamente competitivo, con los más altos estándares de calidad y con el precio adecuado a las necesidades de los clientes, con el refrendo de optimizarlo por medio de la mejora continua, y seguir evolucionando hacia las nuevas oportunidades y retos que se presenten en el futuro.

El Motor Levanta Cristales será concebido con las características de la Generación FPG3, como un motor de 4 polos incrementando el flujo magnético, lo que traerá como resultado mayor potencia con menores pérdidas de energía, siendo posible debido al diseño de polos consecuentes en la construcción de la carcasa (estator).

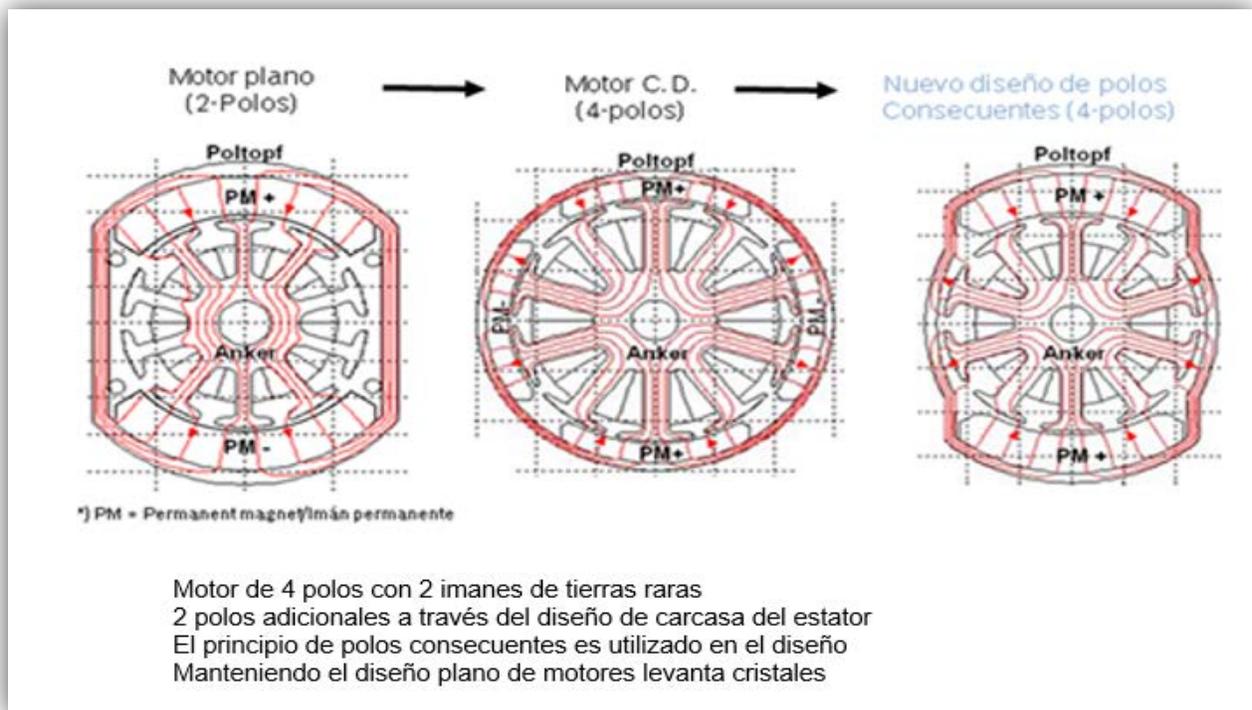


Figura 2.13 Diseño del Motor de 4 polos

Un bobinado es por polos consecuentes cuando el final de un grupo de bobinas está conectado con el principio del siguiente, dejando sin conectar el principio del primer grupo y el final de último, que serán el principio y el final, respectivamente de la fase.

En los bobinados de polos consecuentes, el número de grupos por fase es igual al número de pares de polos, y el número total de grupos es el número de grupos por fase, por el número de fases.

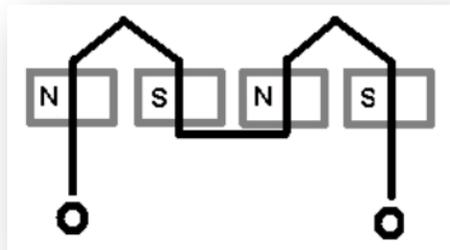


Figura 2.14 Bobinado de Polos Consecuentes

2.5.1 Características del Motor de 4 Polos.

Las características del motor de cuatro polos se encuentran detalladas en la tabla 1.

Tabla 1 Características del Motor de 4 Polos

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIÓN
Masa total	405 g
Longitud	43 mm menor que FPG, 29 mm de reducción en comparación con FPG2 y 9 mm menos que FPG2 EVO
Ensamble Carcasa	Nuevo diseño de 4 polos, nuevos imanes de tierras raras, nuevos retenes, mima chumacera
Ensamble de Inducido	Mismo proceso de ensamble de FPG2, componentes sólo hay cambio de conmutador/colector, menos longitud + menos material = menor costo
Ensamble Caja de engranes	Mismo diseño, componentes y proceso de ensamble de FPG2 (caja, arrastrador, elementos de amortiguamiento, engrane, tapa de engrane, clips, arandelas, flecha de mando y filtro)
Ensamble placa porta escobillas	nuevo diseño, mismos componentes, mismo proceso de ensamble final de motor FPG2
Relación de engranaje	1:73 con una flecha de 8mm Ø
Rango de torque	8.0Nm a 12.0Nm
Rango de RPMs	80 a 101
Rango de voltaje de operación	9.0V a 16.0V
Variantes	2 pines frontales, 2 pines traseros, electrónico (Plug in o Sensoric)

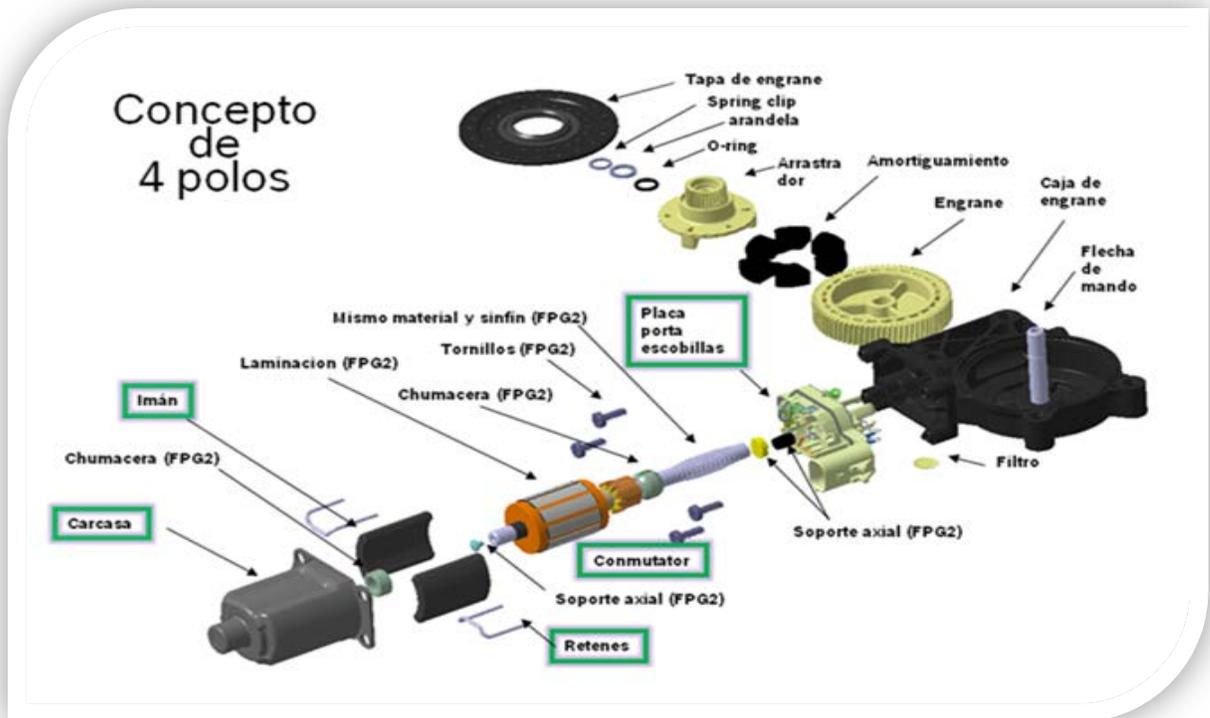


Figura 2.15 Concepto 4 Polos

2.5.2 Plataforma FPG3

FPG3 plantea reducir la masa total a 405g del motor levanta cristales, lo que representa un 30% menos en comparación con FPG2 2 pines, y un 24% menos comparándolo contra FPG2 EVO. Dimensionalmente contará con 29 mm menos que FPG2 2 pines, y 43 mm menos en comparación con FPG



Figura 2.16 Plataforma FPG3

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA

3.1 Caracterización de los Materiales a través de pruebas de validación

3.1.1 Prueba de Resistencia de Aislamiento

3.1.2 Prueba de Curva de Funcionamiento

3.1.3. Prueba de Corriente de Bloqueo

3.1.4 Prueba de Hermeticidad

3.1.5 Prueba de Ruido

3.1.6 Prueba de Durabilidad

3.1.7 Prueba de Operación Continua del Motor

3.2 Procedimiento Para Certificar Funcionamiento del Sistema

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES A TRAVÉS DE PRUEBAS DE VALIDACIÓN.

Las pruebas de validación en la Ingeniería son un proceso de revisión que verifica que el sistema, componente o motor producido cumple con las especificaciones y que logra su cometido.

Es una parte del proceso de Pruebas DV (Pruebas de Validación de Diseño) de un proyecto, que también utiliza técnicas como evaluaciones, inspecciones y monitoreo. Tales pruebas son previamente acordadas con el cliente por medio de un documento llamado **DVP&R (Design Validation Plan and Report) Reporte de Plan de Validación de Diseño.**

El proceso del Reporte de Plan de Validación de Diseño ha sido utilizado por la industria del automóvil durante años para desarrollar alta calidad de piezas, componentes y materiales. Al invertir en diseño estratégico, verificación y validación de productos se pueden eliminar los modos de fallo y garantizar la fiabilidad de su producto. Las pruebas acordadas con el cliente a través del Plan de Validación de Diseño Reporte para validar Motores Levanta Cristales FPG3, son las siguientes:

3.1.1 Prueba de Resistencia de Aislamiento

La prueba se efectúa aplicando el voltaje de prueba (100V) entre alguna de las terminales del motor y la coraza (tierra). La resistencia al aislamiento debe ser mayor a 300k Ω .

3.1.2 Prueba de Curva de Funcionamiento

Las curvas de funcionamiento deben ser medidas a las siguientes temperaturas:

- +23°C
- +85°C
- -40°C

Las curvas se deben realizar con un voltaje $13.0 \pm 0.2V$ y una resistencia en línea de 0Ω . La curva de funcionamiento del motor antes de prueba debe estar dentro de la banda especificada en la curva de funcionamiento teórica. Curvas de funcionamiento a $80^{\circ}C$ y $-30^{\circ}C$ sólo para información. La curva de funcionamiento del motor después de durabilidad debe estar dentro de la banda especificada en la curva de funcionamiento teórica o en su defecto la curva de funcionamiento no debe cambiar $+20\%$ y -15% de los valores límites.

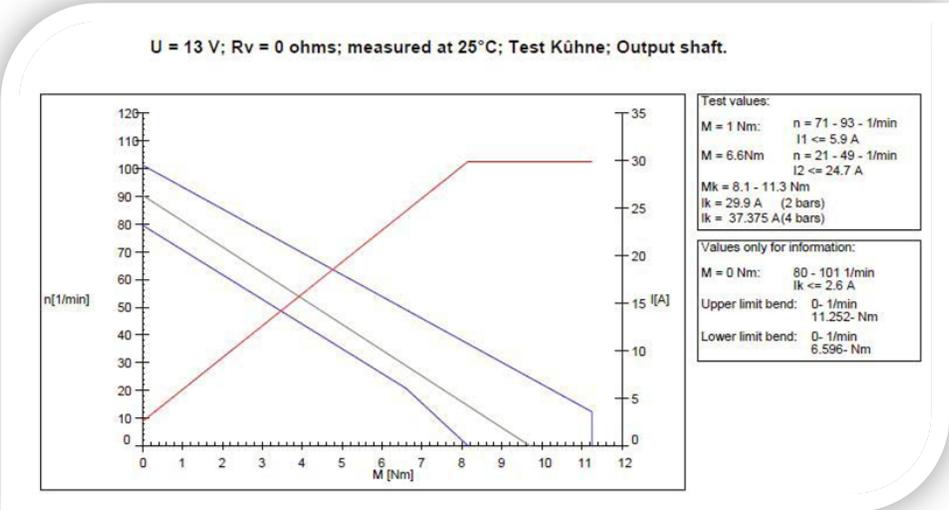


Figura 3.1 Gráfica de la Curva de Funcionamiento

3.1.3. Prueba de Corriente de Bloqueo

Esta prueba debe de ser realizada aplicando un voltaje de prueba $12.0V$ a $+23^{\circ}C$, y $16.0V$ cuando la temperatura de prueba sea de $-40^{\circ}C$. El máximo consumo de corriente en bloqueo no debe exceder $35A$ para una temperatura de prueba de $+23^{\circ}C$ y $42A$ en el caso de $-40^{\circ}C$.

3.1.4 Prueba de Hermeticidad

Esta prueba se debe de realizar aplicando una presión de prueba de 50 mbar dentro del motor, a través de la membrana o filtro. El criterio de aceptación es el no tener una pérdida de presión mayor a 3.5 cm³/min.

3.1.5 Prueba de Ruido

- Ruido Objetivo:** El motor debe permanecer libre de todos los ruidos objetables (rechinidos, rozamientos, golpeteos, etc.), por lo que el motor debe de ser evaluado antes y después de la prueba de durabilidad. Para cuantificar el nivel de ruido del motor se debe montar en un dispositivo que simule las condiciones de montaje en sistema y realizar la medición en una cámara de ruido anecoica o semianecoica. Una carga de 3.5 Nm equivalente a la calculada en el sistema debe ser aplicada al piñón del motor. El motor es activado en ambas direcciones de rotación con un voltaje 12.0V (medido en las terminales del motor). El micrófono debe ser un modelo de tipo B&K 4165 de campo libre o equivalente y debe ser colocado a 300 mm alejado de la caja de engrane del motor.

El motor debe de cumplir con el valor promedio ≤ 60 dB(A), los valores a diferentes frecuencias solo para información. Ver tabla 2 para mayor detalle.

Tabla 2 Prueba de Ruido Objetivo.

Frecuencia	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2500Hz	Promedio
Sound Pressure Level (dB(A))	28	32	38	49	57	60

- Ruido Subjetivo:** La evaluación de ruido debe de realizarse dentro de una cámara de ruido hemianecóica, el evaluador debe tomar el motor con las manos, accionar el motor en ambos giros con una carga de 1Nm y verificar que no exista ningún ruido subjetable (ruido inaceptable bajo apreciación subjetiva del evaluador: ruido de escobillas, ruido de engrane, alguna combinación de ellos, ruido producido por vibración excesiva durante la operación del motor, etc.).

3.1.6 Prueba de Durabilidad

Todas las pruebas deben realizarse en partes diseñadas para producción. La curva de funcionamiento debe de ser documentada inicialmente y al finalizar el desarrollo de la durabilidad, después de completar cada sección de temperatura. Para sistemas de prueba en reguladores o en puertas una gráfica de corriente (amperes) contra tiempo deberá remplazar las curvas de funcionamiento.

3.1.7 Prueba de Operación Continua del Motor por Fatiga

Esta prueba se debe de realizar en las tres temperaturas (ambiente, alta y baja), el motor debe ser almacenado mínimo de 4 horas a las temperaturas indicadas antes de realizar la prueba.

El motor levanta cristales debe completar ciclos de ventana simulados aplicando las cargas mencionadas en la Tabla 3. Si el tipo de motor está entre los valores de torque enlistados, use el valor más alto. Ejemplo: Si se prueba un motor de 9.5Nm use las cargas enlistadas para un motor de 10Nm.

TABLA 3 Cargas Aplicadas a Motores

Tipo de Motor (Referencia)	Carga @ 23°C 5 ciclos mínimo	Carga @ 85°C 2 ciclos mínimo	Carga @ -40°C 2 ciclos mínimo
9 Nm	2 Nm	1.75 Nm	3.2 Nm
10 Nm	2.75 Nm	2 Nm	4.5 Nm
11 Nm	3 Nm	2.5 Nm	5.0 Nm
12 Nm	4 Nm	3 Nm	5.5 Nm

Al motor se le aplican 13.0V (medido en las terminales del motor en bloqueo), con una resistencia en línea de 0Ω , por 0.5 segundos al final de cada recorrido en el rango de temperaturas de -40°C y +85°C. El interruptor térmico debe tener un funcionamiento adecuado en el rango normal de voltaje de operación del vehículo (9.0 – 16.0V).

Un ciclo está definido como 4.5 revoluciones de piñón en dirección hacia arriba, 0.5 segundos de bloqueo con voltaje aplicado y una desaceleración 80 – 120ms y después 4.5 revoluciones de piñón en dirección hacia abajo 0.5 segundos de bloqueo con voltaje aplicado y una desaceleración de 60 – 100ms.

Se aplica a motores sin electrónica que cuenten con un **interruptor térmico**. Motores con electrónica incluirán software para la protección térmica contra daños del motor por condiciones de sobrecalentamiento.

3.2 PROCEDIMIENTO PARA CERTIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

I.- GENERAL

Establecer especificaciones de funcionamiento para motores levanta cristales. El dibujo de oferta es parte de esta prescripción de prueba.

1.1 Campo de aplicación

Los requerimientos establecidos en esta prescripción de prueba son adicionales al dibujo de oferta. En caso de existir divergencias, el dibujo de oferta tiene preferencia. En esta prescripción de prueba se establecen los requerimientos de funcionamiento, calidad y durabilidad de los motores basados en las especificaciones abajo mencionadas. En caso de existir alguna duda referirse a la especificación correspondiente en su idioma original.

Especificación:	KJA MS07-001	Acuerdo:	6 004 Y01 988
Revisión:	011	Revisión:	02
Fecha:	10.Oct.2012	Fecha:	11/Dec/2014

1.2 Condiciones de Prueba

1.2.1 Voltaje de prueba y resistencia en línea de prueba

Nota: Si el voltaje y resistencia de prueba difieren de lo especificado en el dibujo de oferta, el dibujo de oferta tiene preferencia. Ver tabla 4

TABLA 4 Voltaje de Prueba y Resistencia en Línea de Prueba

Voltaje de prueba	U_p	13	V	0.2	
Resistencia en línea	R_p	0	Ω		

1.2.2 Temperatura de prueba

La temperatura de prueba T_p corresponde a la temperatura ambiente T_R . En caso de desviación de la temperatura ambiente son válidos los siguientes coeficientes de temperatura:

Para el torque de bloqueo: -0.6 %/C

Para la velocidad en vacío: +0.2 %/C

En todas las pruebas, los motores deben ser almacenados en las temperaturas de pruebas por lo menos 4 horas y con las temperaturas mostradas en la tabla 5.

TABLA 5 Temperatura de Prueba

Temperatura de prueba	T_p	22	°C	3
Temperatura ambiente	T_R	22	°C	3

1.2.3 Rango de temperatura de operación

El rango de temperatura se encuentra descrito en la tabla 6.

TABLA 6 Rango de Temperatura de Operación

Rango de temperatura de operación	T_B	°C	-40	+80
Rango de temperatura de almacenamiento, tiempo máximo de 4hr	T_L	°C		110

1.2.4 Rango de voltaje de operación

El rango de voltaje de operación se encuentra detallado en la tabla 7.

TABLA 7 Rango de Voltaje de Operación

Rango de voltaje de operación	U_B	V	9	16
-------------------------------	-------	---	---	----

1.3 Evaluación de los Resultados de Prueba

1.3.1 Funcionalidad

Un motor es funcional después de diferentes pruebas siempre y cuando no presente daños, ruido excesivo perceptible o pierda sus características de servicio cuando un voltaje variable en el rango de 9V a 16V es aplicado al motor (medido en las terminales del motor girando sin carga o en vacío). Para motores con hall sensor debe documentarse la curva de señal de hall sensor antes y después de durabilidad. Para puntos donde no exista una indicación después de prueba se deben documentar los valores obtenidos en la prueba.

1.3.2 Curva de funcionamiento

La curva de funcionamiento del motor antes de prueba debe estar dentro de la banda especificada en la curva de funcionamiento teórica. La curva de funcionamiento del motor después de durabilidad debe estar dentro de la banda especificada en la curva de funcionamiento teórica o en su defecto la curva de funcionamiento no debe cambiar +20%/-15% de los valores límites iniciales. La medición de la corriente de bloqueo se realiza cuando una escobilla toque una delga del colector.

II PRUEBAS DE PRODUCTO

- Verificación 100% sin reporte de resultados.
- Características y funciones especiales que no tienen relevancia legal o de seguridad, verificación al 100% sin reporte de resultados.

2.1 Resistencia de aislamiento

La prueba se efectúa aplicando el voltaje de prueba entre alguna de las terminales del motor y la coraza, (tierra). Ver tabal 8

Nota: En caso de tener capacitores usar un voltaje de U_C .

TABLA 8 Resistencia de Aislamiento

Tiempo de prueba, (pruebas 100%)	t_{iso1}	s	0.5
Voltaje de prueba, voltaje (pruebas 100%)	U_C	V	100
Voltaje de prueba, voltaje DC, (pruebas 100%)	U_{iso}	V	800
Resistencia de aislamiento	R_{iso}	$K\Omega$	300

2.2 Prueba de funcionamiento

El motor se prueba con el voltaje U_P y la resistencia de línea R_P . La corriente de bloqueo se mide en la condición de que una escobilla esté tocando dos delgas del colector. La secuencia de prueba es la siguiente:

- Giro con inducido apoyado en la caja de engrane
- Giro con inducido apoyado en la coraza

Los valores de la curva característica para el motor están indicados en la curva de funcionamiento en lista de partes.

2.3 Prueba de dirección de giro

La curva característica o de funcionamiento está contenida en el dibujo de oferta del motor así como la información sobre el sentido de giro. Ver tabla 9.

TABLA 10 Dirección de Giro

Motor derecho	GA	CCW
Motor izquierdo	PA	CW

- **GA** = Giro con inducido apoyado en la caja de engrane.
- **PA** = Giro con inducido apoyado en la coraza.
- **CCW** = Sentido opuesto a las manecillas del reloj.
- **CW** = Sentido de las manecillas del reloj.

2.4 Prueba de ruido subjetivo

La evaluación de ruido debe de realizarse dentro de una cámara de ruido hemianecóica, el evaluador debe tomar el motor con las manos, accionar el motor en ambos giros y verificar que no exista ningún ruido subjetable. Se entiende por ruido subjetable un ruido convencionalmente inaceptable bajo apreciación subjetiva del evaluador, (ejemplos ruido de escobillas, ruido de engrane, alguna combinación de ellos, o bien ruido producido por vibración excesiva durante la operación del motor, etc.). Ver tabla 10

Nota: Para motores estándar (dos pines) usar la contra parte original del conector. Para motores para electrónica usar la contra del conector disponible.

TABLA 12 Ruido Subjetivo

Torque de prueba	M_N	1	Nm	0.3
-------------------------	----------------------	----------	-----------	------------

2.5 Prueba de hermeticidad

Esta prueba se debe de realizar de acuerdo a la especificación 3 139 919 205 "permeabilidad de membrana", aplicando una presión de prueba P_P (descrita en la tabla 11) al motor.

TABLA 11 Hermeticidad

Presión de prueba	P_P	50	mbar
Perdida de presión	P_{caid}	3.5	cm³/min

2.6 Prueba de anillo magnético 2 polos

Prueba de imán de 2 polos. Se prueban la cantidad de polos que tiene el imán. Los valores de flujo se miden directamente en el inducido. Véase tabla 12

TABLA 12 Anillo Magnético 2 polos

Relación de la transmisión del sinfín- engrane	i	73
Numero de polos	p	2

2.7 Prueba de anillo magnético 4 polos

Prueba de imán de 4 polos. Se prueban la cantidad de polos que tiene el imán. Los valores de flujo se miden directamente en el inducido. Véase tabal 13

TABLA 13 Anillo Magnético 4 polos

Relación de la transmisión del sinfín- engrane	i	73
Numero de polos	p	4

III PRUEBAS CARACTERISTICAS DE CALIDAD

3.1 Curva de funcionamiento

La prueba se realiza según el punto 4.1.1

3.2 Prueba del interruptor térmico

La prueba se realiza según el punto 4 .4.

3.3 Medición de flujo magnético

La medición se realiza con un simulador del inducido y con los imanes montados en la coraza. Los valores para las diferentes configuraciones de coraza/imanes/longitud del paquete son tomados de la tabla mostrada abajo y de la lista de partes correspondiente. Ver tabla 14 para una mejor referencia.

TABLA 14 Medición del Flujo Magnético

Flujo magnético, (coraza corta, imán corto y paquete de 26mm)	Φ_{corta}	tbd	mVs	0,03
Flujo magnético, (coraza mediana, imán mediano y paquete de 32mm)	$\Phi_{\text{median.}}$	tbd	mVs	0,03
Flujo magnético, (coraza larga, imán largo y paquete de 39mm)	Φ_{larga}	tbd	mVs	0,03

3.4 Resistencia de aislamiento

La prueba se realice de acuerdo al punto 2.1

3.5 Prueba de autobloqueo

La prueba se realice de acuerdo al punto 4.10.

3.6 Prueba de fuga en tina con agua

Esta prueba se debe de aplicar si el motor falla en el punto 2.5. La prueba se lleva a cabo en un contenedor de agua, tomando las medidas para que el motor sea hermético. El motor es sometido a una presión de prueba P_p y es sumergido en el contenedor de agua a una profundidad I_a durante un tiempo de prueba t_p . No es permitida fuga en el área de la tapa ni donde sella el O-ring. Ver tabla 15

TABLA 15 Fuga en Tina con Agua

Presión de prueba	P_p	100	mbar
Tiempo de prueba	t_p	20	s
Profundidad	I_a	10	cm

3.7 Prueba de ruido

3.7.1 Prueba de ruido objetivo

La prueba se realice de acuerdo al punto 4.6.

3.8 Prueba de anillo magnético

Prueba de imán, el número de polos debe de coincidir con el establecido en dibujo de oferta. Se prueban la cantidad de polos que tiene el imán. Los valores de flujo se miden directamente en el inducido.

IV REQUERIMIENTOS DE CONFORMIDAD

Las siguientes pruebas hacen referencia a la siguiente especificación:

Especificación:	KJA MS07-001	Acuerdo:	6 004 Y01 988
Revisión:	011	Revisión:	02
Fecha:	10.Oct.2012	Fecha:	11/Dec/2014

4.1 Curva de funcionamiento preliminar

4.1.1 Variación de torque y velocidad

Las curvas de funcionamiento deben ser medidas a las siguientes temperaturas **TR**, **TH**, **TL**. Las curvas se deben realizar con un voltaje **UP** y una resistencia en línea **I_R**. La curva de funcionamiento del motor antes de prueba debe estar dentro de la banda especificada en la curva de funcionamiento teórica. Curvas de funcionamiento a **TH**, **TL** sólo para información. La curva de funcionamiento del motor después de durabilidad debe estar dentro de la banda especificada en la curva de funcionamiento teórica o en su defecto la curva de funcionamiento no debe cambiar +20% y -15% de los valores límites. Véase tabla 16

TABLA 19 Variación de Torque y Velocidad

Voltaje de prueba	UP	13.0	V	0.2
Resistencia en línea	I_R	0.0	Ω	
Temperatura ambiente	TR	22.0	°C	3
Temperatura baja	TL	-40.0	°C	3
Temperatura alta	TH	+80.0	°C	3

4.1.2 Prueba de corriente de bloqueo

Esta prueba debe de ser aplicada aplicando un voltaje de prueba U_{PRT} o U_{PLT} @ T_{RT} y T_{LT} , (graficas de corriente de bloqueo son requeridas). Descrito en la tabla 17

- El máximo consumo de corriente en bloqueo no debe exceder I_{RT} a T_{RT} y U_{PRT}
- El máximo consume de corriente no debe exceder I_{LT} . La medición de corriente e bloqueo debe medirse a T_{LT} con un voltaje U_{PLT} , aplicado por un tiempo T_{7s} . (Las gráficas de corrientes deben grabarse). Todos los componentes soportar un uso de 16.0 volts.

TABLA 17 Corriente de Bloqueo

Temperatura ambiente	T_{RT}	22.0	°C	3	
Máxima corriente de bloqueo @ T_{RT}	I_{RT}		Amp		35
Voltaje de prueba @ T_{LT}	U_{PLT}	16.0	V	0.2	
Baja temperatura	T_{LT}	-40	°C		
Máxima corriente de bloqueo @ T_{LT}	I_{LT}		Amp		42
Tiempo de voltaje aplicado	T_{7s}	7	s		

4.2 Prueba de durabilidad del motor

Todas las pruebas deben realizarse en partes diseñadas para producción. For durability testing use V_{PD} (measured at the motor @ stall). La curva de funcionamiento debe de ser documentada inicialmente y durante el desarrollo de la durabilidad, después de completar cada sección de temperatura. Para sistemas de prueba en reguladores o en puertas una gráfica de corriente (amperes) contra tiempo deberá remplazar las curvas de funcionamiento. Para todas las pruebas un mínimo de dos puntos de carga a 2 L_{P1} y L_{P2} en la curva de funcionamiento son requeridos. La variación de los puntos de carga tiene que ser especificada en el dibujo de oferta del motor. De la curva nominal para Torque/velocidad la variación típica es MK_{TOL} medido NO_R . La variación en torque tiene que ser especificad en el dibujo de oferta del motor.

El performance del motor deberá demostrar $R_{\%}$ en confiabilidad con $C_{\%}$ de confianza. Para pruebas con muestras reducidas usar una pendiente Weibull de WS_{RS} , a menos que información de prueba hasta falla esté disponible.

No aplica la prueba de durabilidad hasta falla. La durabilidad del motor debe realizarse por 2 vidas útiles de acuerdo al ciclo complejo usando 3 motores por número de parte. Una vida útil del motor (ciclos complejos) consta de 9,500 ciclos, el proveedor del motor puede usar 28,500 ciclos simples (tres veces arriba/abajo equivale a un ciclo complejo). Usar x revoluciones del piñón por un tiempo de bloqueo de t_s segundos. La pausa del motor está a decisión del proveedor. Enfriamiento por aire es permitido. Usar UP_L del torque de bloqueo como carga en la dirección “up” y DW_L del torque de bloqueo en la dirección “down” para cada temperatura. Para la prueba de durabilidad inicial, usar una Beta=1, algunas opciones posibles para el número de muestras son:

- Una vida 28,500 ciclos requiere 35 muestras
- Con 6 muestras, la duración de la prueba es 162,971 ciclos (5.7 vidas)
- Con 12 muestras, la duración de la prueba es 81,485 ciclos (2.86 vidas)
- Con 18 muestras, la duración de la prueba es de 54,324 ciclos (1.9 vidas)

Nota: El número de muestras a usar debe ser en base a la capacidad del equipo del proveedor. Combinaciones adicionales de número de muestras y duración de prueba está permitida pero debe ser aprobada por el equipo de ingeniería del cliente. Ver tablas 18 y 19.

1	Inicio = Totalmente arriba
2	Mover = 1/4 abajo con 0.2 segundos, bloqueo después pausa
3	Mover = 1/4 arriba con 0.5 segundos, bloqueo después pausa
4	Mover = totalmente abajo con 0.5 segundos, bloqueo después pausa
5	Mover = 1/2 arriba con 0.2 segundos, bloqueo después pausa
6	Mover = 1/2 abajo con 0.5 segundos, bloqueo después pausa
7	Mover = 1/4 arriba con 0.2 segundos, bloqueo después pausa
8	Mover = 1/4 abajo con 0.5 segundos, bloqueo después pausa
9	Mover = totalmente arriba con 0.5 segundos, bloqueo después pausa
10	Mover = 1/4 abajo con 0.2 segundos, bloqueo después pausa
11	Mover = 1/4 arriba con 0.5 segundos, bloqueo después pausa

TABLA 18 Parámetros de Prueba

TABLA 22
Itinerario de durabilidad (una vida) – preliminar
 Secuencia de durabilidad y requerimientos – Motores frontales

Total ciclos	Porcentaje del total de ciclos	Pruebas requeridas	Temp ± 3°C	Porcentaje Humedad	Gráfica de desempeño requerida	Prueba de "Motor Jam" requerida	Prueba de ruido requerida
0	0%	Verificación de desempeño Verificación de desempeño Verificación de desempeño Prueba de polvo Ciclos de inicio	-30 80 22 22	Ambiente Ambiente Ambiente Polvo Ambiente	X X X	X	X ⁽³⁾ X ⁽³⁾ X ⁽³⁾
1 900	20%	Verificación de desempeño Aplicación de niebla salina Continuar durabilidad	22 22	Ambiente Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
2 850	30%	Verificación de desempeño Prueba de polvo ⁽¹⁾ Continuar durabilidad	22 22	Ambiente Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
3 800	40%	Verificación de desempeño Continuar durabilidad	22 80	Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
4 750	50%	Verificación de desempeño Continuar durabilidad ⁽²⁾	80 -30	Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
5 700	60%	Verificación de desempeño Continuar durabilidad	-30 38	Ambiente 95%	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
8 075	85%	Verificación de desempeño Continuar durabilidad	38 22	95% Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
9 025	95%	Verificación de desempeño Aplicación de niebla salina Continuar durabilidad	22	Ambiente Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
9 500	100%	Verificación de desempeño	22 -30 80	Ambiente Ambiente Ambiente	X X X	X	X ⁽³⁾ X ⁽³⁾ X ⁽³⁾

- (1) Para la segunda vida y más allá no es necesario aplicar agua salina ni polvo.
- (2) Veinte ciclos deben ser completados a temperatura ambiente antes de comenzar con la etapa de baja temperatura para asegurar un “breaking” representativo del sistema.
- (3) Las mediciones de ruido durante la durabilidad serán solo objetivas y deben ser documentadas en la bitácora de la prueba. Las evaluaciones de ruido subjetivo en cámara de ruido solo serán realizadas al inicio y al final de la prueba. Para alta y baja temperatura los motores deben ser almacenados 4 horas mínimas (para cada temperatura) y probados de inmediato en la cámara de ruido.
- (4) Las curvas de desempeño del motor en el transcurso de la durabilidad aplicaran siempre y cuando la medición se pueda realizar sin desmontar el motor del sistema, La posición engrane/sinfín debe ser constante en el transcurso de la durabilidad. Para pruebas de sistema en reguladores o pruebas en puerta las curvas de desempeño del motor deben ser substituidas por graficas de corriente de consumo contra tiempo.

El motor debe ser bloqueado con un voltaje en terminales por t_s segundos con una desaceleración de t_{dar} y t_{dab} con tiempos de pausa de t_{pR} para temperatura ambiente y baja temperatura; para lata temperatura y humedad el tiempo de pausa debe ser t_{pH} .

Referirse a la tabla 20

TABLA 20 Secuencia de Durabilidad Motores Frontales

Voltaje de prueba	V_{PD}	13.0	V	0.2		
Número de vueltas del arrastrador	x	4.5	Vuelta			
Tiempo de bloqueo	t_s		s		0.5	
Tiempo de desaceleración arriba	t_{dar}		ms		80	120
Tiempo de desaceleración abajo	t_{dab}		ms		60	100
Tiempo de pausa a Temp. ambiente	t_{pR}	15	S			
Tiempo de pausa a Temp. alta	t_{pH}	45	s			
Tiempo de pausa a Temp. Baja y Humedad	t_{pL}	30	s			

TABLA 21

Itinerario de durabilidad (una vida) – preliminar
 Secuencia de durabilidad y requerimientos – Motores traseros.

Total ciclos	Porcentaje del total de ciclos	Pruebas requeridas	Temp ± 3°C	Porcentaje Humedad	Grafica de desempeño requerida	Prueba de "Motor Jam" requerido	Prueba de ruido requerida
0	0%	Verificación de desempeño Verificación de desempeño Verificación de desempeño Prueba de polvo Ciclos de inicio	-30 80 22 22	Ambiente Ambiente Ambiente Polvo Ambiente	X X X	X	X ⁽³⁾ X ⁽³⁾ X ⁽³⁾
760	20%	Verificación de desempeño Aplicación de niebla salina Continuar durabilidad	22 22	Ambiente Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
1 140	30%	Verificación de desempeño Prueba de polvo ⁽¹⁾ Continuar durabilidad	22 22	Ambiente Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
1 520	40%	Verificación de desempeño Continuar durabilidad	22 80	Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
1 900	50%	Verificación de desempeño Continuar durabilidad ⁽²⁾	80 -30	Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
2 280	60%	Verificación de desempeño Continuar durabilidad	-30 38	Ambiente 95%	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
3 230	85%	Verificación de desempeño Continuar durabilidad	38 22	95% Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
3 610	95%	Verificación de desempeño Aplicación de niebla salina Continuar durabilidad	22	Ambiente Ambiente Ambiente	X ⁽⁴⁾		X ⁽³⁾
3 800	100%	Verificación de desempeño	22 -30 80	Ambiente Ambiente Ambiente	X X X	X	X ⁽³⁾ X ⁽³⁾ X ⁽³⁾

- (1) Para la segunda vida y más allá no es necesario aplicar agua salina ni polvo.
- (2) Veinte ciclos deben ser completados a temperatura ambiente antes de comenzar con la etapa de baja temperatura para asegurar un “breaking” representativo del sistema.
- (3) Las mediciones de ruido durante la durabilidad serán solo objetivas y deben ser documentadas en la bitácora de la prueba. Las evaluaciones de ruido subjetivo en cámara de ruido solo serán realizadas al inicio y al final de la prueba. Para alta y baja temperatura los motores deben ser almacenados 4 horas mínimas (para cada temperatura) y probados de inmediato en la cámara de ruido.
- (4) Las curvas de desempeño del motor en el transcurso de la durabilidad aplicaran siempre y cuando la medición se pueda realizar sin desmontar el motor del sistema, La posición engrane/sinfín debe ser constante en el transcurso de la durabilidad. Para pruebas de sistema en reguladores o pruebas en puerta las curvas de desempeño del motor deben ser substituidas por graficas de corriente de consumo contra tiempo.

El motor debe ser bloqueado con un voltaje en terminales por t_s segundos con una desaceleración de t_{dar} y t_{dab} con tiempos de pausa de t_{pR} para temperatura ambiente y baja temperatura; para lata temperatura y humedad el tiempo de pausa debe ser t_{pH} . Ver tabla 22

TABLA 22 Secuencia de Durabilidad Motores Traseros

Voltaje de prueba	V_{PD}	13.0	V	0.2		
Número de vueltas del arrastrador	x	4.5	vuelta			
Tiempo de bloqueo	t_s		s		0.5	
Tiempo de desaceleración arriba	t_{dar}		ms		80	120
Tiempo de desaceleración abajo	t_{dab}		ms		60	100
Tiempo de pausa a temperatura ambiente	t_{pR}	15	S			
Tiempo de pausa a temperatura alta	t_{pH}	45	s			
Tiempo de pausa a temperatura Baja y Humedad	t_{pL}	30	s			

4.2.2 Aplicación de niebla salina

Note que la aplicación del agua salina solo es para la primer vida (F_C ciclos para motores frontales y R_C para motores traseros). Ciclos adicionales para demostrar cierto nivel de confianza no requieren la aplicación de niebla salina. La combinación agua/sal debe cumplir con la norma **ASTM B117**. Aplique S_Q de solución salina por aspersion sobre el exterior del sistema antes de empezar el ciclo. Véase tabla 23.

Nota: Evite rociar el sistema y el filtro

TABLA 23 Aplicación de Niebla Salina

Ciclos para motores frontales		F_C	9500	Ciclo	
Ciclos para motores traseros		R_C	3800	Ciclo	
Cantidad de agua salina		S_Q	12	ml	6

4.2.3 Aplicación de polvo

La introducción de polvo fino al mecanismo regulador simula años de suciedad y contaminación de grasa y sus efectos en el sistema. Los requerimientos de la cámara de polvo son:

Cámara de polvo: Polvo fino conforme a la norma **ISO 12103-1**. Véase tabla 24

Colocar el motor en posición vehicular en la cámara de polvo a temperatura ambiente.

- Saturar la cámara con el polvo aplicando una corriente de aire comprimido en D_Q de litro de polvo. Mantener la cámara saturada aplicando cargas de D_Q de litro cada T_{D10} minutos hasta que un litro de polvo haya sido usado.
- Permita que el polvo se asiente por un mínimo de D_{TS} min. después de que la última carga de polvo ha sido aplicada.
- Remover el motor de la cámara y continúe con la prueba de durabilidad

TABLA 24 Aplicación de Polvo

Cantidad de polvo	D_Q	1/4	Litro
Intervalo de aplicación de polvo	T_{D10}	10	Min
Cantidad total de polvo a aplicar	D_{1L}	1	Litro
Tiempo de asentamiento del polvo	D_{TS}	30	min

4.3 Requerimientos de RFI/EMC

El motor debe cumplir con todos los requerimientos aplicables de EMC especificados en GM 9100P Series, **GMW 3097**, 3100, 3091, 3194 y GME01.00. La prueba de EMC debe incluir pero no estar limitada a emisiones radiadas, voltajes transientes, picos de voltaje de conexión. El motor debe cumplir con los requerimientos de RFI/EMC especificados en el dibujo de oferta del motor o en su defecto en otro documento aprobado por el departamento de desarrollo (especificación de prueba y acuerdo de la misma aprobada por el cliente).

Nota: Si alguna desviación en EMC es solicitada, especificar concretamente en que rangos de frecuencia es requerida

4.4 Operación continua del motor

Esta prueba se debe de realizar en las tres temperaturas **T_{RT}**, **T_L** y **T_H**, el motor debe ser almacenado mínimo un tiempo **t_A** a las temperaturas indicadas antes de realizar la prueba. El motor levanta cristales debe completar ciclos de ventana simulados aplicando las cargas mencionadas en la siguiente Tabla. (Si el tipo de motor está entre los valores de torque enlistados, use el valor más alto). Ejemplo: Si se prueba un motor de 9.5Nm use las cargas enlistadas para un motor de 10Nm.

Las cargas aplicadas son descritas en la tabla 25

TABLA 25 Cargas Aplicadas

Tipo de Motor (Referencia)	Carga @ 23C 5 ciclos mínimo	Carga @ 85C 2 ciclos mínimo	Carga @ -40C 2 ciclos mínimo
9 Nm	2 Nm	1.75 Nm	3.2 Nm
10 Nm	2.75 Nm	2 Nm	4.5 Nm
11 Nm	3 Nm	2.5 Nm	5.0 Nm
12 Nm	4 Nm	3 Nm	5.5 Nm

Al motor se le aplica un voltaje U_P (medido en las terminales del motor en bloqueo), con una resistencia en línea R_P , por t_s segundos al final de cada recorrido en el rango de temperaturas de T_L a T_H . El interruptor térmico debe tener un funcionamiento adecuado en el rango normal de voltaje de operación del vehículo U_{PR} . Un ciclo está definido como x revoluciones de piñón en dirección hacia arriba, t_s segundos de bloqueo con voltaje aplicado y una desaceleración t_{dar} y después x revoluciones de piñón en dirección hacia abajo t_s segundos de bloqueo con voltaje aplicado y una desaceleración de t_{dab} .

Esta sección aplica a motores sin electrónica que cuenten con un thermo switch. Motores con electrónica incluirán software para la protección térmica contra daños del motor por condiciones de sobrecalentamiento. Véase detalles en tabla 26.

TABLA 26 Operación Continua del Motor

Revoluciones de piñón	x	4.5	Rev.			
Desaceleración en la dirección arriba	t_{dar}		ms	80	120	
Desaceleración en la dirección abajo	t_{dab}		ms	60	100	
Tiempo de almacenaje	t_A		hrs		4	
Resistencia en línea	R_P	0	Ω			
Temperatura ambiente	T_{RT}	23	$^{\circ}C$	3		
Temperatura baja	T_L	-40	$^{\circ}C$	3		
Temperatura alta	T_H	+85	$^{\circ}C$	3		
Voltaje de prueba	U_P	13	V	0.2		
Tiempo de bloqueo con voltaje aplicado	t_s	0.5	S			
Rango del voltaje de prueba	U_{PR}		V		9	16

4.4.1 Dispositivo de protección térmica (TPD)

4.4.1.1 Condiciones mínimas de apertura

El TPD no debe abrir bajo las condiciones separadas siguientes:

- Almacenar el motor por un tiempo t_{s2} a una temperatura de almacenamiento T_H
 - ✓ Una cantidad de C_C ciclos continuos subir/bajar con un tiempo de bloqueo t_s en la posición de totalmente arriba y totalmente abajo, en un dispositivo regulador a cargas de sistema especificadas (Usar 40% del torque de bloqueo en la dirección “subir” y 15% del torque de bloqueo en la dirección “bajar”), un voltaje de prueba U_P medido en terminales, resistencia en línea de R_P .
 - ✓ Un ciclo C_C se define como x revoluciones del piñón en la dirección de rotación “subir”, un tiempo de bloqueo t_s con voltaje aplicado y una desaceleración de t_{dar} y después x revoluciones del piñón en la dirección de rotación “bajar”, un tiempo de bloqueo t_s con voltaje aplicado y una desaceleración de t_{dab} .
 - ✓ Dejar que el motor se tempere a un ambiente T_H por un tiempo t_{s3} .
 - ✓ Un tiempo de bloqueo constante t_{ss} con un voltaje de bloqueo U_S en las terminales del motor, y resistencia en línea R_P .

- Almacenar el motor por un tiempo t_{s3} a una temperatura de almacenamiento T_{RT}
 - ✓ Una cantidad de C_C ciclos continuos subir/bajar con un tiempo de bloqueo t_s en la posición de totalmente arriba y totalmente abajo, en un dispositivo regulador a cargas de sistema especificadas (Usar 40% del torque de bloqueo en la dirección “subir” y 15% del torque de bloqueo en la dirección “bajar”), un voltaje de prueba U_{P2} medido en terminales, resistencia en línea de R_P .
 - ✓ Un ciclo C_C se define como x revoluciones del piñón en la dirección de rotación “subir”, un tiempo de bloqueo t_s con voltaje aplicado y una desaceleración de t_{dar} y después x revoluciones del piñón en la dirección de rotación “bajar”, un tiempo de bloqueo t_s con voltaje aplicado y una desaceleración de t_{dab} .
 - ✓ Dejar que el motor se tempere a un ambiente T_{RT} por un tiempo t_{s3} .

Un tiempo de bloqueo constante t_{SS2} con un voltaje de bloqueo U_P en las terminales del motor, y resistencia en línea R_P . Ver tabla 27 para mayor detalle de las condiciones mínimas de apertura.

TABLA 27 Condiciones Mínimas de Apertura

Tiempo de almacenamiento	t_{S2}	1	hrs		
Tiempo de almacenamiento 2	t_{S3}	4	hrs		
Temperatura ambiente	T_{RT}	23	°C	3	
Alta temperatura	T_H	+80	°C	3	
Ciclos continuos subir/bajar	C_C		Ciclos	5	
Tiempo de bloqueo con voltaje aplicado	t_S	0.5	s		
Tiempo de bloqueo constante con voltaje aplicado	t_{SS}		s	4	
Tiempo de bloqueo constante con voltaje aplicado 2	t_{SS2}		s	5	
Revoluciones del piñón	x	4.5	Rev.		
Voltaje de prueba	U_P	13	V		
Voltaje de prueba 2	U_{P2}	14	V		
Voltaje de bloqueo	U_S	12	V		
Resistencia en línea	R_P	0	Ω		
Tiempo de desaceleración subir	t_{dar}		ms	80	120
Tiempo de desaceleración bajar	t_{dab}		ms	60	100

4.4.1.2 Funcionamiento de Apertura/Reconexión

A una temperatura T_H y un voltaje de bloqueo U_P en las terminales del motor, resistencia en línea R_P , el dispositivo de protección térmica (TPD) no debe abrir en menos de t_i segundos, y, después de abrir, debe de reconectarse dentro de t_r segundos después de que el voltaje es removido. El motor debe entonces manejar una carga L_1 por t_l segundos sin abrir con un voltaje de bloqueo en las terminales del motor U_P , con resistencia en línea R_P .

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

- 1) Almacena el motor/regulador a T_H por t_{s2} .
- 2) Aplica un voltaje de bloqueo en las terminales del motor U_P (con el piñón del motor bloqueado) hasta que el TPD se abra, y después dejar de aplicar voltaje.
- 3) Espera t_r segundos, y vuelve a aplicar voltaje (U_P voltaje de bloqueo en las terminales del motor) mientras se aplica un torque L_1 al piñón del motor por t_L segundos.
- 4) Grabar gráfica de voltaje vs tiempo.
- 5) Repetir los pasos #1-#4 5 veces. Iniciar el ciclo siguiente inmediatamente después de completar el ciclo previo. Ver tabla 28

TABLA 28 Funcionamiento de Apertura/Reconexión

Alta temperatura	T_H	+80	°C	3
Voltaje de prueba	U_P	13	V	
Resistencia en línea	R_P	0	Ω	
Tiempo de apertura	t_t		s	2
Tiempo de reconexión	t_r		s	30
Torque de prueba	L_1	4	Nm	
Tiempo con carga	t_L	5	s	
Tiempo de almacenamiento	t_{s2}	1	hrs	

4.4.1.3 Durabilidad

Después de t_v horas de alimentación de poder continua al motor en condición de bloqueo, el sistema debe:

- No tener daño en el motor
- No tener cambios de ruido perceptibles
- Cumplir la especificación de funcionamiento
- Cumplir los requerimientos de apertura y reconexión del TPD

Condiciones:

U_P voltaje de bloqueo en las terminales del motor

R_P resistencia en línea

T_{RT} temperatura ambiente

Las terminales del motor en bloqueo, con un tiempo de retención t_s en cada extremo del recorrido a cualquier temperatura entre T_L y T_H . El TPD debe funcionar dentro del rango de voltaje normal de U_{PR} volts. Ver tabla 29

TABLA 29 Durabilidad

Tiempo con voltaje	t_V	24	hrs		
Voltaje de prueba	U_P	13.5	V		
Resistencia en línea	R_P	0	Ω		
Temperatura ambiente	T_{RT}	23	$^{\circ}C$	3	
Baja temperatura	T_L	-40	$^{\circ}C$	3	
Alta temperatura	T_H	+80	$^{\circ}C$	3	
Tiempo de bloqueo con voltaje	t_S	0.5	s		
Rango de voltaje de prueba	U_{PR}		V	9	16

4.4.2 Durabilidad del interruptor térmico

La protección térmica debe funcionar sin ningún ruido objetable después de aplicar el voltaje al motor (dejar activado el switch en los modos arriba/abajo) por t_{TS} horas a las temperaturas T_{RT} , T_L y T_H . El tiempo máximo de reconexión es T_{REC} .

Nota: El procedimiento de prueba ah sido acordado con GM.

- Aplicar U_P y R_P en las terminales del motor.
- Bloquear el motor.
- Dejar aplicado el voltaje para tener el estado “on” por t_{TS} horas (la protección térmica active y desactiva al motor on/off) a cada temperatura (tiempo de almacenamiento antes de prueba de t_A horas)

- ✓ @ T_{RT}
- ✓ @ T_L
- ✓ @ T_H
- Se debe permitir regresar a temperatura ambiente al motor (T_{RT}) y el tiempo de reconexión debe ser máximo T_{REC} . Véase tabla 30

TABLA 30 Durabilidad de Interruptor Térmico

Tiempo de almacenaje	t_A		hrs		4	
Voltaje de prueba	U_P	16	V	0.2		
Resistencia de línea	R_P	0	Ω			
Tiempo máximo de reconexión	T_{REC}		s			20
Temperatura ambiente	T_{RT}	22	$^{\circ}C$	3		
Temperatura baja	T_L	-40	$^{\circ}C$	3		
Temperatura alta	T_H	+80	$^{\circ}C$	3		
Tiempo de prueba	t_{TS}	24	hrs			

4.4.3 Tiempos de desconexión y conexión del interruptor térmico

Coloque el motor en una cámara a T_L por un tiempo mínimo de t_A . Se debe de obtener una gráfica de corriente contra tiempo desde que se energiza el motor hasta que el interruptor térmico se abra. El motor deberá correr suavemente y no debe producir ruidos objetables en su funcionamiento. El motor se debe probar con un torque M_{RL} en su arrastrador con un voltaje U_P medido en las terminales del motor. Si el motor no es operable, repetir la prueba aumentando la temperatura en incrementos de T_{INC} hasta que el motor funcione. Ver tabla 31 para referencia.

TABLA 31 Desconexión y Conexión del Interruptor Térmico

Voltaje de prueba	U_P	13	V	0.2	
Resistencia de línea	R_P	0	Ω		
Tiempo de almacenaje	t_A		hrs		4
Temperatura baja	T_L	-40	$^{\circ}C$	3	
Incrementos de temperatura	T_{INC}	10	$^{\circ}C$		
Torque aplicado al arrastrador del motor	M_{RL}	6.9	Nm		

4.5 Prueba de voltaje de liberación del motor

Después de completar un bloqueo en dirección “arriba” por t_s segundos con un voltaje de bloqueo U_P medido en las terminales del motor, el motor será capaz de regresar, hacia la dirección “abajo” usando un voltaje U_{BVT} medido en las terminales del motor. Usar un torque de prueba t_{up} del torque nominal de bloqueo (M_k) de acuerdo a la curva de funcionamiento. Además, después de completar un bloqueo en dirección “abajo” por t_s segundos con un voltaje de bloqueo U_P medido en las terminales del motor con carga, el motor será capaz de regresar, hacia la dirección “arriba” usando un voltaje U_{BVT} . Usa un torque de prueba t_{down} del torque nominal de bloqueo (M_k) de acuerdo a la curva de funcionamiento. Esta prueba debe ser realizada solo a T_{RT} . El motor aún debe funcionar y cumplir los requerimientos de funcionamiento después de esta prueba de acuerdo al punto 4.1.1 de este documento, pero no debe de cumplir éste requerimiento después de la durabilidad. Véase tabla 32.

TABLA 32 Voltaje de Liberación de Motor

Voltaje de prueba	U_P	26	V	0.2	
Torque de prueba 1	t_{up}	40	%		
Temperatura ambiente	T_{RT}	22	°C	3	
Voltaje de liberación	U_{BVT}		V	0.2	10.5
Torque de prueba 2	t_{down}	15	%		
Tiempo de bloqueo	t_s	0.5	S		

4.5.1 Juego de engrane

Se aplicará una carga de t_{test} al piñón del motor en ambas direcciones. El desplazamiento angular en el piñón del motor debe ser menor o igual a φ_{disp} . Después de la prueba de durabilidad se permite un juego medido de φ_{dur} . Ver tabla 33.

TABLA 33 Juego de Engrane

Temperatura ambiente	T_{RT}	22	°C
Torque de prueba 1	t_{test}	0.5	Nm
Desplazamiento angular	φ_{disp}		5°
Desplazamiento angular después de durabilidad	φ_{dur}		10°

4.5.2 Prueba estática de piñón

Aplicar gradualmente un torque t_{test} al piñón y registrar la rotación total del inducido. Medir en ambas direcciones de giro. El piñón del motor no debe rotar más de φ_{disp} después de la aplicación de la carga. Este requerimiento se debe cumplir antes y después de la durabilidad. Véase tabla 34

TABLA 34 Prueba de Estática de Piñón

Torque de prueba 1	t_{test}	12.5	Nm
Desplazamiento angular	φ_{disp}		5°

4.6 Prueba de ruido

El motor debe permanecer libre de todos los ruidos objetables (rechinos, rozamientos, golpeteos, etc) según indicado por el ingeniero del producto de Kwan Jin. El motor debe de ser evaluado antes y después de la prueba de durabilidad. El rango de voltaje de operación del motor es U_{PR} (medido en las terminales del motor). Para cuantificar el nivel de ruido del motor se debe montar en un dispositivo que simule las condiciones de montaje en sistema y realizar la medición en una cámara anecoica. Una carga equivalente a la calculada en el sistema debe ser aplicada al piñón del motor (M_p por defecto). El motor es activado en ambas direcciones de rotación con un voltaje U_p (medido en las terminales del motor). El micrófono debe ser un modelo de tipo B &K 4165 de campo libre o equivalente y debe ser colocado a m_L alejado de la caja de engrane del motor. Véase tabla 36. El motor debe de cumplir con el valor promedio, los valores a diferentes frecuencias son detallados en la tabla 35 y solamente serán documentados.

TABLA 35 Prueba de Ruido

Frecuencia	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2500Hz	Promedio
Sound pressure level (dB(A))	28	32	38	49	57	60

TABLA 36 Prueba de Ruido

Torque sin carga	M_0	0	Nm	0.3		
Voltaje de prueba	U_P	12	V	0.2		
Rango del voltaje de prueba	U_{PR}		V		9	16
Torque de medición	M_P	3.5	Nm	0.3		
Distancia del micrófono	m_L	300	mm	5		

4.7 Caída del cristal durante la prueba de cierre de puerta.

(Prueba a nivel de sistema únicamente).

El ensamble del motor debe mantener al vidrio en la posición de bloqueo hacia arriba durante la durabilidad de cierre de puerta (el vidrio se debe mantener el posición de bloqueo hacia arriba).

4.7.1 Resistencia al torque inverso

El piñón del motor no debe de tener un valor de auto bloqueo mayor a α_{TA} (bajo vibración) cuando se le aplique un torque M_{bd} , en ambas direcciones de giro cw/ccw. Después de prueba el motor debe de cumplir con el punto 4.1 de este documento. Con el motor montado en una posición relativa a su posición en el vehículo y a una temperatura de prueba T_P , hacer vibrar el motor en una frecuencia de F_L , a F_H y regresando a F_L en ciclos de C_V durante T_V . La amplitud de vibración es A_V (0.05in). La dirección de la vibración debe ser en los tres ejes X, Y, Z, tomando como finalizada la prueba cuando se vibre el motor en los tres ejes (la prueba debe realizarse con las terminales del motor cortocircuitadas):

- Medir los grados de rotación del piñón en giro derecho e izquierdo (cw/ccw)
- Marcar la posición del piñón después de que la carga es aplicada (no considerar lo relativo al sistema de amortiguamiento)
- Verificar que el piñón del motor no debe de tener un desplazamiento mayor a α_{TA} (debido únicamente a la vibración)

Después de la prueba, hacer una inspección visual al motor para verificar que no ha sufrido daños y entonces probarlo para verificar que aún cumple con los requerimientos de torque y velocidad. El ensamble del motor debe satisfacer los requerimientos SSTS de esta especificación. Esta prueba será realizada por GM a nivel de vehículo. Véase tabla 37.

TABLA 37 Resistencia al Torque Inverso

Torque de prueba	M_{bd}	15	Nm			
Temperatura de prueba	T_p	22	°C	3		
Rango bajo de vibración	F_L		Hz		5	
Rango alto de vibración	F_H		Hz			50
Amplitud de vibración	A_V	1.27	mm			
Ciclo de vibración	C_V	2	min			
Tiempo total de vibración	T_V	30	min			
Ángulo permitido con torque	α_{TA}		°			20

4.7.2 Fuerza de ruptura del conector

El conector del motor debe resistir una fuerza mínima de ruptura de **F_{test}**. La dirección de la fuerza de prueba debe simular la dirección de conexión del arnés. En la tabla 38 se especifica la fuerza mínima.

TABLA 38 Fuerza de Ruptura del Conector

Fuerza de prueba	F_{test}
	400 N

4.8 Vibraciones, rechinos y golpeteos

El motor debe de permanecer libre de toda vibración perceptible u objetable a algún ruido (rechinos, tronidos, zumbidos etc.) como ha determinado el departamento de ingeniería del producto de Kwang Jin (rangos de 8 o más según el estándar GMUTS

4.10 Prueba de autobloqueo

4.10.1 Deflexión por carga estática

La prueba debe de realizarse en un dispositivo a las tres temperaturas T_{RT} , T_L y T_H . Antes de prueba los motores deben almacenarse un mínimo de t_A a cada temperatura. Véase tabla 39.

- Aplicar un torque estático M_A al piñón del motor en giro izquierdo y derecho. Las terminales del motor deben estar cortocircuitadas.
- Verificar la rotación máxima del piñón al aplicar la carga en cada dirección. El máximo grado de rotación permisible en el piñón del motor es de α_{TA} .
- Aplicar la carga M_A tres veces en cada dirección de rotación.
- Registrar los resultados.
- Los motores de prueba deben de cumplir con los puntos **4.1 y 4.6** después de la prueba. Los motores que corran esta prueba no deben correr durabilidad.
- Bosch probara también las cargas 16Nm, 17Nm, 18Nm, 19Nm y 20Nm solo para información

TABLA 39 Deflexión por Carga Estática

Temperatura ambiente	T_{RT}	22	°C	3		
Temperatura baja	T_L	-30	°C	3		
Temperatura alta	T_H	+80	°C	3		
Tiempo de almacenaje	t_A		hrs		4	
Torque aplicado	M_A	15	Nm			
Ángulo permitido con torque	α_{TA}		°			20

4.10.2 Deformación permanente del sistema de amortiguamiento

La prueba debe realizarse en dispositivo de prueba a tres temperaturas (T_{RT} , T_L y T_H). Antes de prueba los motores deben almacenarse un mínimo de t_A a cada temperatura.

- Aplicar un torque estático M_A en el piñón del motor (con las terminales del motor cortocircuitadas). Aplicar la carga por t_{Load} segundos (en cw o ccw dependiendo la dirección de represente la carrera del vidrio hacia abajo) y libere.
- El piñón del motor no debe girar permanentemente mas de α_{RT} grados (T_{RT}) and α_{HT} grados (T_H) de su posición original. Registrar los resultados.

Los motores de prueba deben de cumplir con los puntos 4.1 y 4.6 después de la prueba. Los motores que corran esta prueba no deben correr durabilidad. Véase tabla 40.

TABLA 40 Deformación del Sistema de Amortiguamiento

Temperatura ambiente	T_{RT}	22	°C	3		
Temperatura baja	T_L	-30	°C	3		
Temperatura alta	T_H	+80	°C	3		
Tiempo de almacenaje	t_A		hrs.		4	
Torque aplicado	M_A	15.6	Nm			
Tiempo de aplicación de carga	t_{Load}	10	S			
Ángulo máximo con torque a temperatura ambiente	α_{RT}		°			30
Ángulo máximo con torque @ +80°C	α_{HT}		°			40

4.10.3 Prueba de juego libre en amortiguadores

Después de aplicar la prueba de durabilidad (una vida) verificar que el piñón de motor no tenga “juego” excesivo. El nivel máximo de rotación por “juego” en el piñón en ambas direcciones de giro del motor debe de ser menor a α_H cuando se le aplica una carga T_P . Registre los resultados. Torque de prueba descrito en la tabla 41.

TABLA 44 Juego Libre en Amortiguadores

Torque de prueba	T _P	2	Nm	
Ángulo máximo de rotación permitido	α _H		°	16

4.11 Prueba de bloqueo extendido

Nota: Todos los requerimientos deben ser soportados con datos actuales, utilizando el último lote de producción que represente todos los componentes específicos de cada sistema de puerta.

Esta especificación es un comparativo de pruebas para sistemas levanta cristal. El propósito de la prueba es poner stress mecánico en el engrane independientemente de los sellos de la puerta. El voltaje y la resistencia en line no necesariamente deben ser representativos de la arquitectura eléctrica del vehículo. No está permitido cualquier valor de auto bloqueo cortocircuitando las terminales del motor para simular las condiciones del vehículo si el switch está en posición “off”.

Nota adicional: El valor máximo de resistencia en line del dispositivo no debe exceder 0.08 ohm.

Criterios de funcionamiento para la evaluación de los bloqueos de engrane: Propósito: La norma **GMN# 5198 TP** evalúa la robustez del sistema levanta cristal/motor en bloqueo a altas temperaturas simulando el efecto de creep en el engrane del motor después de que el sistema ha sido forzado en bloqueo en la posición de apertura completa por el motor, el pruebas con sistema el motor debe ser capaz de moverse en sentido rotacional inverso cuando se aplican en terminales 8.5Vdc o menos. Para esta prueba el sistema levanta cristal debe ser montado en un dispositivo que simule todas las interacciones con el vehículo sin ninguna carga adicional externa (sellos/cristal). La siguiente secuencia de prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma **GMN# 5198 TP**. Esta prueba la debe ser realizada por el proveedor de los sistemas levanta cristal y no por el proveedor de motores

4.12 Prueba de agua

Propósito: El objetivo de esta prueba es demostrar que el motor tiene una resistencia adecuada a la intrusión de agua cuando esta sujeto a cambios intermitentes de calentamiento, rocío de agua y diversas condiciones cíclicas. Los motores deben pasar esta prueba aun cuando estos sean girados en cualquier posición con respecto a su plano de actuación.

Equipo requerido:

- Una sistema de montaje adecuada para instalar el motor en la posición en que estará montado en el vehículo. El sistema debe de incluir topes de prueba que restrinjan el movimiento del motor en ambas direcciones de giro.
- Un sistema de sujeción, almacenamiento de agua y una boquilla de rocío (boquilla Gilmour Hand Fan #304 o equivalente).
- Un sistema de regulación de voltaje capaz de mantener una alimentación de $U_{P1}V$ medido en las terminales del motor en condición de bloqueo y máximo $U_{P2} V$ durante la prueba.
- Un sistema de abastecimiento de agua capaz de mantener un flujo constante de Q_a litros por minuto.
- Un contador de ciclos.
- Una cámara de prueba que pueda mantener temperaturas entre T_{RT} y T_L .
- Una cinta métrica.
- Transportador.
- Placa de montaje (para colocar el motor o el sistema levanta cristal en posición de montaje durante la etapa de congelamiento).

Procedimiento:

- Montar el motor en un aplace de montaje en posición de vehículo.
- Conectar la alimentación al motor y el contador de ciclos, ajustando el voltaje a U_{P1} medido en las terminales del motor con el motor bloqueado. Los cables deben estar por encima del regulador.
- Centre la boquilla de rocío a h_1 por encima del punto más alto del motor y ajuste el sistema hasta cerciorarse que el rocío cubrirá todo el motor. Ajuste la boquilla de rocío de tal manera que su línea central longitudinal sea perpendicular al plano del motor, si es necesario se debe de realizar ajustes adicionales para asegurar que el rocío se aplique en todas las caras del motor y ensamble del conector. Si el patrón de rociado no es lo suficientemente grande para cubrir la longitud superior del motor y conector, entonces el patrón de rociado debe ser dirigido a través del conector.
- Ajustar el flujo de rocío de agua a Q_a litros por minuto.
- Ajustar el contador de ciclos de la siguiente manera:
 - ✓ Bloquear el motor por t_b contra el tope superior de bloqueo. El voltaje debe de ser aplicado en intervalos de t_i con una pausa de t_p entre cada intervalo.
 - ✓ Inmediatamente después del último intervalo, aplicar rocío al motor por t_{pe} , temperatura máxima del agua es t_A .
 - ✓ Después de aplicar rocío al motor, correr X ciclos del motor en un rango de 9 a 11 veces (arriba y abajo) por minuto. Los tiempos de bloqueo al final de cada ciclo deben estar en un rango de tiempo de 0.25 a 0.50 segundos.
 - ✓ Repetir la secuencia anterior 10 veces.
- Inmediatamente después de completar la ultima secuencia, remueva el motor de su montaje de prueba e instalarlo en posición vehicular en una cámara de prueba a baja temperatura. Durante el traslado del motor hacia la cámara este debe de permanecer en la posición de prueba (vehicular). Almacenar el motor a T_L por un tiempo mínimo de t_s .
- Después del almacenamiento a baja temperatura, remueva el motor de la cámara y aplique un voltaje de U_{P1} . El motor debe de empezar a girar y continuar funcionando dentro de t_R . Registrar la curva de arranque del motor.

Después de prueba se debe desensamblar el motor y verificar que no exista la presencia de agua al interior del motor y se debe documentar con fotografías. La presencia de agua en el interior del motor se considera como falla. Véase tabla 42.

TABLA 42 Prueba de Agua

Temperatura del agua	t_A		°C		20
Voltaje de prueba 1	U_{P1}	10.5	V	0.3	
Voltaje de prueba 2	U_{P2}		V		13.5
Tiempo de bloqueo	t_b	15	min		
Tiempo de rocío	t_{pe}	5	Min		
Caudal de rocío de agua	Q_a	8	Lt/min	0.5	
Revoluciones de arrastrador	X	10	Rev.		
Temperatura ambiente	T_{RT}	23	°C	3	
Temperatura baja	T_L	-40	°C	3	
Tiempo de almacenamiento	t_s	2	Hrs		
Duración de cada intervalo	t_i	30	S		
Pausa entre cada intervalo	t_p	30	S		
Altura entre el rociador y el motor	h_1	380	mm	25	
Tiempo de arranque del motor	t_R	2	S		

4.13 Resistencia a la corrosión

El motor debe cumplir los requerimientos de corrosión y validación de la norma GMW15272 (Especificación de resistencia a la corrosión). [Los siguientes detalles son específicos del motor y son relevantes en la aplicación de los procedimientos de prueba GMW15272 y GMW14872: La clasificación de corrosión deberá estar basada en la región dirigida de mercado del vehículo. El rango mínimo de corrosión cosmética aceptable es 10 después del año 5 para todos los componentes. El procedimiento específico requerido de la norma GMW14872 es: GMW14872, SS O/S Deviation Option 1, Exposure C (cosmetic) and 70 cycles (functional). Para una evaluación funcional al final de la prueba, el torque de bloqueo y la velocidad en rpms debe estar dentro de los rangos especificados

4.13.1 Resistencia a la corrosión cosmética

El motor no debe desarrollar “corrosión roja” en ninguno de sus componentes cuando se exponga a un ambiente corrosivo equivalente a 5 años de exposición. Esto se hace para asegurar que a nivel de vehículo no existirá filtración o escurrimiento de corrosión roja hacia la puerta aún dentro de los primeros 5 años de uso por parte del cliente.

4.13.2 Desviación a los requerimientos de prueba de corrosión

Las desviaciones a los requerimientos de corrosión arriba mencionados deberán ser aceptadas por el Global SSLT Leader/Manager para GM Glass Guidance Systems.

4.14 Matriz de validación

El tamaño total de muestra varía dependiendo en el tamaño de muestra usado en durabilidad. Un par es definido como un motor izquierdo y un motor derecho. Véase tabla 43 donde se describe la cantidad de muestras a probar.

TABLA 43 Matriz de Validación

Ítem de prueba	Descripción de la prueba	Muestras a probar
4.1.1	Variación de torque y velocidad	35 pares
4.1.2	Prueba de corriente de bloqueo	35 pares
4.2	Prueba de durabilidad del motor	3 pares
4.3	Requerimientos de RFI/EMC	2 pares
4.4.1	Operación continua del motor	3 pares
4.4.2	Durabilidad del interruptor térmico	3 pares
4.4.3	Tiempos de desconexión y conexión del interruptor térmico	3 pares
4.5	Prueba de voltaje de liberación	3 pares
4.6	Prueba de ruido	35 pares
4.7.1	Resistencia al torque inverso	3 pares
4.8	Vibraciones, rechinos y golpeteos	35 pares
4.10.1	Deflexión por carga estática	3 pares
4.10.2	Deformación permanente del sistema de amortiguamiento	3 pares
4.10.3	Prueba de juego libre en amortiguadores	3 pares
4.12	Prueba de agua	3 pares

V PLAN DE PRUEBAS PARA EL CUMPLIMIENTO CONTINUO DE LA CALIDAD

Las cantidades dentro del plan muestran, los pares de motores a probar, la secuencia de las pruebas es definida por el ingeniero de calidad competente. Véase tabla 44 donde se define qué pruebas se realizarán por parte del departamento de calidad.

TABLA 44 Pruebas de Calidad

		Cantidad de muestras	Pruebas Q	Pruebas Z
III	Pruebas características de calidad			
3.1	Curva de funcionamiento	1 par	X	
3.3	Medición del flujo magnético	1 par	X	
3.4	Resistencia de aislamiento	1 par	X	
3.5	Prueba de auto bloqueo	1 par	X	
3.6	Prueba de fuga en tina con agua	1 par	X	
3.7.1	Evaluación de ruido objetivo	1 par	X	
3.8	Prueba de anillo magnético	1 par	X	
IV	Requerimientos de conformidad			
4.1.1	Variación de torque y velocidad	3 pares		X
4.6	Prueba de ruido	3 pares		X
4.2	Prueba de durabilidad del motor	3 pares		X
4.4.2	Durabilidad del interruptor térmico	1 par		X

EVALUACIÓN DE BENEFICIOS TÉCNICOS

4.1 Especificaciones Técnicas de las Muestras

4.2 Resultados de las Pruebas

4.2.1 Resistencia de Aislamiento

4.2.2 Curva de Funcionamiento

4.2.3. Corriente de Bloqueo

4.2.4 Hermeticidad

4.2.5 Ruido

4.2.6 Durabilidad

4.2.6.1 Sistema de Amortiguamiento sin Juego

4.2.6.2 Prueba de Voltaje de Liberación del Motor

4.2.6.3 Prueba de Curva de Funcionamiento antes y después de Durabilidad

4.2.6.4 Prueba de Ruido Objetivo después de Durabilidad

4.2.7 Operación Continua del Motor

4.3 Análisis de los Beneficios Técnicos

4.1.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS MUESTRAS

Una de las fases más importante de una investigación para la introducción de un nuevo producto es el análisis de datos, ya que determina las herramientas adecuadas para el diseño de la investigación. Además esta actividad precede a la interpretación de resultados, etapa que permitirá desarrollar conclusiones y recomendaciones. Por lo que conocer los resultados, analizarlos e interpretarlos es una de las etapas fundamentales de cualquier proyecto.

Para la realización del proyecto del Motor Levanta Cristales, se consideró una muestra representativa de 30 pares a evaluar, distribuidos de la siguiente forma:

- 30 motores caja derecha
- 30 motores caja izquierda

Por lo que las Pruebas de Validación de Diseño (**DV**) para motores levanta cristales **FPG3**, se llevaron a cabo de acuerdo a lo aprobado por el **DVP&R**, el cual fue firmado en Agosto del 2014, bajo las siguientes especificaciones:

- **KJA MS07-001 REV 11**
- **DESVIACIÓN DE ESPECIFICACIÓN 6 004 Y00 088 REV 1**

Los números asignados a motores **FPG3** por parte de la empresa, se describen en la tabla 45.

TABLA 45 Clave de los Motores

Motor derecho	0 130 823 236
Motor izquierdo	0 130 823 237

4.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

4.2.1 Resistencia de Aislamiento

El equipo utilizado para la realización de la Prueba de Resistencia de Aislamiento fue un Osciloscopio, Marca Quad Tech 1865. Los resultados aparecen en la tabla 46.



Figura 4.1 Equipo utilizado para Prueba de Resistencia de Aislamiento

TABLA 46 Resistencia de Aislamiento [spec. >300kΩ]					
Motor	0 130 823 236		Motor	0 130 823 237	
	Pin 1 (GΩ)	Pin 2 (GΩ)		Pin 1 (GΩ)	Pin 2 (GΩ)
1	28.7	23.3	1	26.6	25.5
2	28.4	27.3	2	25.9	26.1
3	25.8	27.5	3	30.8	31.8
4	35.9	34.9	4	33.2	31.6
5	30.2	29.7	5	30.8	30.9
6	27.0	27.7	6	24.7	23.8
7	33.0	33.0	7	30.0	31.0
8	33.9	34.1	8	26.0	26.4
9	30.8	36.7	9	30.5	28.6
10	32.4	33.4	10	28.1	28.7
11	32.4	32.7	11	26.7	25.7
12	29.9	30.9	12	27.4	28.6
13	30.1	29.2	13	25.4	24.7
14	28.7	29.9	14	29.9	30.3
15	33.6	34.3	15	26.9	25.8
16	24.0	23.3	16	26.4	25.6
17	39.4	41.1	17	24.8	24.0
18	32.5	34.2	18	26.7	27.4
19	28.5	29.4	19	22.4	22.1
20	29.8	31.2	20	30.3	31.2
21	24.8	15.5	21	27.7	24.2
22	31.5	32.2	22	33.3	35.9
23	25.3	26.3	23	20.3	19.3
24	32.2	33.0	24	29.7	30.2
25	30.2	30.8	25	31.6	29.8
26	39.5	41.2	26	25.1	25.7
27	36.4	36.8	27	27.6	28.2
28	25.9	26.5	28	24.9	25.2
29	28.1	28.9	29	26.8	24.8
30	32.4	33.1	30	24.7	25.5
Max.	39.5	41.2	Max.	33.3	35.9
Prom.	30.7	30.9	Prom.	27.5	27.3
Min.	24.0	15.5	Min.	20.3	19.3

Los resultados obtenidos en la Prueba de Resistencia de Aislamiento se muestran en la tabla 49, por lo que ambos motores cumplen con los valores estipulados.

4.2.2 Curva de Funcionamiento

El equipo utilizado para la realización de la Prueba de Curva de Funcionamiento fue un Banco de Pruebas



Figura 4.2 Banco de Pruebas utilizado para Curva de Funcionamiento

Tabla 47 Prueba de Curva de Funcionamiento a Temperatura Ambiente +23°C													
Motor ID	0 130 823 236						Motor ID	0 130 823 237					
	Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo			Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo	
	[80 – 101]		[max: 29.9]		[8.1 – 11.3]			[80 – 101]		[max: 29.9]		[8.1 – 11.3]	
	[rpm]		[A]		[Nm]			[rpm]		[A]		[Nm]	
	CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW		CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW
1	85	90	22.3	24.5	8.7	8.7	1	88	89	22.8	22.5	8.8	9.0
2	88	92	22.2	24.2	10.1	9.4	2	89	89	23.2	23.4	9.5	9.1
3	86	90	22.1	24.2	9.7	9.4	3	89	89	22.7	23.3	9.4	9.8
4	85	90	21.6	23.5	8.6	9.2	4	88	89	22.9	23.7	9.4	10.0
5	88	91	22.4	24.2	9.3	9.3	5	89	88	23.3	24.1	9.3	9.6
6	84	90	22.3	24.1	9.2	9.3	6	87	86	21.8	22.1	8.8	9.0
7	88	90	22.2	24.2	9.5	9.5	7	89	86	22.8	22.7	8.9	9.3
8	83	89	21.7	23.8	9.1	9.1	8	88	89	22.6	23.6	9.5	9.6
9	83	89	22.4	23.9	9.6	9.1	9	88	93	23.4	23.6	9.3	9.2
10	86	90	22.3	23.7	9.9	9.0	10	89	91	24.7	25.2	9.2	9.6
11	87	91	22.9	24.8	9.2	9.6	11	88	91	25.1	24.9	9.1	8.9
12	86	91	22.9	24.9	9.4	9.5	12	90	92	25.2	25.1	9.6	8.7
13	83	92	22.7	24.7	9.4	9.0	13	89	90	23.7	24.9	9.4	9.6
14	84	91	22.9	25.2	9.7	9.3	14	91	92	24.5	25.0	10.2	9.8
15	84	88	22.4	23.8	9.8	9.2	15	89	92	24.5	25.1	8.9	9.0
16	85	91	22.9	24.3	9.3	9.9	16	90	92	24.2	25.2	9.7	9.4
17	88	91	22.6	25.5	9.9	9.4	17	89	90	24.6	25.4	9.3	9.0
18	89	91	22.8	24.8	9.4	9.2	18	90	92	24.4	25.3	9.9	9.9
19	88	90	22.8	24.5	9.8	9.4	19	89	91	24.9	25.1	9.3	9.7
20	90	93	23.6	25.2	10.2	9.7	20	90	92	24.7	25.1	9.3	9.2
21	89	92	23.9	25.8	10.0	9.8	21	89	93	25.0	25.4	9.3	9.6
22	90	92	23.9	25.9	9.6	8.6	22	91	91	24.1	24.9	9.8	10.7
23	89	92	23.9	26.2	9.6	9.6	23	90	91	24.8	25.4	9.6	9.5
24	90	93	23.6	24.9	10.0	9.9	24	90	92	24.7	25.3	9.3	9.7
25	87	93	23.9	26.2	10.0	9.6	25	90	92	24.6	25.4	9.7	10.0
26	89	92	23.9	26.2	9.8	9.1	26	91	91	24.0	25.0	9.0	9.6
27	90	93	24.0	26.1	9.9	9.4	27	90	92	24.6	24.8	9.8	9.9
28	88	92	23.9	25.4	9.9	9.4	28	89	92	24.0	25.0	9.6	10.2
29	90	93	24.0	26.0	9.8	9.6	29	88	92	24.8	25.1	9.1	9.4
30	89	92	23.9	25.2	10.1	10.1	30	90	90	24.2	25.1	9.2	9.7
Max	90	93	24	26.2	10.2	10.1	Max	91	93	25.2	25.4	10.2	10.7
Prom.	87	91	23.0	24.9	9.6	9.4	Prom.	89	91	24.0	24.6	9.4	9.5
Min.	83	88	21.6	23.5	8.6	8.6	Min.	87	86	21.8	22.1	8.8	8.7

Los resultados de la Prueba de Curva de Funcionamiento a temperatura ambiente +23°C se muestran en la tabla 47, por lo que ambos motores cumplen con los valores estipulados en la curva de funcionamiento y el dibujo de oferta del cliente. Esto asegura un buen funcionamiento del motor ya instalado en el sistema.

Tabla 48 Prueba de Curva de Funcionamiento a baja temperatura -40°C. Sólo para información													
Motor ID	0 130 823 236						Motor ID	0 130 823 237					
	Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo			Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo	
	[No hay lim.]		[No hay lim.]		[No hay lim.]			[No hay lim.]		[No hay lim.]		[No hay lim.]	
	[rpm]		[A]		[Nm]			[rpm]		[A]		[Nm]	
	CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW		CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW
1	79	81	26.8	29.4	8.7	9.6	1	76	73	27.2	29.8	8.5	8.6
2	81	82	26.1	28.2	9.3	10.2	2	81	77	27.6	29.1	8.5	9.6
3	79	81	26.2	28.7	8.9	10.0	3	76	77	26.6	29.6	9.8	9.3
4	75	79	26.9	29.6	9.3	9.8	4	75	74	27.3	30.4	9.7	8.8
5	76	79	26.7	29.7	9.3	9.4	5	78	73	27.1	30.0	8.6	8.7
6	76	79	27.1	29.4	8.5	9.1	6	78	76	27.2	29.8	8.7	8.6
7	78	78	27.7	30.3	8.5	9.9	7	76	75	27.6	30.1	8.2	9.0
8	78	78	27.4	29.9	8.7	9.1	8	78	75	27.5	29.6	8.6	9.1
9	78	78	27.3	29.8	9.5	9.4	9	87	88	24.6	25.3	8.4	7.9
10	74	75	27.2	30.0	9.1	9.2	10	82	79	28.7	30.3	8.9	8.8
11	79	79	27.3	30.3	8.5	9.8	11	82	83	26.4	27.3	8.5	8.7
12	76	77	27.2	29.9	8.4	9.7	12	83	82	25.1	25.9	9.0	8.4
13	74	77	27.3	29.7	8.1	9.0	13	81	83	26.5	27.5	9.2	8.6
14	79	76	27.0	30.2	9.2	9.5	14	85	85	26.7	27.4	9.8	8.8
15	77	75	26.9	29.5	8.5	9.4	15	82	85	26.7	27.9	9.1	8.7
16	75	77	27.5	29.9	8.4	9.5	16	84	85	25.5	25.7	9.1	8.7
17	74	73	27.2	30.1	9.0	9.6	17	82	81	25.2	25.8	8.7	8.5
18	81	82	25.0	27.3	9.1	9.5	18	84	85	26.5	27.5	9.1	9.0
19	79	76	27.6	30.2	9.0	9.0	19	83	84	26.1	27.2	9.0	8.8
20	87	88	26.8	27.7	8.5	9.2	20	82	80	26.0	26.5	9.4	9.0
21	83	86	26.4	27.7	9.0	9.3	21	84	85	26.3	26.9	9.1	8.8
22	84	86	26.5	28.1	8.2	8.5	22	79	80	25.7	27.1	9.4	9.5
23	81	86	26.3	27.7	8.6	9.8	23	82	84	26.3	27.7	9.7	9.0
24	85	87	26.4	27.9	8.3	9.3	24	87	89	26.1	26.8	9.0	9.6
25	80	86	26.5	28.0	8.2	9.2	25	83	86	26.2	27.3	9.5	9.3
26	82	85	25.5	27.4	8.6	9.3	26	84	86	25.4	26.5	9.0	9.3
27	84	82	28.5	31.2	9.0	9.6	27	84	76	26.7	27.6	8.5	8.8
28	82	86	26.5	28.0	8.5	9.4	28	80	74	24.2	24.8	9.2	8.9
29	85	86	26.4	27.4	8.2	9.4	29	82	82	27.1	26.3	8.8	9.5
30	81	83	28.4	30.9	9.4	9.5	30	82	78	24.5	25.1	8.7	8.8
Max	87	88	28.5	31.2	9.5	10.2	Max	87	89	28.7	30.4	9.8	9.6
Prom.	79	81	26.9	29.1	8.8	9.4	Prom.	81	81	26.4	27.6	9.0	8.9
Min.	74	73	25	27.3	8.1	8.5	Min.	75	73	24.2	24.8	8.2	7.9

Los resultados de la Prueba de Curva de Funcionamiento a baja temperatura -40°C se han completado y se muestran en la Tabla 48, por lo que ambos motores cumplen con los rangos de operación de temperaturas, asegurando el funcionamiento del motor en condiciones extremas.

Tabla 49 Prueba de Curva de Funcionamiento a alta temperatura +85°C.													
Motor ID	0 130 823 236						Motor ID	0 130 823 237					
	Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo			Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo	
	[No hay lim.]		[No hay lim.]		[No hay lim.]			[No hay lim.]		[No hay lim.]		[No hay lim.]	
	[rpm]		[A]		[Nm]			[rpm]		[A]		[Nm]	
	CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW		CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW
1	93	97	19.6	21.1	7.8	7.9	1	96	96	20.2	20.7	7.9	8.7
2	95	97	20.3	20.6	8.7	8.1	2	96	94	20.6	20.4	8.8	8.2
3	92	99	20.2	20.7	8.5	8.0	3	96	95	20.3	21.1	8.3	8.5
4	89	96	19.3	20.4	8.5	8.5	4	95	96	21.1	20.4	8.3	8.7
5	93	98	19.7	21.1	9.0	8.7	5	96	96	20.3	20.3	8.1	8.3
6	93	97	20.0	20.5	8.0	7.6	6	95	92	20.1	20.1	8.3	8.7
7	91	96	21.9	20.8	8.7	8.3	7	98	98	20.4	21.2	8.1	8.4
8	93	97	19.6	21.2	8.3	7.9	8	96	95	19.9	20.9	8.2	8.4
9	91	96	19.9	21.3	8.2	8.1	9	100	100	21.5	21.6	7.3	7.7
10	89	98	20.1	21.3	8.7	8.4	10	100	97	20.5	20.2	8.1	7.7
11	94	99	19.9	20.3	8.2	8.3	11	95	92	21.5	22.2	8.1	7.7
12	94	98	19.6	20.6	8.0	8.0	12	96	97	21.8	21.4	8.2	7.8
13	91	97	20.0	21.1	8.0	7.7	13	90	85	20.9	21.1	8.5	8.0
14	93	99	20.2	21.3	8.6	7.9	14	90	89	20.9	21.3	8.9	7.5
15	89	98	18.5	19.7	8.2	8.0	15	100	94	21.6	21.2	8.1	7.9
16	90	99	19.9	21.7	8.3	8.6	16	92	88	20.6	20.2	8.3	6.8
17	93	98	20.1	20.5	8.5	8.5	17	97	98	21.4	21.4	8.2	8.2
18	96	97	19.7	20.7	8.5	7.8	18	94	90	21.3	21.9	8.4	8.2
19	93	96	19.8	21.0	8.7	8.2	19	97	93	21.3	21.6	8.5	8.5
20	102	105	21.0	21.9	8.6	9.2	20	93	89	21.8	21.9	8.6	8.3
21	96	103	21.3	21.9	8.3	8.5	21	100	97	21.7	21.6	8.5	8.0
22	98	99	20.4	21.7	7.8	7.9	22	98	98	21.3	22.1	8.6	8.5
23	96	104	21.8	22.6	8.3	8.8	23	95	95	21.4	21.3	8.5	8.2
24	98	104	21.2	22.6	8.1	8.8	24	104	103	21.2	21.8	8.2	8.3
25	94	96	21.2	22.2	8.4	8.8	25	93	93	21.6	21.5	8.4	8.7
26	97	99	21.0	22.4	8.2	8.3	26	98	94	21.9	21.6	8.4	8.0
27	95	99	21.3	22.8	8.3	9.0	27	99	96	21.3	22.0	8.2	7.9
28	93	98	21.5	22.6	8.4	8.7	28	95	88	21.3	20.6	8.4	7.5
29	93	95	21.2	23.0	8.1	8.5	29	97	89	20.3	20.1	8.2	7.3
30	89	92	21.1	22.3	8.6	8.7	30	97	97	21.8	22.2	8.2	7.6
Max	102	105	21.9	23.0	9.0	9.2	Max	104	103	21.9	22.2	8.9	8.7
Prom.	93	98	20.4	21.4	8.4	8.3	Prom.	96	94	21.1	21.2	8.3	8.1
Min.	89	92	18.5	19.7	7.8	7.6	Min.	90	85	19.9	20.1	7.3	6.8

Los resultados de la Prueba de Curva de Funcionamiento a alta temperatura +85°C se han completado y se muestran en la Tabla 49, todos los motores cumplen con los rangos de operación de temperaturas, asegurando el funcionamiento del motor en condiciones extremas.

4.2.3 Corriente de Bloqueo

El equipo utilizado para llevar a cabo la Prueba de Corriente de Bloqueo es el siguiente:

- Fuente de poder
- Osciloscopio
- Pinza de corriente
- Dispositivo mecánico para bloquear motor



Figura 4.3 Equipo utilizado para realizar la Prueba de Corriente de Bloqueo

Tabla 50 Prueba de Corriente de Bloqueo [Spec: a Temp ambiente ≤ 28 Amp; a baja temp. -40°C ≤ 42 Amp] Todas las mediciones están en Amperes [A]							
@+23°C				@ -40°C			
0 130 823 236		0 130 823 237		0 130 823 236		0 130 823 237	
Motor ID	Amps	Motor ID	Amps	Motor ID	Amps	Motor ID	Amps
1	21	1	21	1	35	1	37
2	22	2	21	2	41	2	39
3	22	3	22	3	38	3	36
4	21	4	21	4	41	4	34
5	21	5	22	5	35	5	34
6	22	6	21	6	35	6	41
7	21	7	21	7	40	7	35
8	21	8	23	8	38	8	38
9	21	9	26	9	40	9	34
10	21	10	26	10	37	10	34
11	21	11	25	11	38	11	34
12	21	12	25	12	35	12	34
13	22	13	26	13	38	13	34
14	21	14	25	14	37	14	34
15	21	15	27	15	41	15	32
16	21	16	23	16	38	16	34
17	21	17	26	17	40	17	36
18	22	18	26	18	38	18	35
19	22	19	26	19	35	19	34
20	21	20	26	20	36	20	38
21	26	21	27	21	38	21	34
22	26	22	25	22	38	22	36
23	27	23	27	23	33	23	33
24	26	24	25	24	37	24	33
25	26	25	26	25	38	25	34
26	24	26	25	26	33	26	35
27	26	27	25	27	37	27	32
28	26	28	26	28	37	28	33
29	26	29	27	29	36	29	37
30	26	30	26	30	34	30	37
Max	27	Max	27	Max	41	Max	41
Prom.	22.8	Prom.	24.6	Prom.	37.2	Prom.	35.0
Min.	21	Min.	21	Min.	33	Min.	32

Los resultados de la Prueba de Corriente de Bloqueo se muestran en la Tabla 50, por lo que ambos motores cumplen con los valores estipulados.

4.2.4 Hermeticidad

El equipo utilizado para llevar a cabo la Prueba de Hermeticidad es un Banco de Hermeticidad y Pinzas para suministrar la presión del aire.



Figura 4.4 Banco de Hermeticidad, pinzas para suministrar la presión de aire

Tabla 51 Prueba de Hermeticidad [spec: $\leq 3.5 \text{ cm}^3/\text{min}$]			
Motor ID	0 130 823 236	Motor ID	0 130 823 237
	[cm^3/min]		[cm^3/min]
1	0.16	1	0.25
2	0.24	2	0.24
3	0.24	3	0.29
4	0.24	4	0.27
5	0.27	5	0.25
6	0.27	6	0.27
7	0.25	7	0.31
8	0.29	8	0.26
9	0.28	9	0.22
10	0.32	10	0.23
11	0.21	11	0.25
12	0.26	12	0.24
13	0.25	13	0.23
14	0.23	14	0.21
15	0.15	15	0.22
16	0.13	16	0.19
17	0.23	17	0.23
18	0.37	18	0.22
19	0.19	19	0.13
20	0.19	20	0.20
21	0.20	21	0.17
22	0.10	22	0.22
23	0.24	23	0.17
24	0.20	24	0.23
25	0.17	25	0.22
26	0.22	26	0.23
27	0.28	27	0.12
28	0.26	28	0.20
29	0.23	29	0.21
30	0.23	30	0.23
Max	0.37	Max	0.31
Prom.	0.23	Prom.	0.22
Min.	0.10	Min.	0.12

Los resultados de la Prueba de Hermeticidad se muestran en la Tabla 51, por lo que ambos motores cumplen con los valores estipulados, lo que garantiza el funcionamiento del motor levanta cristales incluso en situación de sumergimiento parcial o total del vehículo.

4.2.5 Ruido

El equipo utilizado para llevar a cabo la Prueba de Ruido Objetivo y Subjetivo es el siguiente:

- Cámara de ruido semianecoica
- Sensor de carga acoplado a transmisión de homocinéticos
- Motor
- Freno
- Dispositivo para medir ruido
- Micrófono
- Tablero de mando

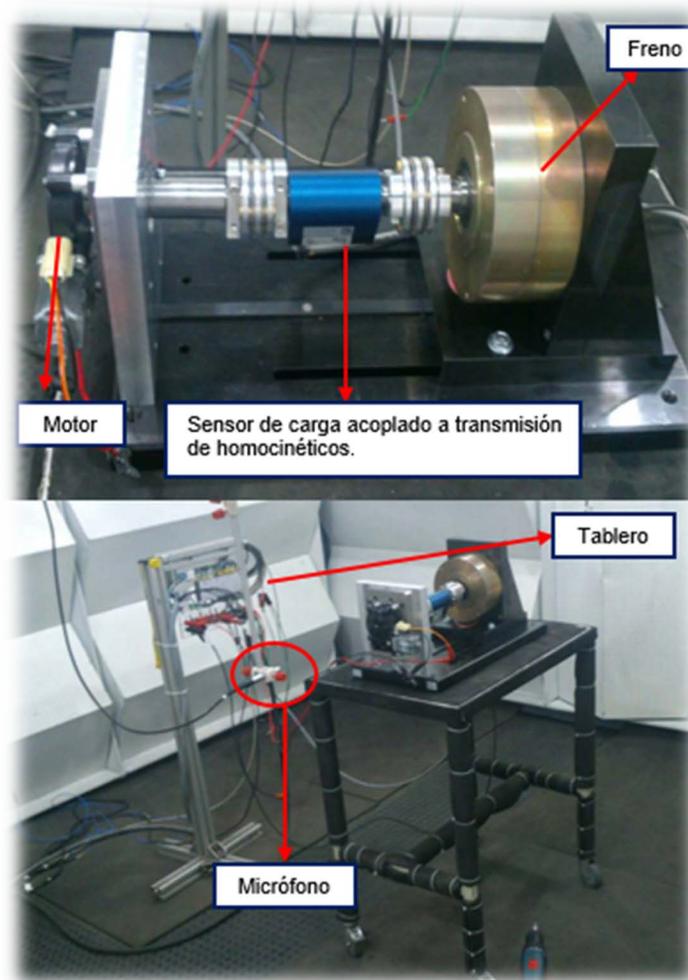


Figura 4.5 Equipo utilizado para realizar la Prueba de Ruido Objetivo

Tabla 52 Evaluación de ruido objetivo [Spec: 3.5 Nm < 60 dB(A)] Todas las mediciones están en dB(A)					
0 130 823 236			0 130 823 237		
Motor ID	< 60 dB(A)		Motor ID	< 60 dB(A)	
	CW	CCW		CW	CCW
1	46.6	52.3	1	47.1	50.3
2	46.2	49.2	2	47.3	50.9
3	45.6	50.2	3	48.8	53.9
4	45.5	48.6	4	45.4	45.5
5	46.4	50.2	5	45.2	53.7
6	45.6	52.3	6	47.9	49.4
7	48.2	50.3	7	45.8	49.4
8	45.8	51.4	8	46.7	48.2
9	47.7	50.5	9	48.0	48.9
10	46.1	50.6	10	50.2	51.1
11	48.8	51.3	11	49.9	50.2
12	45.4	51.4	12	51.2	49.9
13	49.4	52.5	13	48.6	48.2
14	45.6	50.6	14	47.5	49.5
15	44.4	50.7	15	48.6	50.7
16	44.7	48.9	16	47.2	49.0
17	45.7	48.8	17	49.1	48.1
18	46.9	53.6	18	49.1	49.2
19	45.4	49.8	19	50.5	49.8
20	48.9	46.5	20	47.5	45.7
21	50.3	44.6	21	47.7	50.8
22	53.7	46.8	22	51.4	48.8
23	53.2	48.1	23	47.4	48.3
24	47.4	49.5	24	50.1	49.5
25	49.4	47.3	25	48.6	48.6
26	50.6	48.5	26	52.0	51.2
27	49.9	45.3	27	49.1	48.9
28	49.2	45.9	28	51.6	43.7
29	52.8	45.8	29	47.8	49.8
30	49.0	45.9	30	49.6	49.3
Max	53.7	53.6	Max.	52.0	53.9
Prom.	47.8	49.2	Prom.	48.6	49.4
Min.	44.4	44.6	Min.	45.2	43.7

Los resultados de la Prueba de Ruido Objetivo se muestran en la Tabla 52, por lo que los motores cumplen con los valores estipulados, lo cual representa que el nivel de ruido audible del motor será aceptable para el usuario final, no presentando ruido subjetable durante su operación.

4.2.6 Durabilidad

El equipo utilizado para llevar a cabo la Prueba de Durabilidad consiste en un Sistema de Durabilidad compuesto por:

- Cámaras climáticas
- Banco de control
- Freno
- Homocinéticos
- Transmisión
- Placas porta motores
- Instalación eléctrica para motores 2 pines



Figura 4.6 Sistemas para realizar la Prueba de Durabilidad

La durabilidad del motor debe realizarse por 2 vidas útiles de acuerdo al ciclo complejo usando 3 motores por número de parte. Una vida útil del motor (ciclos complejos) consta de 9,500 ciclos. Usar 4.5 revoluciones del piñón por un tiempo de bloqueo de 0.5 segundos. Los tiempos de pausa del motor serán descritos en la Tabla 53.

TABLA 53 Tiempos de Pausa del Motor

Condición de Prueba	Tiempo de pausa
Temperatura ambiente +23°C	15s
Alta temperatura +85°C	45s
Baja temperatura -40°C y +38°C/95% de humedad	30s

Usar 40% del torque de bloqueo como carga en la dirección **up**, y 15% del torque de bloqueo en la dirección **down** para cada temperatura.

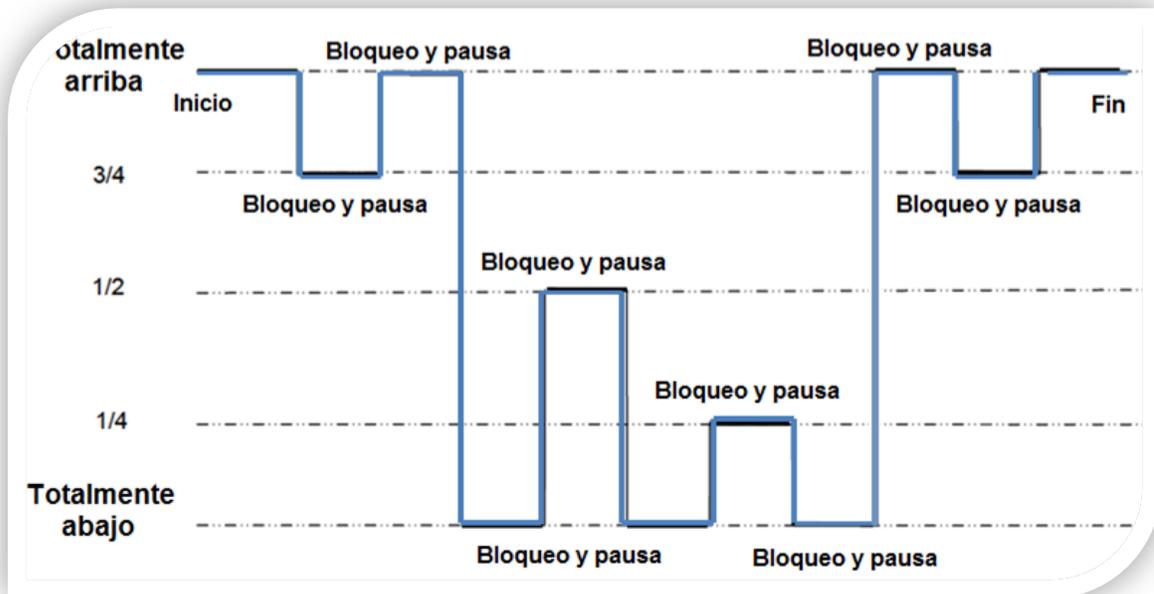


Figura 4.7 Ciclo Completo de Durabilidad

Al inicio y/o a final de la durabilidad se deben de realizar pruebas para poder tener resultados que nos permitan ver el comportamiento de los motores durante y al final de la durabilidad.

Los resultados de la Prueba de Durabilidad son aceptables, ambos motores cumplen con 19,000 ciclos complejos, que son iguales a dos vidas de durabilidad a diferentes condiciones de temperatura estipuladas en la especificación del cliente y cumpliendo los requerimiento mecánicos y eléctricos suscritos en la especificación del cliente. Garantizando de esta manera el funcionamiento adecuado durante toda la vida útil del vehículo

4.2.6.1 Sistema de amortiguamiento sin juego (Cushioning system free play)

Después de aplicar la prueba de durabilidad se debe verificar que el piñón del motor no tenga “juego” excesivo. El nivel máximo de rotación “juego” permitido en el piñón en ambas direcciones de giro del motor debe de ser menor a 10° cuando se le aplica una carga 2Nm.

Tabla 54 Prueba de Sistema de Amortiguamiento sin juego. [Spec: <10°]					
Todas las mediciones están en grados (°)					
0 130 823 236			0 130 823 237		
Motor ID	CW	CCW	Motor ID	CW	CCW
04	2.3	1.9	04	2.3	2.2
05	2.5	2.3	05	2.0	2.3
06	2.4	2.2	06	1.8	2.2

Los resultados de la Prueba de **Sistema de amortiguamiento sin juego (Cushioning system free play)** se encuentran documentados en la tabla 54 y son **positivos**, todos los motores cumplen con los valores estipulados en la especificación del cliente. Nos indica que el piñón del motor no se girara por el simple hecho de soportar el cristal, aun cuando este tenga una vida de más de 120,000 km de uso vehicular.

4.2.6.2 Prueba de voltaje de liberación del motor

La prueba consiste en llevar el motor levanta cristales a posición de bloqueo (cierre de ventanilla) aplicando y dejando mantenido por 5 segundos un voltaje nominal de 12.0V en las terminales del motor. Una vez en condición de bloqueo, invertir la polaridad de la fuente de energía y aplicar 4.0V inicialmente e incrementos de 0.5V cada 10 segundos hasta que se libere el motor de la condición de bloqueo. Repetir el procedimiento antes descrito para medir el voltaje de liberación para la condición de bloque de motor con ventanilla abierta.

Tabla 55 Prueba de Voltaje de Liberación del Motor [Spec: < 9 Volts]					
Todas las mediciones están en volts (V)					
0 130 823 236			0 130 823 237		
Motor ID	CW	CCW	Motor ID	CW	CCW
04	6.0	7.5	04	5.0	6.5
05	5.0	6.5	05	5.0	7.5
06	6.0	8.0	06	5.2	8.0

Los resultados de la **Prueba de voltaje de liberación** del motor están documentados en la tabla 55 y son **positivos**, todos los motores cumplen con los valores estipulados en la especificación del cliente. Permite al motor tener funcionalidad incluso cuando la batería del auto se encuentra en niveles críticos y el voltaje no es el adecuado. El rango de voltaje de operación de los motores es de 9 – 16V, pero están diseñados para que pueda liberar el sistema y abrir la ventana desde un voltaje de 4.0V.

4.2.6.3 Prueba de curva de funcionamiento antes y después de durabilidad

Los resultados de esta prueba son **positivos**, debido a que los dos motores cumplen con los valores estipulados en la curva de funcionamiento y con las especificaciones. Esto asegura el buen funcionamiento del motor instalado en sistema y durante toda la vida útil del vehículo. Los resultados se encuentran documentados en las tablas 56, 57 y 58.

R= Motores derechos (0 130 823 236)
L= Motores izquierdos (0 130 823 237)

Tabla 56 Prueba de Curva de Funcionamiento a Temperatura Ambiente +23°C													
Motor ID	Antes de Durabilidad						Motor ID	Después de Durabilidad					
	Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo			Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo	
	[80 – 101]		[max: 29.9]		[8.1 – 11.3]			[68 – 121.2]		[max: 35.8]		[6.88 – 13.56]	
	[rpm]		[A]		[Nm]			[rpm]		[A]		[Nm]	
	CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW		CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW
04R	85	90	21.6	23.5	8.6	9.2	04R	86	82	21.8	22.5	11.6	12.2
05R	88	91	22.4	24.2	9.3	9.3	05R	85	88	21.2	21.6	10.0	10.9
06R	84	90	22.3	24.1	9.2	9.3	06R	89	88	21.3	22.9	11.0	13.4
04L	88	89	22.9	23.7	9.4	10.0	04L	85	87	21.7	21.7	9.2	9.7
05L	89	88	23.3	24.1	9.3	9.6	05L	83	87	22.5	23.5	10.0	10.2
06L	87	86	21.8	22.1	8.8	9.0	06L	84	85	21.3	21.0	9.7	9.5

Tabla 57 Prueba de Curva de Funcionamiento a Baja Temperatura -40°C. Sólo para información													
Motor ID	Antes de Durabilidad						Motor ID	Después de Durabilidad					
	Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo			Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo	
	[No hay lim.]		[No hay lim.]		[No hay lim.]			[No hay lim.]		[No hay lim.]		[No hay lim.]	
	[rpm]		[A]		[Nm]			[rpm]		[A]		[Nm]	
	CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW		CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW
04R	75	79	26.9	29.6	9.3	9.8	04R	72	70	26.5	28.6	7.5	7.5
05R	76	79	26.7	29.7	9.3	9.4	05R	74	70	27.3	30.1	8.6	8.7
06R	76	79	27.1	29.4	8.5	9.1	06R	71	77	27.2	29.9	8.7	9.3
04L	75	74	27.3	30.4	9.7	8.8	04L	75	80	26.8	29.0	8.0	8.9
05L	78	73	27.1	30.0	8.6	8.7	05L	71	77	27.5	29.4	8.9	8.9
06L	78	76	27.2	29.8	8.7	8.6	06L	69	73	25.9	28.5	9.8	9.9

Tabla 58 Prueba de Curva de Funcionamiento a Alta Temperatura +85°C Sólo para información													
Motor ID	Antes de Durabilidad						Motor ID	Después de Durabilidad					
	Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo			Vel. Sin carga		Corriente de bloqueo		Torque de bloqueo	
	[No hay lim.]		[No hay lim.]		[No hay lim.]			[No hay lim.]		[No hay lim.]		[No hay lim.]	
	[rpm]		[A]		[Nm]			[rpm]		[A]		[Nm]	
	CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW		CW	CCW	CW	CCW	CW	CCW
04R	89	96	19.3	20.4	8.5	8.5	04R	91	91	19.6	20.4	10.1	11.2
05R	93	98	19.7	21.1	9.0	8.7	05R	99	100	19.9	21.1	9.6	11.9
06R	93	97	20.0	20.5	8.0	7.6	06R	93	98	19.5	19.4	8.6	8.9
04L	95	96	21.1	20.4	8.3	8.7	04L	93	93	20.3	20.1	7.8	8.4
05L	96	96	20.3	20.3	8.1	8.3	05L	93	93	20.5	20.8	8.7	9.4
06L	95	92	20.1	20.1	8.3	8.7	06L	91	92	20.3	20.4	9.8	8.9

4.2.6.4 Prueba de ruido objetivo después de durabilidad

Los resultados de la Prueba de ruido objetivo después de durabilidad son **positivos**, todos los motores cumplen con los valores estipulados en la especificación del cliente, lo cual representa que el nivel de ruido audible del motor será aceptable para el usuario final. Ver tabla 59.

Tabla 59 Prueba de Ruido Objetivo después de Durabilidad [Spec: 3.5 Nm < 60 dB(A)]																	
Temperatura ambiente +23°C						Baja temperatura -40°C						Alta temperatura +80°C					
Drive ID	< 60 dB(A)		Drive ID	< 60 dB(A)		Drive ID	< 60 dB(A)		Drive ID	< 60 dB(A)		Drive ID	< 60 dB(A)		Drive ID	< 60 dB(A)	
	CW	CCW		CW	CCW		CW	CCW		CW	CCW		CW	CCW		CW	CCW
04R	44.5	48.7	04L	43.9	45.7	04R	48.4	44.7	04L	47.9	45.6	04R	44.7	48.1	04L	46.0	43.0
05R	49.1	46.8	05L	45.6	50.0	05R	57.0	43.8	05L	47.1	47.3	05R	45.4	46.5	05L	47.4	42.9
06R	50.7	43.9	06L	49.7	42.3	06R	45.3	44.8	06L	47.6	49.0	06R	41.7	45.5	06L	48.5	42.1

4.2.7 Operación continua del motor

Antes de realizar la prueba el motor se almacena n tiempo t_A a las tres temperaturas indicadas T_{RT} , T_L y T_H

Al motor se le aplicó un voltaje U_P (medido en las terminales del motor en bloqueo), con una resistencia en línea R_P , por t_s segundos al final de cada recorrido en el rango de temperaturas de T_L a T_H . El interruptor térmico debe tener un funcionamiento adecuado en el rango normal de voltaje de operación del vehículo U_{PR} . Un ciclo está definido como x revoluciones de piñón en dirección hacia arriba, t_s segundos de bloqueo con voltaje aplicado y una desaceleración t_{dar} y después x revoluciones de piñón en dirección hacia abajo t_s segundos de bloqueo con voltaje aplicado y una desaceleración de t_{dab} .

Véase tabla 60 para ver características de la prueba.

TABLA 60 Operación Continua del Motor

Revoluciones de piñón	X	4.5	Rev.			
Desaceleración en la dirección arriba	t_{dar}		ms	80	120	
Desaceleración en la dirección abajo	t_{dab}		ms	60	100	
Tiempo de almacenaje	t_A		hrs		4	
Resistencia en línea	R_P	0	Ω			
Temperatura ambiente	T_{RT}	23	°C	3		
Temperatura baja	T_L	-40	°C	3		
Temperatura alta	T_H	+85	°C	3		
Voltaje de prueba	U_P	13	V	0.2		
Tiempo de bloqueo con voltaje aplicado	t_s	0.5	S			
Rango del voltaje de prueba	U_{PR}		V		9	16

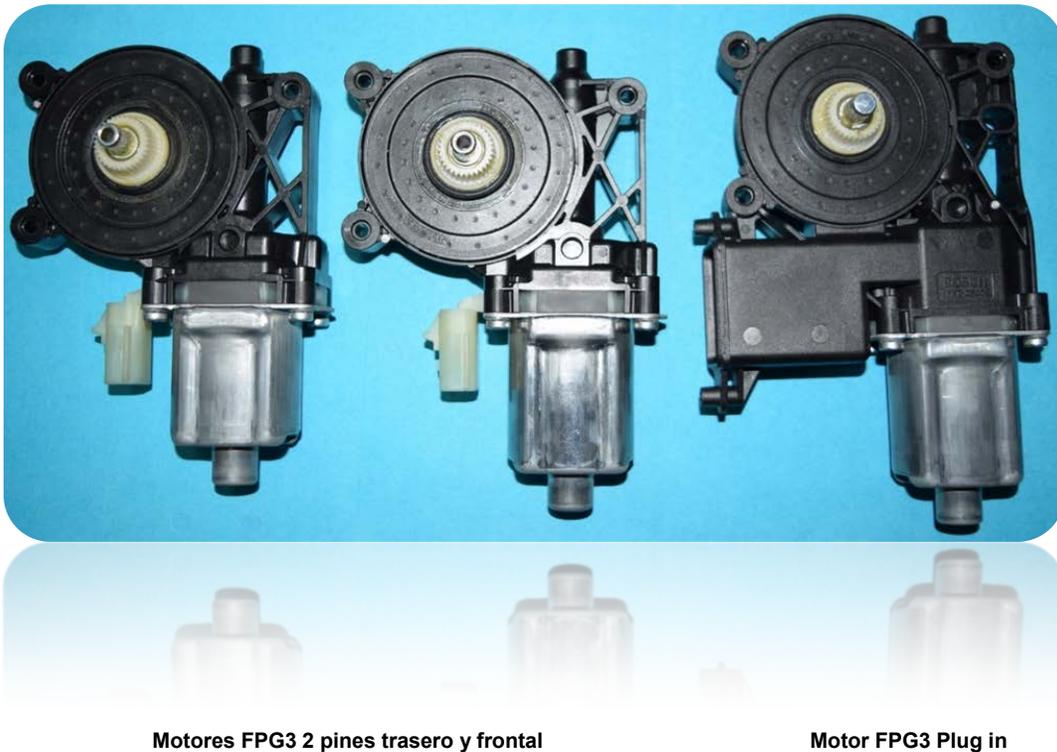
4.3.- ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS TÉCNICOS

Los beneficios técnicos obtenidos del desarrollo del motor levanta cristales FPG3 son diversos; entre ellos destacan la reducción de volumen y masa no sólo del motor; sino a su vez la de todo el sistema, ya que, al emplear materiales más ligeros se elimina la necesidad de componentes adicionales para soportar el sistema levanta cristales, se obtiene una mejor distribución de los espacios empleados en la puerta, ayudando a optimizar el diseño.

Otro de los beneficios más destacables de la caracterización del sistema, es; que no es necesaria la utilización de estaciones o líneas adicionales al proceso actual de manufactura, lo que implica una inversión mínima para iniciar con su manufactura en serie.

CONCLUSIONES

El desarrollo del Motor Levanta Cristales generación **FPG3** permitió replantear el problema que hace unos años se veía complicado resolver, ya que los primeros motores levanta cristales imperaban y se caracterizaban por ser robustos, pesados y con funciones muy limitadas.



Motores FPG3 2 pines trasero y frontal

Motor FPG3 Plug in

Figura 4.8 Presentación de producto final

Hoy en día al concluir con el proceso de validación del producto, realizar todas las pruebas requeridas y obtener de datos que aseguran el buen funcionamiento del Motor Levanta Cristales FPG3 durante toda la vida útil estimada del vehículo, se ha generado un producto con características muy superiores a los modelos anteriores. Entre los factores más importantes se encuentran:

-
- Reducción significativa de peso y dimensiones
 - Alta compatibilidad e integración a nuevos sistemas
 - Bajo costo de inversión para su producción
 - Estricto cumplimiento de los más altos estándares de calidad y de las exigencias del mercado de la industria automotriz

Los motores Levanta Cristales FPG3 son probados en las condiciones más severas que podrían presentarse durante su ciclo de funcionamiento, con temperaturas desde -40°C hasta los +85°C y humedad relativa de 90%; además, sus propiedades acústicas, son estrictamente medidas para proporcionar la menor perturbación auditiva al usuario final.

Actualmente el Grupo Bosch cuenta con el 38% del mercado de Motores Levanta Cristales en Norte América, y suministra el 90% de los requerimientos de la planta automotriz General Motors, en menor proporción abastece a Ford y a Chrysler.

Entre los beneficios más significativos que el Motor Levanta Cristales FPG3 proporciona a los clientes se encuentran los siguientes:

- Reducción de masa total del vehículo incrementando la eficiencia y reduciendo las emisiones de partículas contaminantes como CO₂.
- No hay impacto económico, debido a que se utilizara el 90% de la capacidad instalada para FPG2; y de esta manera el precio del motor no se verá afectado.
- Producto con alto valor agregado al integrar nuevas tecnologías, obteniendo mejores resultados y la más alta calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Águeda Casado, Eduardo, et al. Fundamentos Tecnológicos del automóvil. Ed. Thompson Paraninfo. 2004. 304 páginas. ISBN 84-9732-084-0.
- Bosch, Robert. Automotive Handbook. Robert Bosch GmbH. 2007. 7a. ed. 1192 páginas. ISBN 978-0837615400.
- Cascajosa, Manuel. Ingeniería de Vehículos: Sistemas y Cálculos. Ed. TEBAR. 2007. 3ª. Ed. 558 páginas. ISBN 9788473602587.
- Duffy, James E. Modern Automotive Technology. Goodheart-Willcox Co., 2008. 7a. ed. 1613 páginas. ISBN 978- 1590709566.
- Erjavec, Jack. Automotive Technology: A Systems Approach. Delmar Cengage Learning., 2009. 5a. ed. 1648 páginas. ISBN 978-1428311497.