



**Diseño de sistema automatizado para soldadura de espárragos en estribos del vehículo,
para la empresa Renault - Sofasa**

Jorge Mario Sánchez Vélez

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesor

Junes Abdul Villarraga Ossa, Doctor (PhD) en ingeniería mecánica

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica
Medellín, Antioquia, Colombia
2021

Cita	(Sánchez Vélez, 2021)
Referencia	Sánchez Vélez, J. M. (2021). <i>Diseño de sistema automatizado para soldadura de espárragos en estribos del vehículo, para la empresa Renault - Sofasa</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedicado a mis padres Beatriz Elena y Carlos Mario, mi hermano Juan Pablo y mi novia Deisy, quienes fueron mi apoyo incondicional durante la carrera. También para mis familiares, allegados y amigos, que estuvieron presentes en muchos momentos importantes para mi formación como ingeniero y como persona.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres por su esfuerzo y apoyo incondicional al brindarme la oportunidad de tener una educación de calidad, por infundirme siempre valores y principios los cuales me han hecho una mejor persona; a pesar de que el camino no ha sido fácil me siento orgullo de poderles demostrar que todo su esfuerzo ha dado sus frutos.

A mi novia que me ha acompañado durante todo este largo proceso y siempre me ha brindado su apoyo en los momentos buenos y malos, enseñándome a ser más fuerte y resiliente frente a las adversidades.

Al Grupo de Diseño Mecánico en especial a los profesores Carlos, Junes, Liliana y Diosa por ayudarme a ser una persona más disciplinada, responsable y enseñarme a creer más en mis capacidades, agradezco también por compartir conmigo sus conocimientos y permitirme disfrutar buenos momentos a su lado.

A mis compañeros María Isabel y Víctor por los momentos compartidos y proyectos que realizamos juntos, en los cuales me compartieron sus conocimientos y valores.

A la Universidad de Antioquia, la facultad de Ingeniería y a todos los profesores que me formaron en esta hermosa profesión como Ingeniero Mecánico; llevare con orgullo siempre al Alma Mater en mi corazón.

A la empresa Renault – Sofasa por brindarme la oportunidad de realizar mis practicas académicas y brindarme bases para la vida laboral.

A mis compañeros de carrera y en general a todas las personas que estuvieron a mi alrededor, pues también hicieron parte fundamental de mi formación.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Objetivos	12
1.1 Objetivo general	12
1.2 Objetivos específicos.....	12
2 Marco teórico	13
2.1 Soldadura de espárragos.....	13
2.2 Soldadura por arco eléctrico.....	15
3 Metodología	17
3.1 Descripción del problema.....	17
3.1.1 Análisis 4M	22
3.2 Diseño conceptual	22
3.2.1 Especificaciones para el diseño	23
3.2.2 Planteamiento de alternativas de solución	24
3.2.2.1 Ventajas y desventajas de las alternativas.....	25
3.2.3 Evaluación de alternativas	27
3.2.3.1 Criterios de evaluación.....	27
4 Resultados	30
4.1 Consideraciones adicionales	30
4.1.1 Espacio disponible para adaptar la sujeción	30
4.1.2 Precisión del sistema de desplazamiento actual:	30
4.1.3 Geometría del estribo:.....	31
4.1.4 Variación de la posición del esparrago según el modelo:.....	32

4.1.5 Distancias variables entre espárragos:	32
4.1.6 La posición de la cabina es repetible para cada modelo:	33
4.1.7 Fijación de pistola al sistema automatizado:	34
4.1.8 Señal de activación:	35
4.1.9 Recursos disponibles:.....	36
4.2 Diseño en detalle	36
4.2.1 Propuestas de diseño	36
4.2.2 Modelado 3D	37
4.2.2.1 Modelado de propuesta definitiva	39
4.2.2.1.1 Subensamble base:	39
4.2.2.1.2 Subensamble movimiento lateral:	40
4.2.2.1.3 Subensamble movimiento vertical:	40
4.2.2.1.4 Ensamble definitivo:	41
5 Conclusiones	43
Referencias	44

Lista de tablas

Tabla 1 Definición de requerimientos y deseos	23
Tabla 2 Ventajas y desventajas alternativa 1.....	26
Tabla 3 Ventajas y desventajas alternativa 2.....	26
Tabla 4 Ventajas y desventajas alternativa 3.....	27
Tabla 5 Evaluación de alternativas.....	27
Tabla 6 Análisis ponderado de las alternativas	28

Lista de figuras

Figura 1	Secuencia de soldadura de espárragos y variación de sus parámetros	13
Figura 2	Tipos de espárragos para soldar.....	14
Figura 3	Defectos más críticos del área de soldadura para el mes de Abril.....	18
Figura 4	Seguimiento mensual de los defectos por espárragos.....	18
Figura 5	Problemas por espárragos clasificados por zonas del vehículo	19
Figura 6	Modelos fabricados en la empresa.....	20
Figura 7	Falta de adherencia en espárragos	21
Figura 8	Causas de los problemas de espárragos.....	21
Figura 9	Brazo robótico con cabezal de soldadura	24
Figura 10	Adaptación de pistola a sistema lineal.....	24
Figura 11	Modificación a silla	25
Figura 12	Análisis ergonómico	29
Figura 13	Espacio disponible para la adaptación.....	30
Figura 14	Tolerancia para el sistema de desplazamiento lineal.....	31
Figura 15	Geometría del estribo.....	32
Figura 16	Variación de la posición del esparrago	32
Figura 17	Distancias variables entre esparragos	33
Figura 18	Posicionamiento de la cabina por pilotos	33
Figura 19	Sistema de memoria del Skid	34
Figura 20	Fijación de la pistola.....	35
Figura 21	Configuración eléctrica de la pistola	36
Figura 22	Alternativa de diseño 1	37
Figura 23	Alternativa de diseño 2	37

Figura 24 Modelo sistema de desplazamiento lineal	38
Figura 25 Modelo del Skid.....	38
Figura 26 Modelo de la pistola.....	39
Figura 27 Subensamble base	40
Figura 28 Subensamble movimiento lateral.....	40
Figura 29 Subensamble movimiento vertical.....	41
Figura 30 Diseño definitivo de la pistola	41
Figura 31 Diseño definitivo adaptado al sistema de desplazamiento lineal.....	42

Resumen

El proyecto nace a partir de un análisis de los indicadores de calidad del departamento de soldadura de la empresa Renault – Sofasa, donde se identificó que uno de los problemas más críticos es la falta de espárragos en los vehículos al momento del ensamble, teniendo esto en cuenta se realizó un análisis histórico para verificar como se ha comportado este defecto y se evidencia que ha sido constante a pesar de varias soluciones implementadas por la empresa, sin lograr una solución definitiva; profundizando en el análisis se revisaron las causas del posible problema, las cuales son falta de adherencia, desplazado y faltante.

Posteriormente se decidió sectorizar el indicador por zonas del vehículo y así plantear una solución para la zona del vehículo con mayor problema, según este análisis solo los estribos aportan más de la tercera parte de los problemas relacionados con espárragos, una vez identificado el problema se plantea como objetivo realizar el diseño de un sistema que ayude a disminuir los defectos por espárragos en los estribos proponiendo como solución tres alternativas, las cuales se evaluaron teniendo como criterios los requerimientos de la empresa.

Por último, se procede a diseñar detalladamente la alternativa seleccionada teniendo en cuenta los requerimientos y las consideraciones adicionales para esta aplicación, aprovechando también el sistema lineal con el que cuenta la empresa sin superar su capacidad.

Palabras clave: soldadura espárragos, estribos, vehículo, adaptación pistola, sistema automatizado, diseño

Abstract

The project starts from an analysis of the quality indicators of the welding department of the company Renault - Sofasa, in which it was identified that one of the most critical problems is the lack of studs in the vehicles at the moment of the assembly, taking this into account a historical analysis was made to verify how this defect has behaved and it is evident that it has been constant in spite of several solutions implemented by the company, without reaching a definitive solution; deepening in the analysis the causes of the possible problem were reviewed, which are lack of adherence, displaced and missing.

Subsequently, it was decided to sectorize the indicator by areas of the vehicle and thus propose a solution for the area of the vehicle with the greatest problem, according to this analysis, only the low sides contribute more than a third of the problems related to studs. Once the problem was identified, the objective was to design a system that would help reduce defects caused by studs in the low sides, proposing three alternatives for the solution, which were evaluated based on the company's requirements.

Finally, the selected alternative is designed in detail, taking into account the requirements and additional considerations for this application, also taking advantage of the linear system that the company has without exceeding its capacity.

Keywords: stud welding, low sidewall, vehicle, gun adaptation, automated system, design

Introducción

Con la automatización en la operación de soldadura de espárragos se busca principalmente reducir los defectos relacionados con la falta de estas fijaciones, el mal posicionamiento o la falta de adherencia debido a un mal posicionamiento de la pistola o distracciones por parte del operario, por esta razón se diseñó un sistema automatizado que ayudará a disminuir este tipo de defectos en la zona del estribo, la cual está ubicada en la parte inferior de las puertas, esta dificulta ergonómicamente la posición del operario al momento de hacer la acción con la pistola de espárragos.

De esta forma también ayudará a mejorar la productividad de la planta de soldadura, ya que el tiempo que utiliza el operario será aprovechado en otro puesto de trabajo que pueda estar superando el tiempo de producción de cada vehículo; además disminuirá costos de mano de obra y recuperaciones por mala calidad del elemento soldado.

Ya que un vehículo requiere 7 espárragos en cada uno de sus estribos y si alguno de ellos llegara a faltar no se podría hacer un adecuado ensamble de las piezas, lo que causaría un aumento del tiempo del ciclo de la línea de ensamble.

Finalmente, para el operario representaría una mejora ergonómica en su puesto de trabajo, reduciendo a futuro problemas musculares por malas posiciones y para la empresa significaría una disminución de los riesgos laborales.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Disminuir el número de defectos relacionados con los espárragos ubicados en los estribos del vehículo, para así mejorar la calidad del vehículo ensamblado, el tiempo y costo de recuperación.

1.2 Objetivos específicos

- Verificar la cantidad de defectos relacionados con espárragos en cada vehículo y así llevar un control de los puestos más críticos.
- Realizar un seguimiento de los defectos, clasificándolos por causa y puestos de trabajo.
- Analizar la documentación de los equipos de soldadura utilizados para los espárragos y así poder buscar alternativas para adaptarlas a un sistema automatizado.
- Analizar la ergonomía de los puestos de trabajo, donde se evidencie la generación de los defectos encontrados.

2 Marco teórico

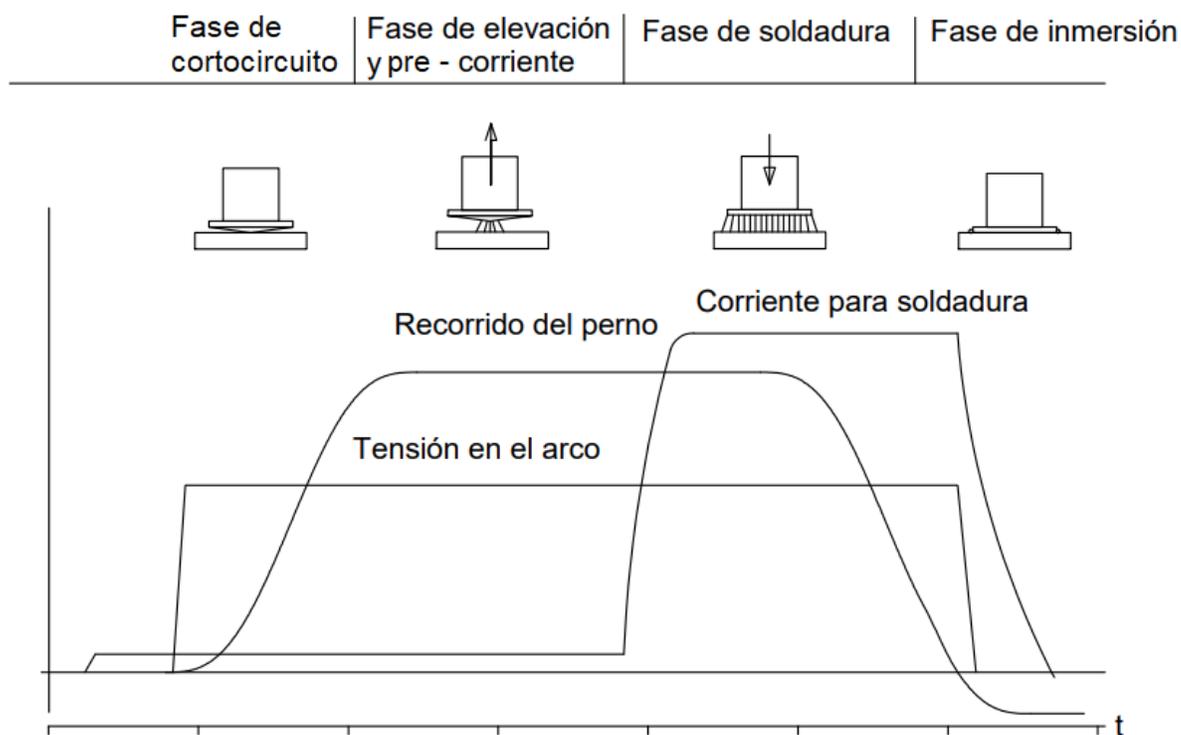
2.1 Soldadura de espárragos

En inglés stud welding, SW, es un proceso especializado de soldadura con arco eléctrico para unir pernos o componentes similares a partes básicas (...) En operaciones de alta producción, la soldadura de espárragos generalmente tiene ventajas sobre los remaches, las uniones soldadas con arco eléctrico en forma manual y las aberturas taladradas y roscadas. (Estévez Guerrero & Reyes Chacón, 2012)

El espárrago se sujeta en una pistola de soldadura especial, la cual está conectada a una unidad de control que regula automáticamente los parámetros tales como tiempo, desplazamiento, voltaje y corriente de los pasos mostrados en la secuencia, ver **Figura 1** . El trabajador sólo debe colocar la pistola en la posición correcta en contra de la parte de trabajo base, a la cual se unirá el espárrago y halar del gatillo.

Figura 1

Secuencia de soldadura de espárragos y variación de sus parámetros



En la actualidad los espárragos han obtenido relevancia en diferentes campos, como la industria automotriz, donde se usa para fijar accesorios, embellecedores, cableados y pequeñas piezas de la carrocería del vehículo. Un vehículo requiere para su ensamble aproximadamente entre 170 y 200 espárragos de diferentes tamaños que varían según su función y el modelo, ver **Figura 2**.

Figura 2

Tipos de espárragos para soldar



Los equipos de soldadura de espárragos son utilizados en toda la producción de vehículos a nivel mundial y están compuestos por componentes como:

- **Unidad de energía y control:** esta controla y regula todo el proceso de soldadura y alimentación, por medio del control de parámetros se mantiene un resultado de soldadura constante.
- **Unidad de alimentación:** Las unidades de alimentación se rellenan con espárragos a granel. Los espárragos son separados y se ponen a disposición de la herramienta de soldadura mediante un tubo de alimentación. Todo el proceso está controlado por la unidad de energía y control.

- **Herramientas de soldadura (cabezales y pistolas):** esta herramienta posee una tecnología de motor lineal se distinguen sobre todo por su precisión de posicionamiento. El accionamiento del motor lineal registra los movimientos mediante un sistema de medición de recorrido. De este modo se ajusta y regula el cumplimiento exacto de las alturas de elevación y profundidades de penetración en el charco fundido. (Stanley Engineered Fastening, 2021)

2.2 Soldadura por arco eléctrico

Una soldadura se produce cuando dos o más piezas separadas se combinan y forman una pieza, al ser calentadas a una temperatura lo suficientemente alta como para causar fusión y fluyen juntas. Se puede utilizar o no presión para unir las piezas. En algunos casos, la presión sola puede ser suficiente para forzar a que las piezas de material separadas se combinen y formen una sola. Cuando es necesario, se agrega material de aporte para formar una soldadura completa. (Jeffus, 2009)

La soldadura por arco eléctrico se basa en someter a dos conductores que están en contacto a una diferencia de potencial, por lo que termina estableciéndose una corriente de electrones, estos fluyen a través de un conductor del polo negativo (-) al positivo (+). La resistencia al flujo de electrones produce calor; cuanto mayor sea la resistencia, mayor será el calor. El aire tiene una alta resistencia al flujo de corriente. Como los electrones saltan atravesando el aire ionizado entre el extremo del electrodo y la pieza, se produce una gran cantidad de calor. Los electrones que fluyen a través del aire producen un arco eléctrico.

Los motivos principales por los que se utiliza este tipo de soldadura son:

- Genera una concentración de calor en una zona muy delimitada.
- Se alcanza temperaturas muy elevadas (>5.000 °C)
- Se puede establecer en atmósferas artificiales.
- Permite la posibilidad de establecer en forma visible (arco descubierto) o invisible (arco sumergido o encubierto).
- Permite la posibilidad de establecer de diversas formas, estableciendo diferentes métodos de soldeo según el caso (entre la pieza y un electrodo fusible, entre la pieza y un electrodo no

fusible, entre los electrodos fusibles o no fusibles, entre propias piezas a unir) (Fundamentos de la Soldadura por Arco Eléctrico)

3 Metodología

3.1 Descripción del problema

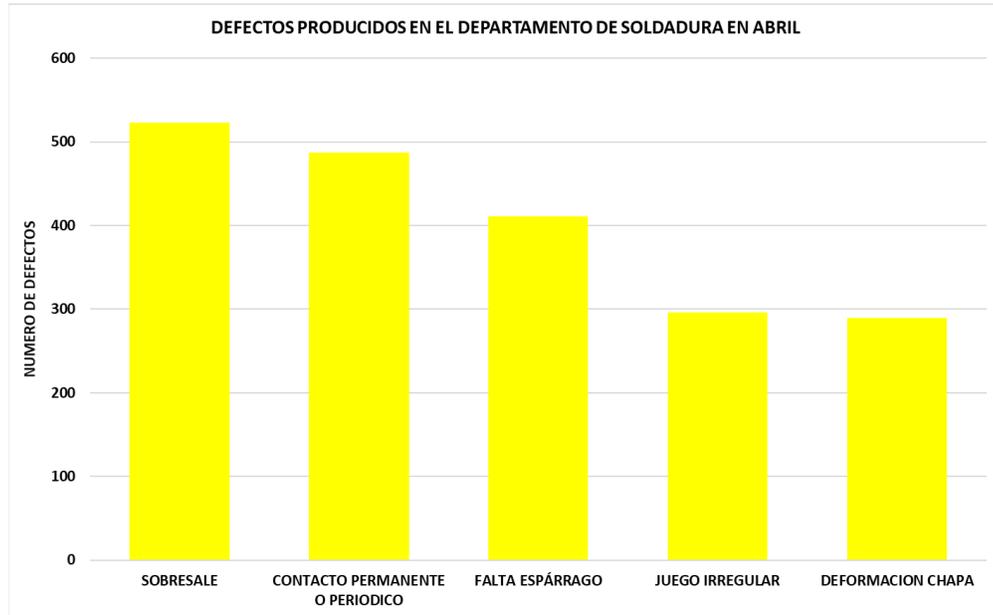
La empresa RENAULT-SOFASA está dedicada al ensamblado de vehículos automotores, “desde su fundación en 1970, SOFASA ha producido y comercializado más de 670.000 vehículos de las marcas Renault”. (Renault Colombia, 2017) La empresa está dividida principalmente en tres departamentos: soldadura, pintura y ensamble.

El departamento de soldadura se encarga de darle forma al vehículo, es allí donde se crea la estructura que soportara el vehículo, así como también sus partes; posteriormente la cabina totalmente armada pasa por el proceso de pintura y finalmente al área de ensamble, donde se le instalan sus componentes, los cuales se sujetan de agujeros, remaches o espárragos.

Actualmente en Renault - Sofasa se fabrican en promedio 200 vehículos diarios, haciendo un análisis de los indicadores de calidad del departamento de soldadura se observó que durante el mes de abril los problemas relacionados con espárragos ocuparon el tercer lugar en cantidad de incidentes, convirtiéndolo en uno de los problemas más crítico por su alto porcentaje con relación al total de defectos del departamento, ver **Figura 3**. El incidente no sólo afecta la calidad del departamento de soldadura sino en su mayor parte a la producción de vehículos ensamblados; ya que cuando se presenta este problema la línea de producción debe parar y recuperar estos defectos y así poder ensamblar la pieza con normalidad.

Figura 3

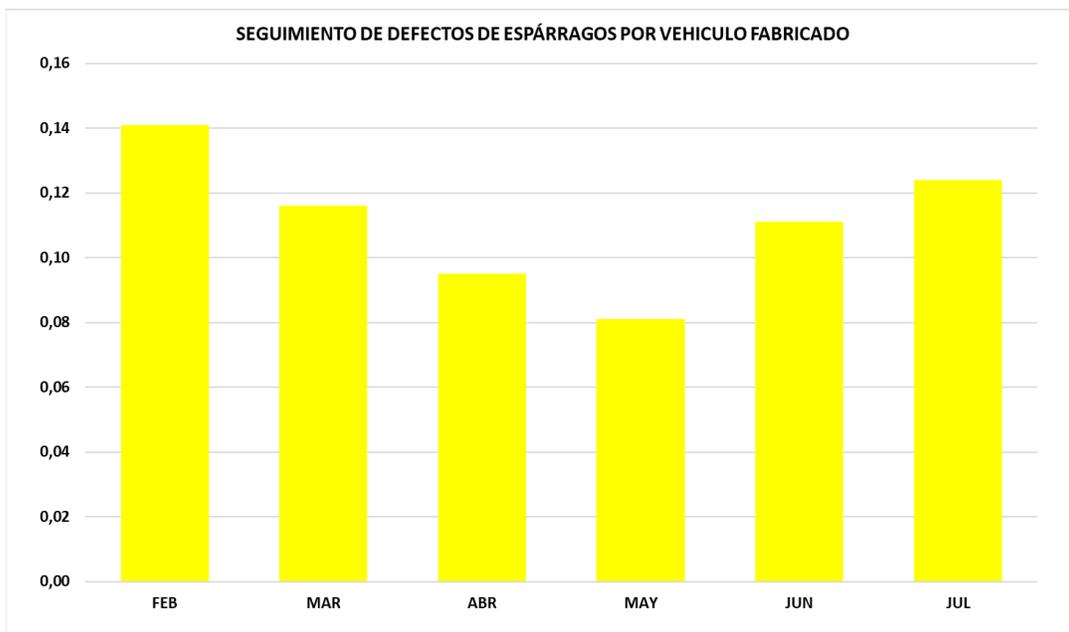
Defectos más críticos del área de soldadura para el mes de Abril



Se realizó un seguimiento del problema y se identificó que la trayectoria durante varios meses fue constante, a pesar de las soluciones implementadas no se logra una solución efectiva al problema; por lo tanto, en los siguientes meses tampoco se observó mejora, ver **Figura 4**.

Figura 4

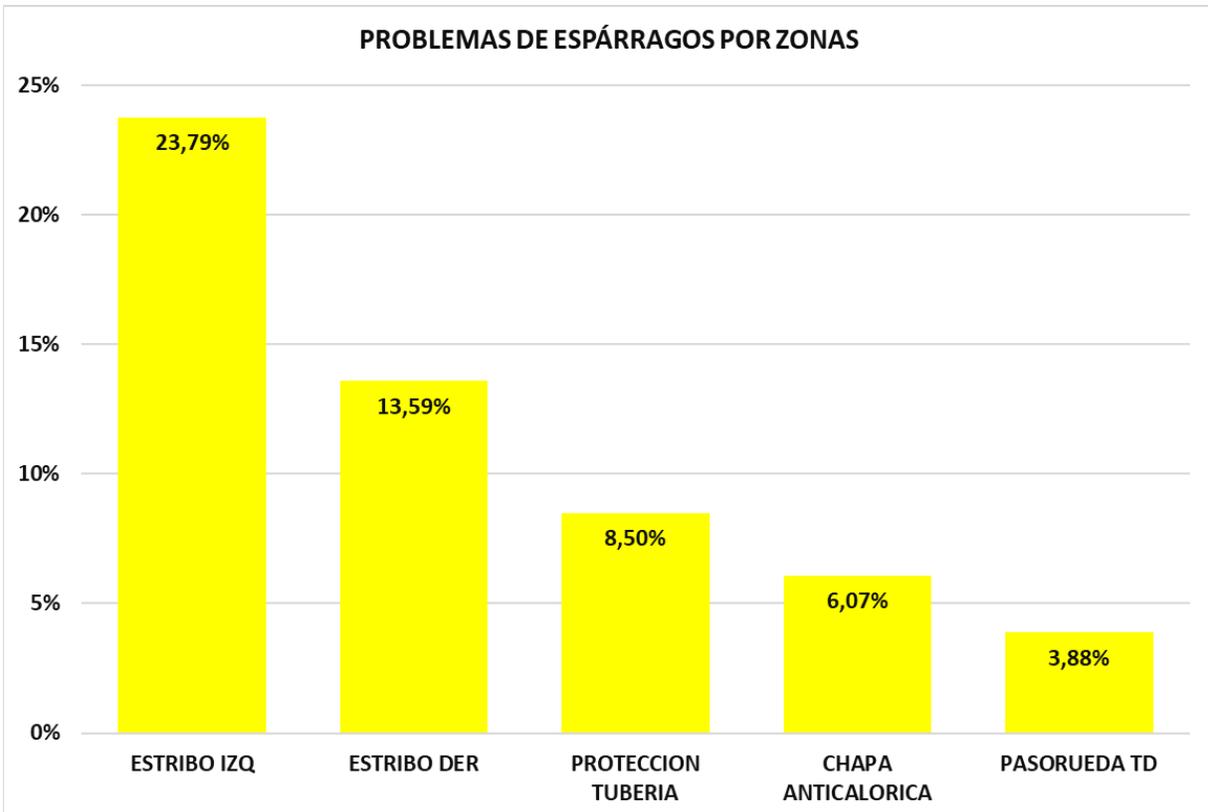
Seguimiento mensual de los defectos por espárragos



Se sectorizó el vehículo por zonas y se concluyó que la zona de los estribos es la que más influye en el indicador del defecto, al tener mayor número de defectos por vehículos fabricados, ver **Figura 5**

Figura 5

Problemas por espárragos clasificados por zonas del vehículo



Es importante tener en cuenta que los espárragos de los estribos solo están presentes en 4 de los 6 modelos que se fabrican en la planta, los modelos son el Sandero Stepway, Logan Cross, Duster 4x2 y 4x4, estos modelos llevan una pieza plástica embellecedora en el estribo, el estribo es la zona que une el lateral con el piso del vehículo bajo las puertas, ver **Figura 6**. Los 4 modelos equivalen aproximadamente el 60% de la producción mensual, lo que hace más relevante el problema, ya que no todos los vehículos tienen espárragos en los estribos y los estribos siguen siendo la zona con mayor afectación del total de defectos por espárragos.

Figura 6
Modelos fabricados en la empresa

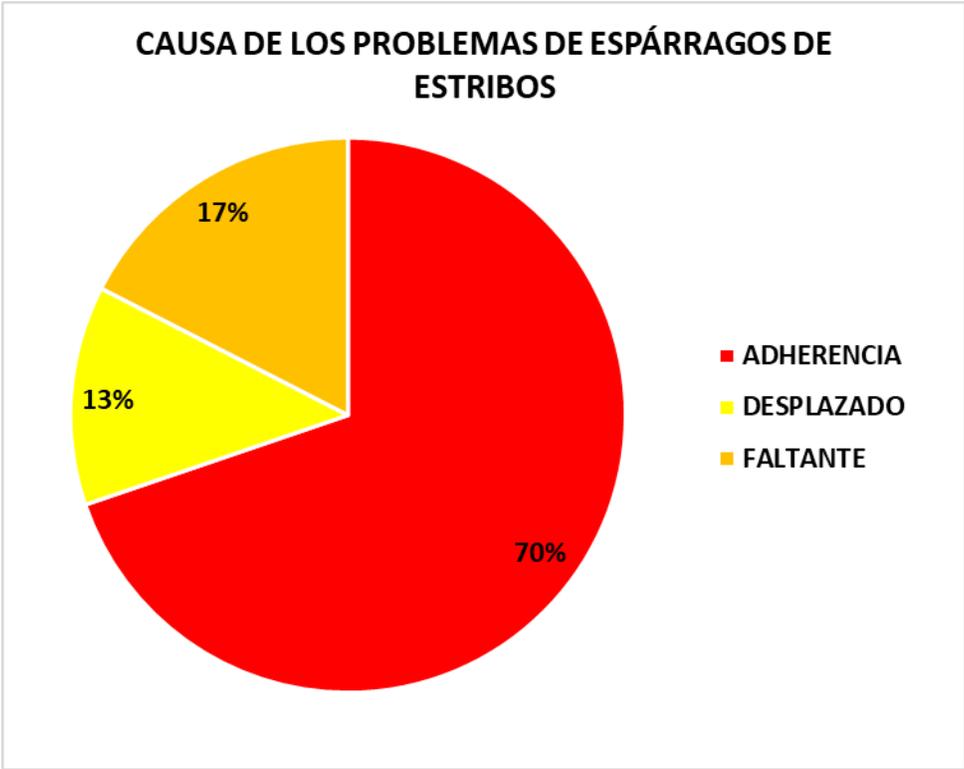
 <p>SANDERO 890 VEH</p>	 <p>SANDERO STEPWAY 1007 VEH</p>
 <p>LOGAN 1013 VEH</p>	 <p>LOGAN CROSS 316 VEH</p>
 <p>DUSTER 4x2 686 VEH</p>	 <p>DUSTER 4x4 548 VEH</p>

Por consiguiente, se clasificó el problema de los espárragos de estribos según el tipo de falla, las cuales son falta de adherencia que es cuando el esparrago no alcanza a ser bien soldado y se despega durante el ensamble al aplicar el torque requerido por la pieza, ver **Figura 7**, desplazado es cuando el esparrago se ubica en una posición diferente a la ubicación requerida para su función y por último, faltante es la ausencia del esparrago; con esta clasificación se identificó que la falta de adherencia es la principal falla que afecta la calidad de los espárragos en los estribos, ver **Figura 8**.

Figura 7
Falta de adherencia en espárragos



Figura 8
Causas de los problemas de espárragos



3.1.1 Análisis 4M

Antes de plantear las alternativas de solución, se realizó un análisis de desviaciones en el puesto de trabajo, clasificadas por mano de obra, método, maquina y material; para así poder enfocar las alternativas en estos problemas.

Desviaciones en la Mano de obra

- Posición de pistola no perpendicular
- Operarios retiran la pistola antes de finalizar la soldadura
- Alto ausentismo-Baja Polivalencia (los operarios remplazo no saben el estándar del puesto)
- Omisión del estándar

Desviaciones en el Método

- Sin plan de mantenimiento en las guías de posicionamiento de la pistola
- Falta formación en manejo de pistolas de espárragos
- Falta formación en equipos de soldadura de espárragos
- Falta formación en mantenimiento autónomo de equipos de soldadura de espárragos
- Falta formación en el correcto uso de consumibles (Boquillas)

Desviaciones en la Maquina

- Mal contacto de masa con cabina
- Mantenimiento de equipos con poca frecuencia (cada mes)
- Pistolas no tienen activada la angularidad (corrige la falta de perpendicularidad).
- Pistolas sin estado de referencia (se golpean en el piso)

Desviaciones en la Material

- Exceso de aceite en chapa (Ocasional)
- Piezas de forma llegan deformes (Ocasional)
- Piezas de forma llegan con oxido (Ocasional)

3.2 Diseño conceptual

En esta fase se estableció la necesidad que presenta el área de soldadura de la empresa Renault - Sofasa, la cual es la implementación o adaptación de un sistema que permita disminuir

la cantidad de defectos por vehículos relacionado a los espárragos en los estribos, impactando la ergonomía del operario y disminuyendo el tiempo de la operación.

3.2.1 Especificaciones para el diseño

Inicialmente se definieron los requerimientos y deseos para el diseño por parte de la empresa y del ingeniero diseñador, ver *Tabla 1*

Tabla 1

Definición de requerimientos y deseos

RENAULT - SOFASA	Producto: Sistema que permita disminuir la cantidad de defectos por vehículos relacionado a los espárragos en los estribos		
REQUERIMIENTOS INICIALES			
CONCEPTO	C/I	R/D	DESCRIPCIÓN
Costo	C	R	Medir costo y ajustarlo al presupuesto de mejoras
Ergonomía	I	R	Disminuir el esfuerzo del operario y/o las malas posiciones al momento de la aplicación de la soldadura
Espacio disponible	I	R	Definir un espacio adecuado y seguro, para la implementación del sistema
Modificaciones a la línea	C	R	No realizar modificaciones que puedan afectar el funcionamiento normal de la línea de producción
Normativa	C	R	Usar las normativas para movimientos y ajustes que usa la empresa
Materiales y componentes	C	D	Usar materiales que estén disponibles en el taller de la empresa y elementos comerciales que dispongan los proveedores
C: solicitud del cliente I: solicitud del ingeniero R: solicitud requerida D: solicitud deseada.			

3.2.2 Planteamiento de alternativas de solución

- **Alternativa 1:** Brazo robótico, con cabezal de soldadura, ver **Figura 9**

Figura 9

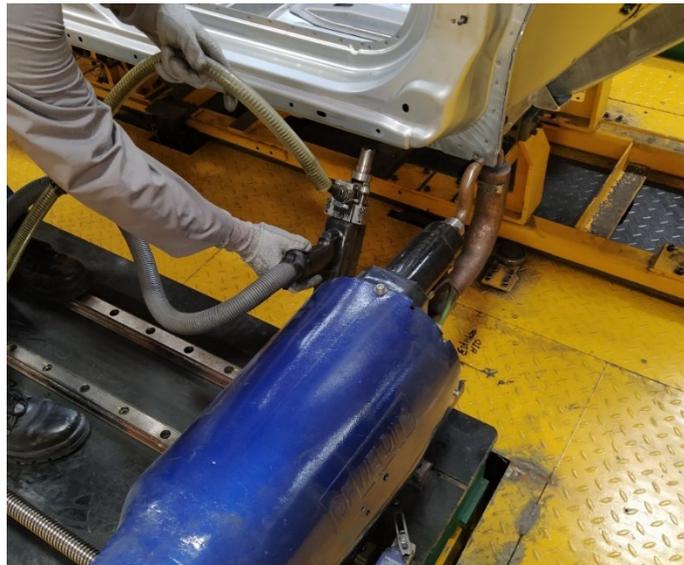
Brazo robótico con cabezal de soldadura



- **Alternativa 2:** Adaptación de pistola al sistema de desplazamiento lineal de las pinzas de estribo, ver **Figura 10**

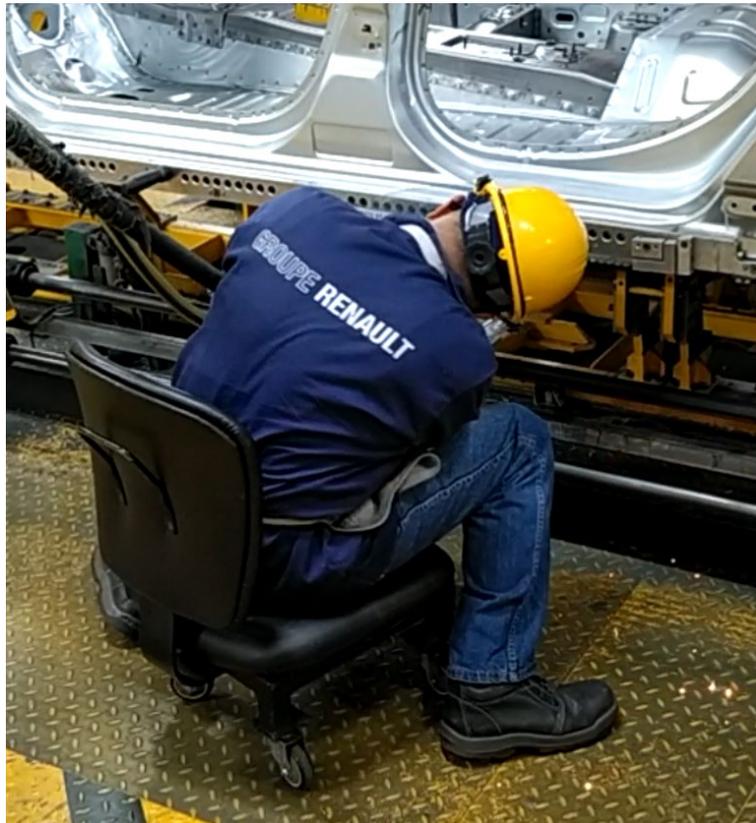
Figura 10

Adaptación de pistola a sistema lineal



- **Alternativa 3:** Modificación ergonómica a silla de ayuda del operario en el puesto actual, ver **Figura 11**

Figura 11
Modificación a silla



3.2.2.1 Ventajas y desventajas de las alternativas

Para realizar una mejor evaluación de las alternativas planteadas, se realizó para cada alternativa una lista de ventajas y desventajas, ver **Tabla 2**, **Tabla 3** y **Tabla 4**

Tabla 2*Ventajas y desventajas alternativa 1*

Alternativa 1: Brazo robótico, con cabezal de soldadura	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Alta precisión en la ubicación • Se elimina la operación poco ergonómica • No requiere personal operativo • Poco mantenimiento • Se dispone de un brazo robótico en la empresa • El cabezal tiene sensores que alertan fallas 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado de adaptación • Requiere programación • Requiere capacitación avanzada • Se necesita gran espacio para instalación • No debe estar cerca al personal operativo • Puesta a punto compleja

Tabla 3*Ventajas y desventajas alternativa 2*

Alternativa 2: Adaptación de pistola al sistema de desplazamiento lineal de las pinzas de estribo	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo de adaptación • Se elimina la operación poco ergonómica • No requiere personal operativo • Se dispone de sistema de desplazamiento lineal en funcionamiento y pistolas de soldadura • Requiere poca programación • No requiere modificaciones estructurales • Buena precisión en la ubicación • Se dispone de materiales en la empresa para la adaptación • Se puede realizar en el taller de la empresa • La pistola se puede modificar para activar remotamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Puesta a punto compleja • No debe estar cerca al personal operativo • Requiere mantenimiento periódico • La pistola no tiene sensores que alertan fallas

Tabla 4*Ventajas y desventajas alternativa 3*

Alternativa 3: Modificación ergonómica a silla de ayuda del operario en el puesto actual	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo de adaptación • Poco mantenimiento • Se dispone de materiales en la empresa para la adaptación • Fácil fabricación • Se puede realizar en el taller de la empresa • No requiere modificaciones estructurales 	<ul style="list-style-type: none"> • No se elimina la operación poco ergonómica • Hay riesgo de manipulación y/o operación • Se requiere de una guía para ubicar los espárragos

3.2.3 Evaluación de alternativas

Se realizó una evaluación de las alternativas propuestas, utilizando como criterios los requerimientos planteados por la empresa y el ingeniero diseñador, ver **Tabla 5**

3.2.3.1 Criterios de evaluación

- Costo
- Ergonomía
- Espacio disponible
- Modificaciones a la línea
- Normativa
- Materiales y componentes

Tabla 5*Evaluación de alternativas*

CRITERIO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Costo	1	3	5
Ergonomía	5	5	1
Espacio disponible	1	5	5
Modificaciones a la línea	1	5	5
Normativa	5	5	3
Materiales y componentes	2	5	5
CALIFICACIÓN (5) Excelente (4) Bueno (3) Aceptable (2) Regular (1) Malo			

Con el fin de obtener un análisis más completo y una mejor elección entre las alternativas que se presentan, se toma como herramienta la matriz de criterios ponderados, la cual define los pesos de los criterios para la toma de decisión, estos pesos se definieron en conjunto con la empresa.

Se compararon las alternativas con su respectiva evaluación según los requerimientos y así se determinó la mejor alternativa, la cual fue la alternativa 2, ver **Tabla 6**

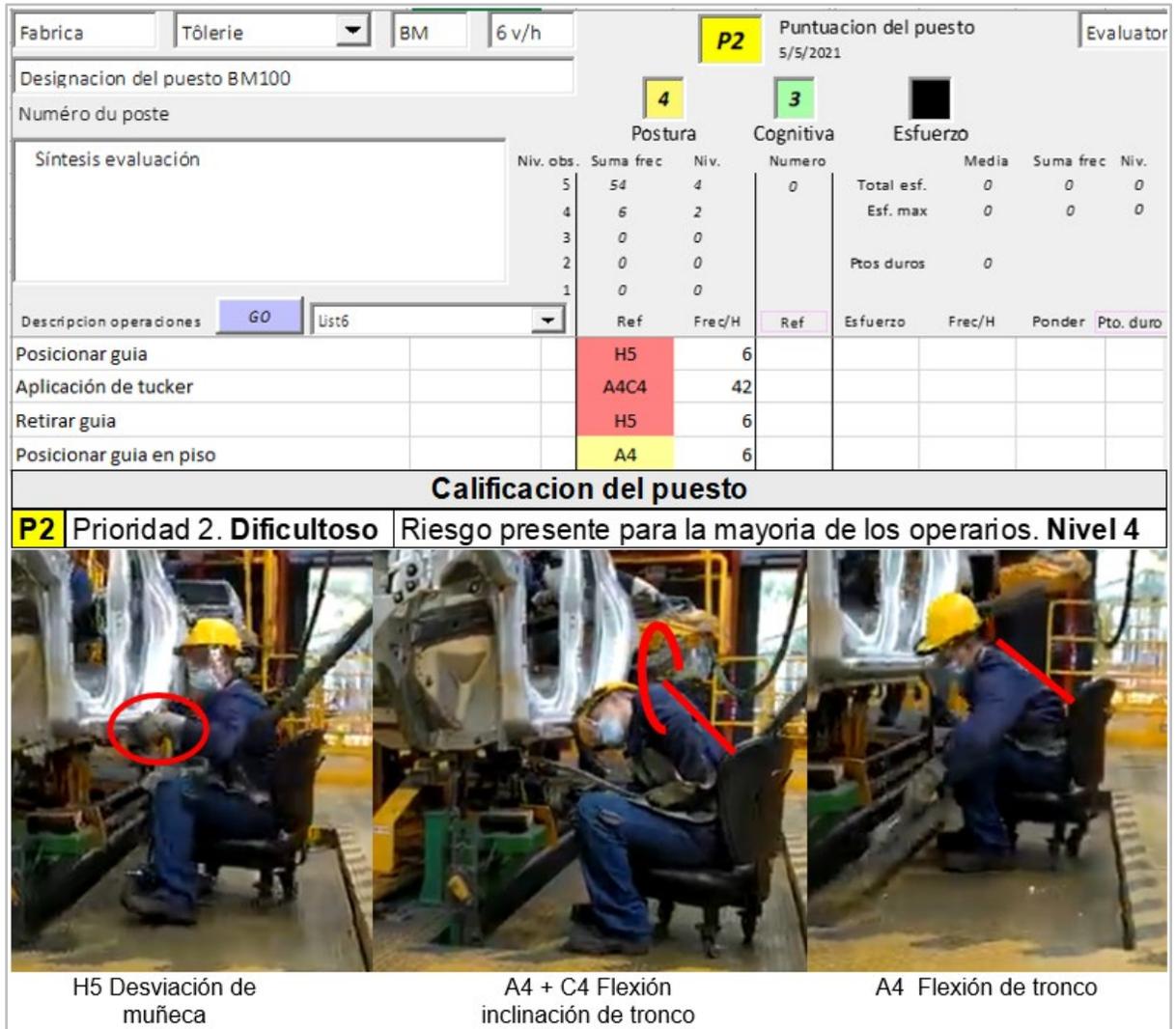
Tabla 6

Análisis ponderado de las alternativas

Valor de criterio (%)	Criterio/Alternativa	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		C	P	C	P	C	P
20	Costo	1	0,2	3	0,6	5	1
15	Ergonomía	5	0,75	5	0,75	1	0,15
20	Espacio disponible	1	0,2	5	1	5	1
25	Modificaciones a la línea	1	0,25	5	1,25	5	1,25
10	Normativa	5	0,5	5	0,5	3	0,3
10	Materiales y componentes	2	0,2	5	0,5	5	0,5
Calificación Total		2,1		4,6		4,2	
(C) Calificación (P) Calificación ponderada = (Valor del criterio*C)/100							

A pesar del alto resultado obtenido por la alternativa 3 con respecto a la alternativa 2 se descarta con la ayuda de un análisis de la ergonomía del puesto, realizado con el ergónomo de Sura, el cual presta este servicio a la empresa Sofasa. Se evidencia en el análisis que el puesto de trabajo no solo se afecta por la posición de la silla sino también por la manipulación de cargas que no se asistirían modificando la silla, ver **Figura 12**

Figura 12
Análisis ergonómico



4 Resultados

4.1 Consideraciones adicionales

Adicionalmente a los requerimientos para la alternativa seleccionada, se debieron tener en cuenta varios factores para el diseño, tales como:

4.1.1 Espacio disponible para adaptar la sujeción: se verifico la capacidad de carga del sistema de desplazamiento lineal utilizado por la pinza de electro punto, esta pinza es la encargada de soldar los estribos al piso del vehículo. El análisis fue favorable en cuanto a la capacidad de carga y se dispone de un área de 8cm x 10cm para la adaptación, ver **Figura 13**

Figura 13

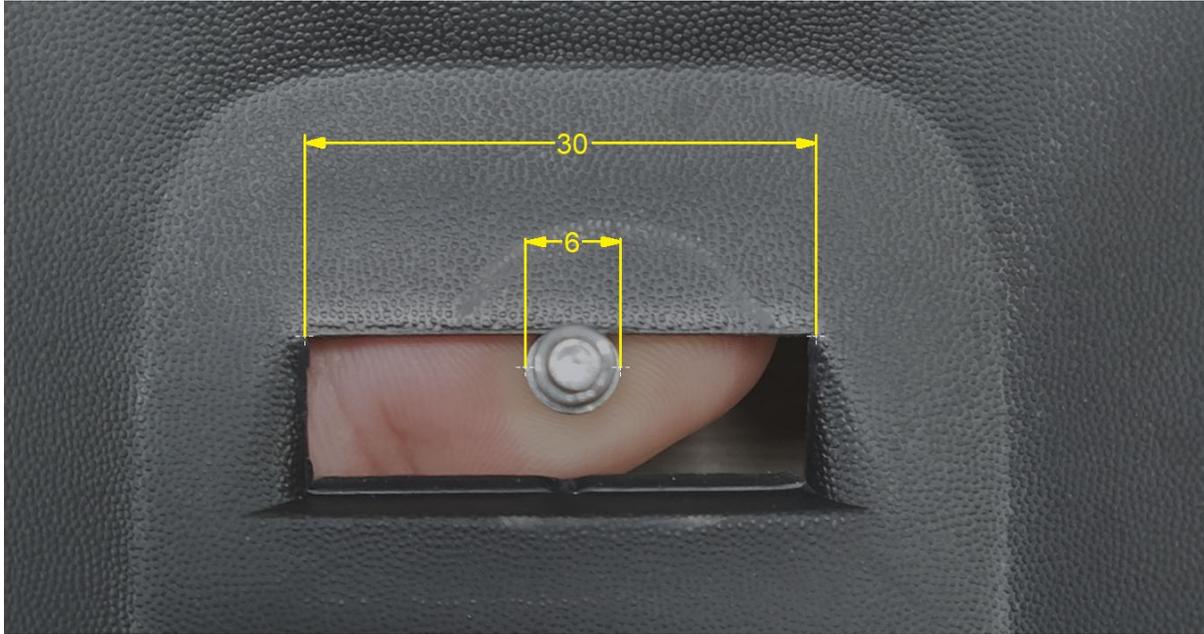
Espacio disponible para la adaptación



4.1.2 Precisión del sistema de desplazamiento actual: el sistema de desplazamiento que mueve la pinza es accionado por medio de un tornillo de potencia con un paso de 6mm, el cual tiene un sistema de posicionamiento por conteo de giros, así que su resolución es de 6mm lineales. Para la aplicación se cuenta con un rango de posicionamiento de 30mm que es 5 veces mayor al diámetro

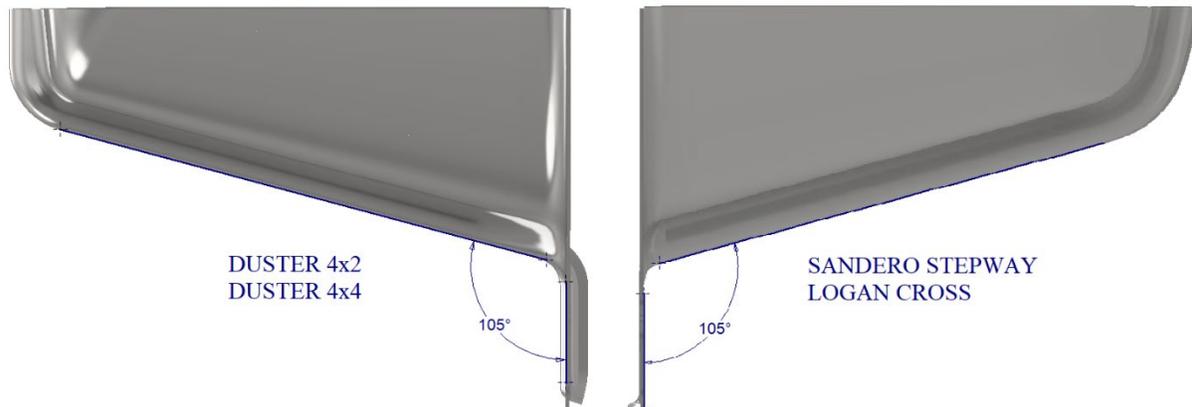
de la base del espárrago la cual es de 6mm, ver **Figura 14**, por lo que la precisión que da el tornillo es la adecuada para la aplicación de espárragos.

Figura 14
Tolerancia para el sistema de desplazamiento lineal



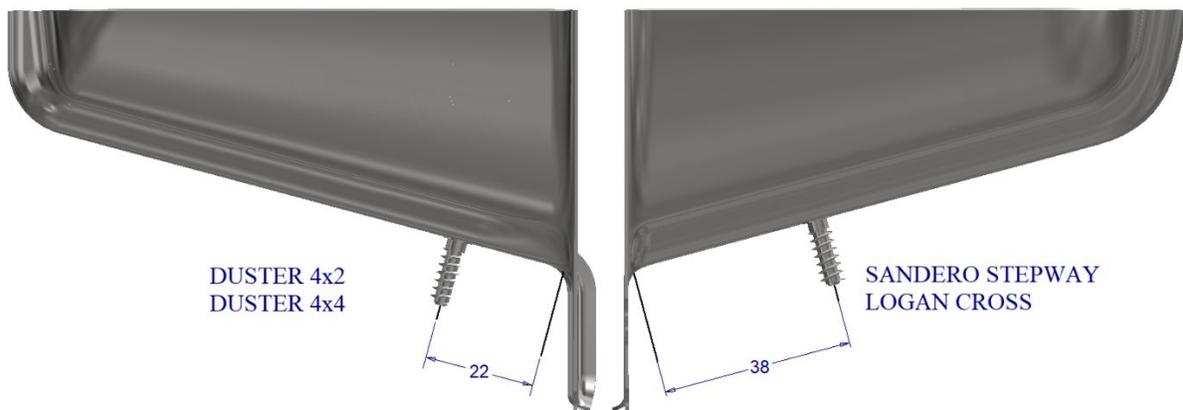
4.1.3 Geometría del estribo: se validó con el área de geometría 3D de la empresa la geometría de la ubicación donde se sueldan los espárragos y se encontró que para todos los modelos el ángulo de inclinación es de 15 grados con respecto a un plano horizontal o 105 grados con respecto a la zona vertical del estribo, ver **Figura 15**

Figura 15
Geometría del estribo



4.1.4 Variación de la posición del espárrago según el modelo: con la ayuda de los modelos 3D de los vehículos se halló que hay 2 posiciones diferentes para la ubicación de los espárragos; para el Sandero Stepway y el Logan Cross la posición del espárrago es más hacia el exterior del vehículo en comparación con ambos modelos de Duster; sin embargo, para todos los modelos los espárragos conservan la alineación a lo largo del vehículo, ver **Figura 16**

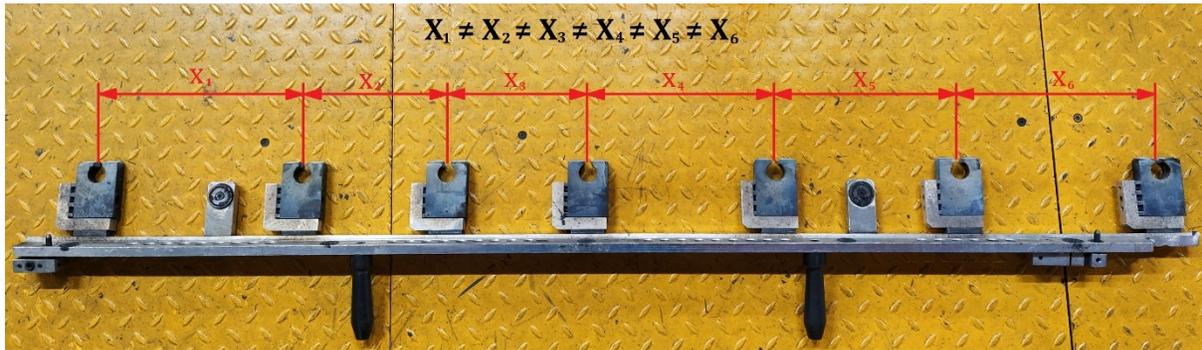
Figura 16
Variación de la posición del espárrago



4.1.5 Distancias variables entre espárragos: se validó en los diferentes vehículos que la distancia entre los 7 espárragos que se sueldan no es uniforme, además varía para los diferentes modelos; Sandero Stepway, Logan Cross y Duster, ver **Figura 17**

Figura 17

Distancias variables entre espárragos



4.1.6 La posición de la cabina es repetible para cada modelo: el espacio de trabajo donde se evaluó la adaptación de la soldadura de espárragos esta después de la isla robotizada mas importante de la empresa, por lo que el Skid donde va la cabina es demasiado preciso y cuando llega al puesto de trabajo se fija pilotos en cada esquina para evitar el desplazamiento de la cabina durante la operación de soldadura; un Skid es el elemento que se encarga de sostener la cabina mientras esta avanza por los diferentes puestos de trabajos, ver **Figura 18**. También el Skid posee un sistema de memoria donde le indica al sistema automatizado el modelo de vehículo que lleva, para así definir la posición de los puntos de soldadura y los espárragos, Ver **Figura 19**

Figura 18

Posicionamiento de la cabina por pilotos



Figura 19
Sistema de memoria del Skid



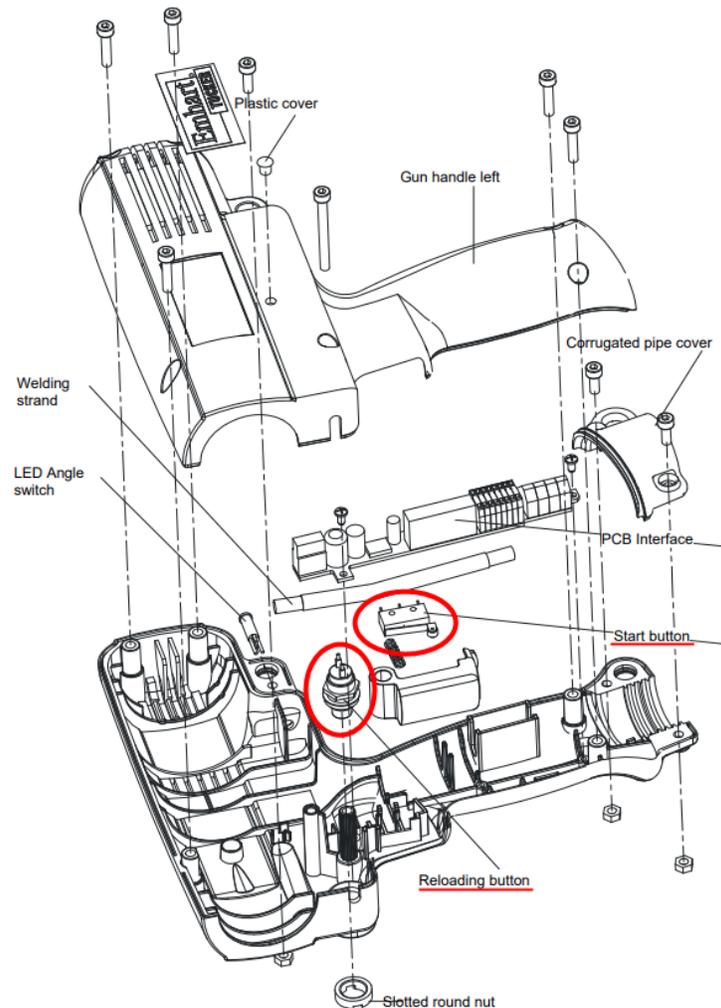
4.1.7 Fijación de pistola al sistema automatizado: se dimensionó la pistola requerida para la aplicación, teniendo en cuenta los puntos de fijación que usa el soporte original para adaptarla al nuevo sistema, ver **Figura 20**

Figura 20
Fijación de la pistola



4.1.8 Señal de activación: la pistola originalmente es accionada por 2 botones, uno es el botón de inicio o gatillo para fijar el esparrago y el segundo es un botón de recarga para desplazar el siguiente esparrago, estos 2 botones están compuestos por pulsadores eléctricos ver **Figura 21**, los cuales envían una señal electrónica al sistema de control, los pulsadores se reemplazarán por un par de relays que serán controlados desde el PLC del sistema.

Figura 21
Configuración eléctrica de la pistola



4.1.9 Recursos disponibles: la empresa tiene disponibilidad de una red de aire comprimido con hasta 90 psi de presión y una red eléctrica trifásica con 440 V

4.2 Diseño en detalle

4.2.1 Propuestas de diseño

Teniendo en cuenta los requerimiento y consideraciones de la empresa, se presentaron tanto al asesor interno como externo diferentes alternativas de diseño para la adaptación automatizada de la pistola de esparrago y así contar con su asesoría, ver **Figura 22** y **Figura 23**. Finalmente se

optó por un diseño donde se mejorará la robustez del soporte y disminuir las partes móviles, para así aumentar la fiabilidad y aprovechar los recursos materiales con los que cuenta la empresa.

Figura 22
Alternativa de diseño 1

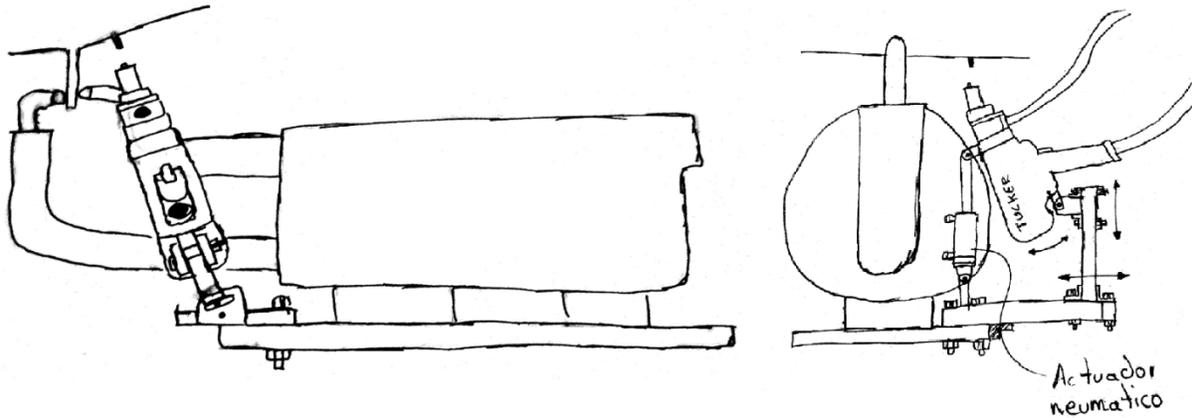
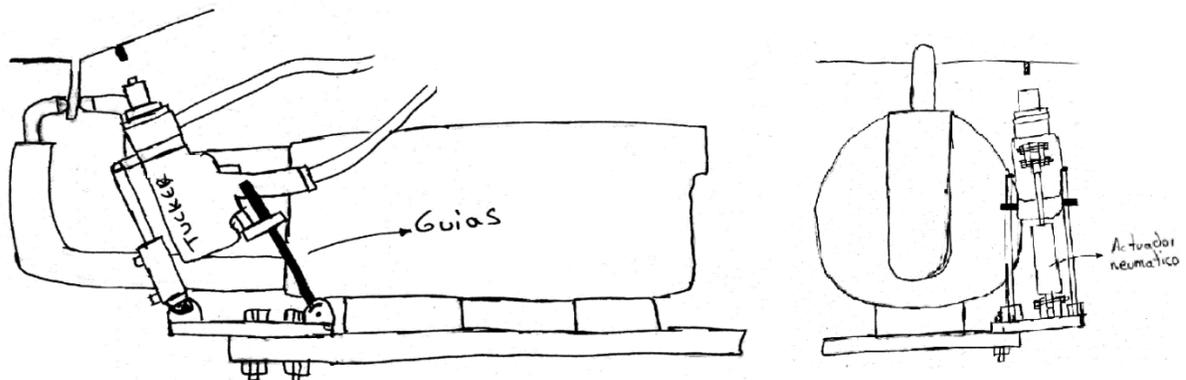


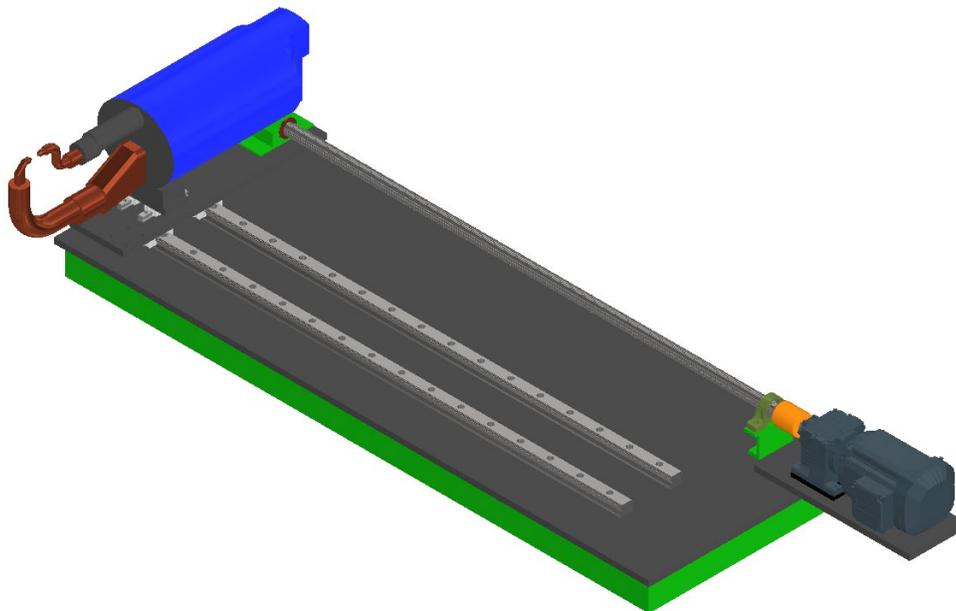
Figura 23
Alternativa de diseño 2



4.2.2 Modelado 3D

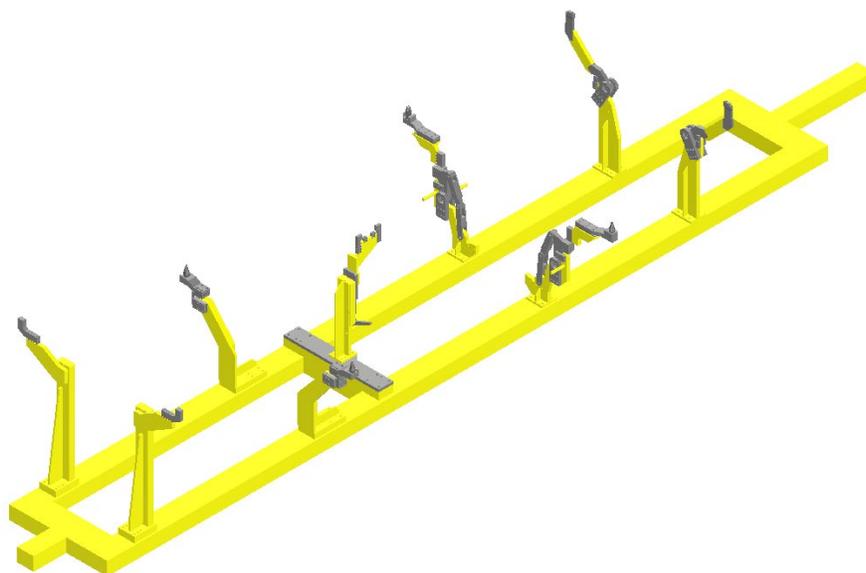
Se tomaron medidas del sistema de desplazamiento actual, teniendo en cuenta todos los elementos comerciales y sus capacidades y con estas se realizó un modelo en 3D; con el fin de obtener una idea más clara del espacio disponible con el que se podía contar para la adaptación, ver **Figura 24**

Figura 24
Modelo sistema de desplazamiento lineal



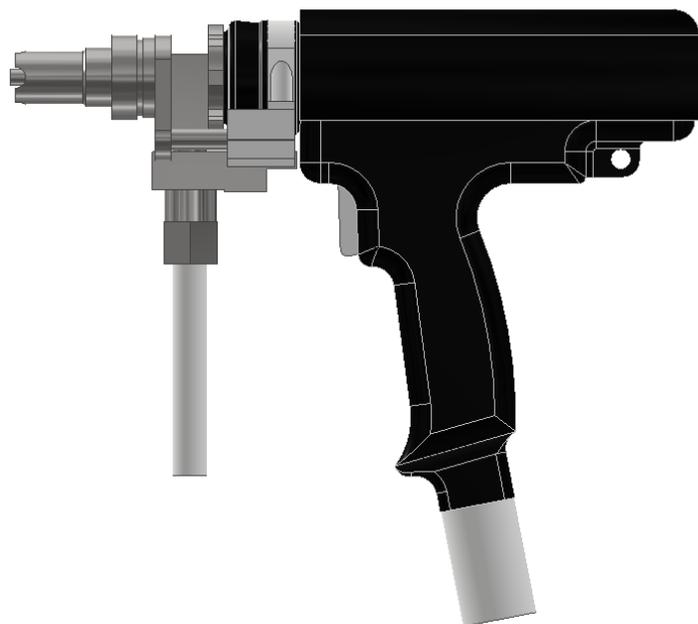
Con la ayuda de los planos ya existentes del Skid, se elaboro el modelo para tener una mayor precisión al momento de ubicar la cabina con respecto al sistema de desplazamiento, ver **Figura 25**

Figura 25
Modelo del Skid



Por último, se modelo la pistola de espárragos con la ayuda de planos del fabricante y tomando medias directamente de la pistola que se usara en la adaptación, ver **Figura 26**

Figura 26
Modelo de la pistola

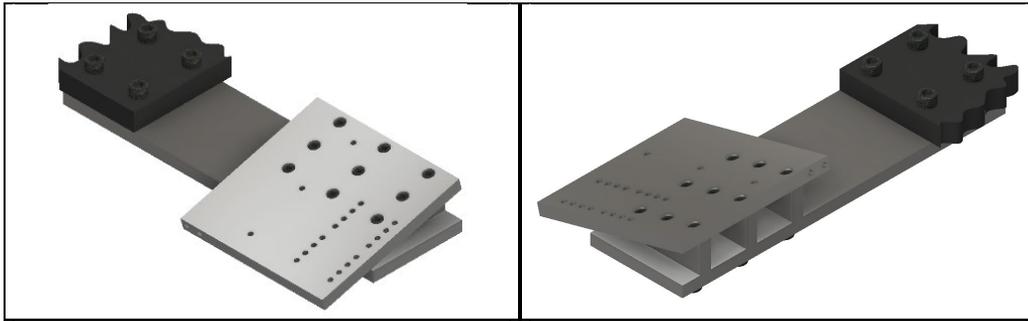


4.2.2.1 Modelado de propuesta definitiva

La propuesta definitiva se dividió en 3 subensambles donde cada uno cumple una función, todos estos subensambles utilizan el estándar de reglajes de movimientos y ajustes utilizado por la empresa, el cual funciona por medio de galgas de diferentes espesores.

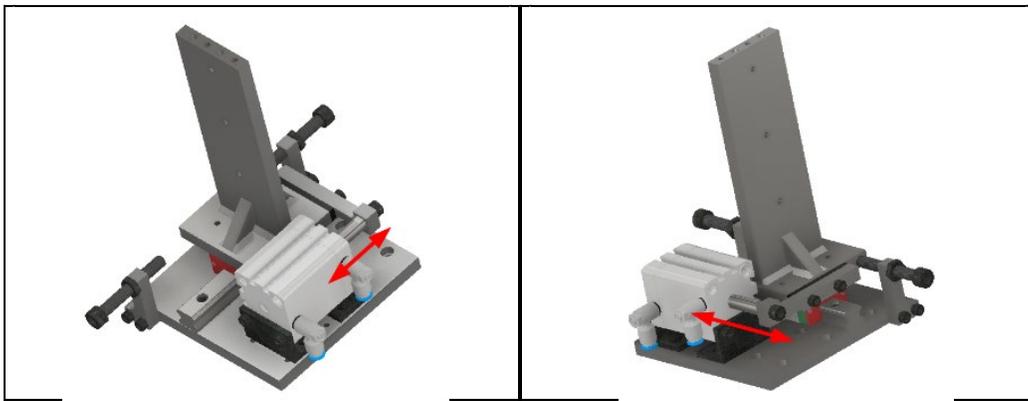
4.2.2.1.1 Subensamble base: se encarga de dar soporte a todo el sistema de posicionamiento de la pistola, fijándolo al sistema de desplazamiento lineal actual y garantizando el ángulo de inclinación para la perpendicularidad de la pistola, ver **Figura 27**

Figura 27
Subensamble base



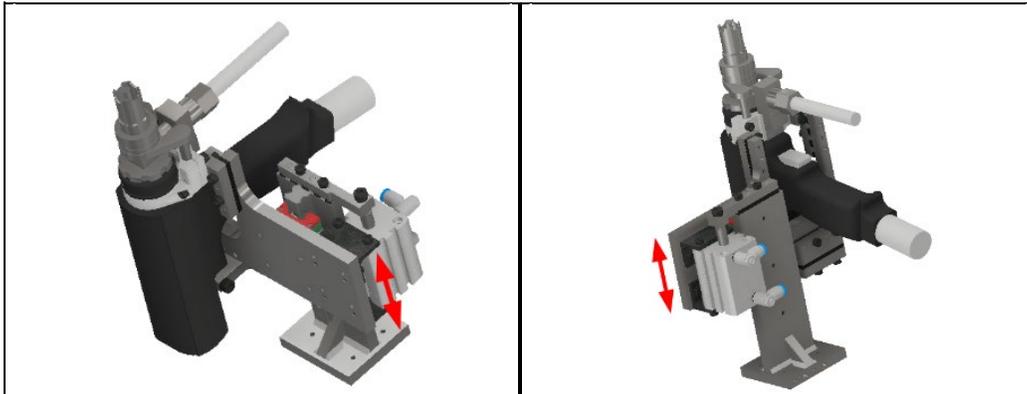
4.2.2.1.2 Subensamble movimiento lateral: este subensamble ayuda a definir la posición del esparrago según el modelo, funciona por medio de actuador neumático y se desplaza sobre una guía de movimiento lineal, además su desplazamiento se puede graduar con 2 topes regulables para poner a punto su desplazamiento, ver **Figura 28**

Figura 28
Subensamble movimiento lateral



4.2.2.1.3 Subensamble movimiento vertical: es el encargado de soportar la pistola y acercarla el vehículo y así accionar la pistola que soldara el esparrago, al igual que el anterior subensamble funciona por medio de un actuador neumático y se desplaza sobre una guía lineal que garantiza su perpendicularidad; para este subensamble se debe contar con un regulador de presión para que al momento de acercar la pistola no deforme la lámina del vehículo, ver **Figura 29**

Figura 29
Subensamble movimiento vertical



4.2.2.1.4 Ensamble definitivo: Uniendo todos los subensambles con la pistola y fijándolos al sistema de desplazamiento lineal se puede observar lo compacto y robusto que queda, además de sus grados de libertad lineales para ubicar los espárragos en la ubicación deseada según el modelo del vehículo, ver **Figura 30** y **Figura 31**

Figura 30
Diseño definitivo de la pistola

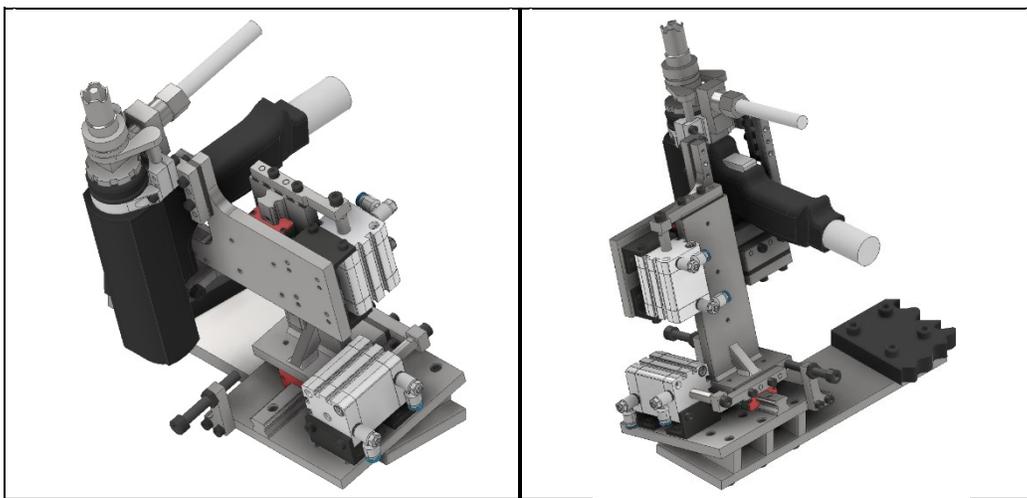
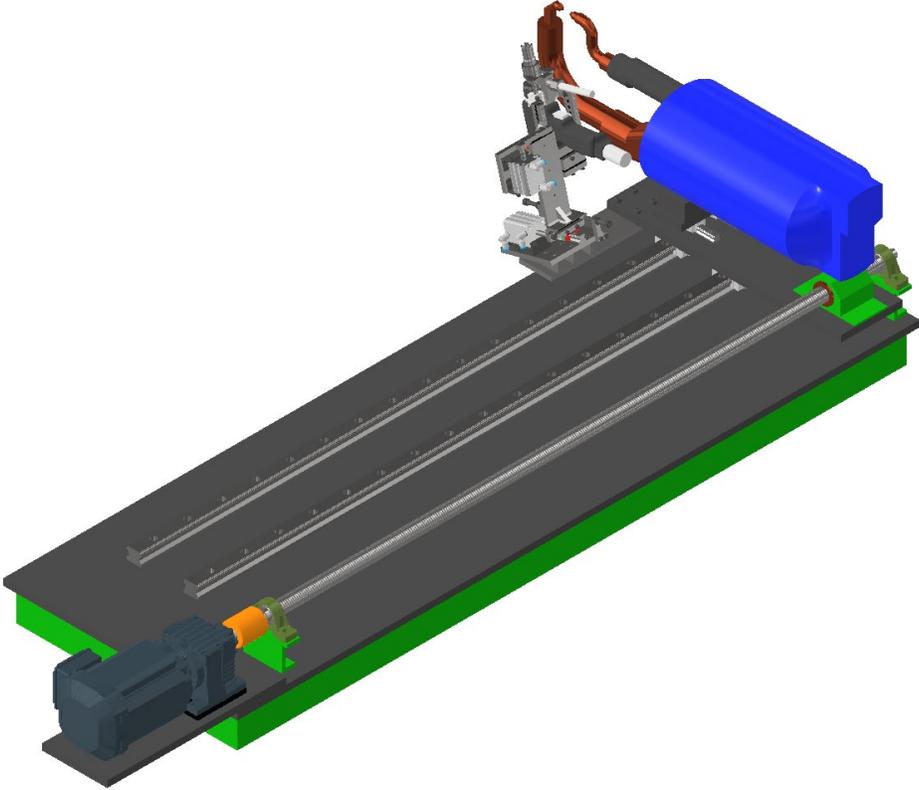


Figura 31

Diseño definitivo adaptado al sistema de desplazamiento lineal



5 Conclusiones

- Una herramienta como la selección de alternativas jugó un papel importante al momento de seleccionar la propuesta ideal para la empresa; ya que permitió ver de forma más estructurada y concreta cual se adoptaba mejor a los requerimientos y deseos de la empresa dándole mayor peso a los más importantes y de este modo con el tiempo y los recursos poderse implementar.
- Al implementar mejoras en una empresa con una alta producción se requiere evaluar diferentes factores como presupuesto con el que cuenta la empresa para mejoras, revisión y aprobación de las diferentes áreas involucradas; además que las mejoras que se desean implementar no interfieran en la línea de producción, una vez se logre estos factores el proyecto requerirá de un alto tiempo y análisis para llevarlo a punto.
- La realización de un análisis de 4M's (mano de obra, método, máquina y material) permitió una recopilación de datos que a simple vista y sin una minuciosa evaluación pudieron haber pasado por alto, es un método completo que permite diferentes perspectivas y un enfoque más global del problema que se quiere solucionar.
- Realizar durante una semana puesto de trabajo en la planta de soldadura ayudo a ver más de cerca las necesidades del proceso desde el punto de vista operativo, porque la productividad de la empresa no solo se ve afectada por la maquinaria, sino que los operarios también son parte fundamental para que la producción sea alta.
- Se identifica que la ergonomía en un puesto de trabajo es primordial porque a pesar de que el operario tenga una buena herramienta de trabajo, pero si no hay una posición cómoda para utilizarla puede haber fallas al momento de realizar la operación, lo que implica también que tener en cuenta la manipulación de cargas pesadas.
- El seguimiento de los indicadores de calidad demostró un compromiso constante de la empresa por mejorar y sirvió para identificar el problema a solucionar; además de demostrar que por más pequeño que a simple vista se vea un problema si a este no se le hace un seguimiento o plan de mejora representa pérdidas monetarias para la producción de la empresa.

Referencias

Estévez Guerrero, O. D., & Reyes Chacón, A. V. (2012). *Diseño y construcción de una pistola para la soldadura de espárragos*. Quito.

Ingemecánica. (s.f.). Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn40.html>

Jeffus, L. (2009). *Soldadura Principios y aplicaciones*. Madrid: Paraninfo.

Renault Colombia. (2017). Obtenido de <https://www.renault.com.co/renault-en-colombia/cifras-fechas-claves.html>

Stanley Engineered Fastening. (2021). Obtenido de <http://www.emhart.eu/eu-es/productos-prestaciones/productos-segun-la-categoria/soldadura-de-pernos-tucker/herramientas-soldadura-pernos/index.php>