



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Construcción del bastidor para un vehículo táctico para las Fuerzas Armadas

Alvarez Laguaquiza, Héctor Alexander y Pozo Vinuesa, George Orlando

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago

23 de febrero del 2023

Latacunga



Tesis vehiculo tactico_Alvarez H. y Pozo G..pdf

Scanned on: 16:12 February 22, 2023 UTC



Overall similarity score



Results found



Total words in text



	Word count
Identical	252
Minor Changes	131
Paraphrased	504
Omitted	0



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

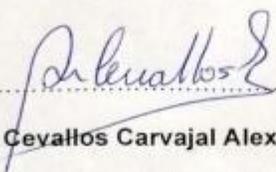
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de Integración Curricular, " **Construcción del bastidor para un vehículo táctico para las fuerzas armadas** " fue realizado por los señores **Álvarez Laguaquiza, Héctor Alexander** y **Pozo Vinuesa, George Orlando**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de febrero de 2023


.....
Ing. Cevallos Carvajal Alex Santiago

- C.C.: 0502530447



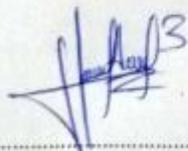
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Álvarez Laguaquiza, Héctor Alexander** y **Pozo Vinueza, George Orlando**, con cédulas de ciudadanía n° **1718539776** y **1720049509** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Construcción del bastidor para un vehículo táctico para las fuerzas armadas"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de febrero de 2023



Álvarez Laguaquiza, Héctor Alexander

C.C.: 1718539776



Pozo Vinueza, George Orlando

C.C.: 1720049509



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de publicación

Nosotros, **Álvarez Laguaquiza, Héctor Alexander** y **Pozo Vinueza, George Orlando**, con cédulas de ciudadanía n° **1718539776** y **1720049509** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **"Construcción del bastidor para un vehículo táctico para las fuerzas armadas"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero de 2023

Álvarez Laguaquiza, Héctor Alexander

C.C.: 1718539776

Pozo Vinueza, George Orlando

C.C.: 1720049509

Dedicatoria

El presente proyecto se lo dedico a mis padres, quienes han sido un pilar importante a lo largo de mi vida tanto personal como estudiantil, los cuales con su esfuerzo diario me han apoyado en cada uno de los pasos que he decidido seguir.

A mis hermanos los cuales me han sabido brindar su cariño y han sido una pieza fundamental en este recorrer.

A mis sobrinos, que son parte esencial de mi vida y para los cuales quiero ser ejemplo de esfuerzo, dedicación y constancia.

A mis padrinos que con sus oportunos consejos nunca dejaron que me debilite para llegar a la culminación de mi objetivo.

Y sobre todo me dedico a mi porque en días difíciles, nunca dejé de esforzarme ni perdí de vista mi objetivo final.

Pozo Vinuesa, George Orlando

Dedicatoria

A mis padres y mi hermana, por el apoyo incondicional y el esfuerzo que han hecho día tras día para ayudarme a salir adelante y conseguir este gran logro en mi vida, por cada uno de sus consejos y por nunca dejarme solo. Quedaré eternamente agradecido por tenerlos presentes en mi vida, no los defraudaré.

También dedico esto a toda mi familia y amigos que me apoyaron cuando más lo necesité.

Álvarez Laguaquiza, Héctor Alexander

Agradecimiento

Agradezco a Dios principalmente, por darme la vida, sabiduría, constancia y entendimiento porque con el todo sin el nada.

A mi querida madre que me apoyado en todo momento, la que me ha dado ánimos cuando he querido rendirme, la que me ha acompañado en largos amaneceres y ha dado todo para yo salir adelante.

A mi familia por haberme dado su apoyo en todo momento, con consejos para siempre salir adelante.

A mi ilustre instituto "Central Técnico" porque en sus aulas conocí el amor por esta carrera que hoy estoy por culminar

A la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE, y en especial a los docentes quienes han compartido sus conocimientos para saber desenvolvemos en la vida profesional.

A mi director de tesis Ing. Alex Cevallos quien nos ha sabido guiar en esta etapa final.

A mis compañeros y amigos por haber estado presente en esta etapa de mi vida compartiendo anécdotas que serán después el regocijo de los triunfos logrados.

Agradecimiento

A mis padres, siempre estaré agradecido porque sin ellos esta meta que estoy logrando nunca se hubiese hecho realidad, por cada uno de los sacrificios y esfuerzos que hicieron para darme lo mejor, por hacer de mí una buena persona inculcándome valores y formándome día a día.

A toda mi familia que estuvo en cada momento durante el transcurso de este proceso también dándome su apoyo para seguir adelante.

A mis amigos que fueron una buena compañía cuando lo necesitaba y que me alentaron a pesar de las adversidades.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe por la educación brindada durante el camino rumbo a mi vida profesional, ya que es un orgullo pertenecer a tan prestigiosa institución.

Al Ing. Alex Cevallos por su ayuda y tiempo para cumplir con el desarrollo del presente proyecto de tesis.

Álvarez Laguaquiza, Héctor Alexander

INDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	8
Índice de contenido	10
Índice de figuras	16
Índice de tablas.....	19
Resumen.....	20
Abstract	21
Capítulo I: Planteamiento del problema	22
Antecedentes	22
Planteamiento del problema	23
Descripción del proyecto	23
Justificación, importancia y alcance	24
Objetivos	25
<i>Objetivo general</i>	25
<i>Objetivo específico</i>	25
Hipótesis.....	25

Variables de investigación	26
<i>Variable independiente</i>	26
<i>Variable dependiente</i>	26
Metodología y técnicas de recopilación de información.....	26
<i>Método analítico</i>	26
<i>Método descriptivo</i>	26
<i>Método estadístico</i>	26
<i>Método matemático</i>	27
Capítulo II: Marco teórico	28
Bastidor.....	28
Constitución del bastidor.....	28
Tipo de bastidores.....	29
<i>Bastidor Perimétrico</i>	29
<i>Bastidor en columna o "X"</i>	29
<i>Bastidor Tubular</i>	30
<i>Bastidor independiente</i>	30
Materiales para la fabricación del bastidor.....	31
Carrocería	32
Tipos de carrocería.....	32
<i>Carrocería independiente</i>	32
<i>Carrocería autoportante</i>	33

	12
Procesos de manufactura	33
<i>Curvado</i>	33
<i>Corte</i>	33
<i>Corte por plasma</i>	34
<i>Soldadura</i>	34
Métodos de soldadura	34
<i>Soldadura por arco metálico bajo gas protector (MIG/MAG)</i>	34
<i>Aplicaciones del proceso MIG</i>	34
<i>Ventajas del proceso MIG</i>	35
Tipos de juntas	35
Métodos de ensayos no destructivos	36
Ensayo por inspección visual	37
Ensayo por líquidos penetrantes	37
Tipos y métodos de líquidos penetrantes	38
Proceso de pintura	39
<i>Las pinturas</i>	39
<i>Herramientas y equipos de pintado</i>	42
<i>Productos y proceso para el enmascarado</i>	44
<i>Tratamientos anticorrosivos (pintura anti gravilla)</i>	45
Capítulo III: Desarrollo	47
Construcción o modificación del bastidor	47

Desmontaje de la carrocería	49
Selección del material para la construcción de la estructura	51
<i>Construcción de la estructura</i>	54
<i>Doblado o curvado de tubos</i>	55
<i>Corte del material</i>	56
<i>Preparación de perfiles del material</i>	57
Procedimiento de soldadura.....	58
Pasos para el proceso de soldadura.....	60
<i>Soldadura de los tubos de la estructura de la carrocería</i>	60
<i>Soldadura del tool para el piso, laterales y parte frontal de la carrocería</i>	62
<i>Soldadura de las mallas de la carrocería</i>	63
Procedimiento del ensayo por inspección visual	63
<i>Preparación de la superficie</i>	64
<i>Inspección</i>	65
<i>Análisis</i>	65
Procedimiento del ensayo por líquidos penetrantes	65
<i>Selección del kit para el ensayo de líquidos penetrantes</i>	65
<i>Limpieza y preparación</i>	66
<i>Aplicación del penetrante</i>	67
<i>Limpieza del penetrante</i>	68
<i>Aplicación del revelador</i>	69

	14
Procedimiento de pintura del bastidor y carrocería	71
<i>Pintado del bastidor</i>	71
<i>Pintado del piso de la carrocería</i>	72
<i>Pintado de la estructura de la carrocería</i>	75
Capítulo IV: Análisis	78
Defectos en la soldadura	78
<i>Fisuras</i>	78
<i>Porosidad</i>	79
Análisis de las uniones soldadas	80
<i>Vista lateral izquierda</i>	80
<i>Vista lateral derecha</i>	81
<i>Vista Frontal</i>	83
<i>Reparaciones</i>	85
Capítulo V: Marco administrativo	90
Recursos humanos	90
Recursos materiales	90
Presupuesto	92
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones	94
Conclusiones	94
Recomendaciones	96
Bibliografía	97

Anexos.....99

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Constitución del bastidor</i>	28
Figura 2 <i>Bastidor Perimétrico</i>	29
Figura 3 <i>Bastidor Tubular</i>	30
Figura 4 <i>Bastidor Independiente</i>	31
Figura 5 <i>Carrocería Independiente</i>	33
Figura 6 <i>Tipos de juntas</i>	36
Figura 7 <i>Kit para el ensayo de líquidos penetrantes</i>	38
Figura 8 <i>Separación del bastidor independiente</i>	49
Figura 9 <i>Boceto del bastidor independiente</i>	50
Figura 10 <i>Boceto de la estructura</i>	50
Figura 11 <i>Propiedades del material</i>	52
Figura 12 <i>Tubo ASTM A500</i>	53
Figura 13 <i>Plancha de Tool</i>	53
Figura 14 <i>Plancha extendida de acero inoxidable</i>	54
Figura 15 <i>Perfil de varilla</i>	55
Figura 16 <i>Doblado de tubo de sección circular</i>	55
Figura 17 <i>Tubo de sección circular doblado</i>	56
Figura 18 <i>Corte del material</i>	57
Figura 19 <i>Corte perfil del tubo</i>	57
Figura 20 <i>Perfiles del tubo</i>	58
Figura 21 <i>Punteado de los tubos de la estructura del vehículo táctico militar</i>	61

Figura 22 <i>Cordón de soldadura de ranura bisel en V</i>	61
Figura 23 <i>Soldadura del piso de la carrocería del vehículo táctico</i>	62
Figura 24 <i>Soldadura de las planchas expandidas o mallas laterales</i>	63
Figura 25 <i>Estructura ubicada en la zona para la inspección visual</i>	64
Figura 26 <i>Detector de Grietas WEICON</i>	65
Figura 27 <i>Limpieza y preparación de las superficies</i>	67
Figura 28 <i>Aplicación del líquido penetrante</i>	67
Figura 29 <i>Secado del líquido penetrante</i>	68
Figura 30 <i>Limpieza del líquido penetrante aplicado</i>	68
Figura 31 <i>Aplicación del revelador en la superficie</i>	69
Figura 32 <i>Flujograma del proceso del ensayo mediante líquidos penetrantes</i>	70
Figura 33 <i>Enmascarado del chasis del vehículo táctico militar</i>	72
Figura 34 <i>Preparación del piso del vehículo táctico militar</i>	73
Figura 35 <i>Pintura de fondo en el piso</i>	74
Figura 36 <i>Pintura antigrailla aplicada</i>	74
Figura 37 <i>Resultado final del proceso de pintura</i>	76
Figura 38 <i>Flujograma del proceso de pintado del vehículo táctico militar</i>	77
Figura 39 <i>Fisura en la soldadura</i>	79
Figura 40 <i>Poros en la soldadura</i>	79
Figura 41 <i>Uniones soldadas vista LI</i>	80
Figura 42 <i>Uniones soldadas vista LD</i>	81

Figura 43 <i>Uniones soldadas vista frontal</i>	83
Figura 44 <i>Uniones soldadas vista posterior</i>	84
Figura 45 <i>Unión N°3</i>	85
Figura 46 <i>Unión soldada reparada</i>	86
Figura 47 <i>Pruebas en suelda reparada</i>	87
Figura 48 <i>Unión N°1</i>	87
Figura 49 <i>Suelda reparada</i>	88
Figura 50 <i>Pruebas en suelda reparada</i>	89

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Técnicas establecidas de líquidos penetrantes.....</i>	38
Tabla 2 <i>Pigmentos de las pinturas.....</i>	39
Tabla 3 <i>Herramientas y equipos de pintado.....</i>	43
Tabla 4 <i>Puntuación según la importancia y cumplimiento.....</i>	47
Tabla 5 <i>Importancia por cumplimiento de los bastidores.</i>	48
Tabla 6 <i>Importancia por cumplimiento de los materiales.</i>	51
Tabla 7 <i>Especificación de soldadora Porten.</i>	59
Tabla 8 <i>Parámetros de voltaje y amperaje del electrodo en función de su diámetro.....</i>	59
Tabla 9 <i>Características de los líquidos penetrantes usados en el END.....</i>	66
Tabla 10 <i>Estado de las uniones soldadas vista LI.....</i>	81
Tabla 11 <i>Estado de las uniones soldadas vista LD.....</i>	82
Tabla 12 <i>Estado de las uniones soldadas vista frontal.....</i>	83
Tabla 13 <i>Estado de las uniones soldadas vista posterior.....</i>	84
Tabla 14 <i>Recursos humanos.....</i>	90
Tabla 15 <i>Recursos materiales.....</i>	91
Tabla 16 <i>Presupuesto.....</i>	93

Resumen

El presente proyecto se basa en la construcción o modificación tanto del bastidor como de la estructura para ser usado como un vehículo táctico militar, el cual se pueda desempeñar de manera óptima en distintos tipos de terrenos en los que se realice reconocimiento. Con la investigación sobre los tipos bastidores, se elegirá el que mejor se adapte para la realización del proyecto, siempre que cumpla con las características necesarias. Para la selección de los materiales utilizados en la construcción de la estructura del vehículo se basará en las propiedades que presenten, como también en su disponibilidad en el mercado industrial en el país. Se realiza los procesos de manufactura necesarios para la construcción de la estructura, como también se lleva a cabo la soldadura la cual debe cumplir varias normas establecidas en la NTE INEN sobre cómo realizarla y las inspecciones por ensayos no destructivos como tintas penetrantes que se deben aplicar. Verificado la estructura sólida se realiza la aplicación de pintura anticorrosiva y pintura mate para un acabado más estético del vehículo. Con el vehículo táctico ya construido se realiza pruebas de ruta con el fin de evaluar su desempeño y en caso de ser necesario proceder a mejorarlo.

Palabras clave: bastidor, manufactura-soldadura, ensayo no destructivo, tintas penetrantes, táctico.

Abstract

This project is based on the construction or modification of both the frame and the structure to be used as a military tactical vehicle, which can perform optimally in different types of terrain in which reconnaissance is performed. With the research on the types of frames, the one that best suits the realization of the project will be chosen, as long as it meets the necessary characteristics. For the selection of the materials used in the construction of the structure of the vehicle will be based on the properties they present, as well as their availability in the industrial market in the country. The manufacturing processes necessary for the construction of the structure are carried out, as well as the welding, which must meet several standards established in the NTE INEN on how to perform it and inspections by non-destructive testing as penetrant dyes to be applied. Once the solid structure is verified, the application of anticorrosive paint and matte paint is applied for a more aesthetic finish of the vehicle. With the tactical vehicle already built, road tests are performed in order to evaluate its performance and, if necessary, proceed to improve it.

Key words: frame, manufacturing-welding, non-destructive testing, penetrant inks, tactical.

Capítulo I

Planteamiento del problema

Antecedentes

En el Ecuador no se presentan reglamentaciones o regulaciones para vehículos tácticos que se puedan usar en el ámbito militar, por lo cual se ha desarrollado tecnología para optimizar los parámetros de funcionamiento en rutas de difícil acceso esto sin perder prestaciones del vehículo.

La creación de un bastidor para este tipo de vehículos tácticos tendrá como consecuencia que mejore su funcionalidad y seguridad en el reconocimiento de campo que suele operar los servicios militares.

El uso eficiente de información sobre materiales aplicados en bastidores nos asegura la correcta selección del material que este debe llevar para que cumpla con todas las condiciones de diseño necesarias para que el bastidor no sea susceptible a fallos.

El conocer e investigar los diferentes procesos de manufactura ayudara a seleccionar que proceso se debe seguir para la construcción del bastidor, como también que tratamientos mecánicos se le deben aplicar para que cumpla con todas las propiedades necesarias que el material debe tener.

A lo largo del tiempo se han aumentado las técnicas de uniones sólidas, con lo cual se tiene una de las más utilizadas como es la soldadura para materiales metálicos, esta también debe cumplir varias normas establecidas en la NTE INEN tanto para ponerla en práctica como para inspecciones de la misma.

La creación de este tipo de manufactura, desarrolla las competencias y capacidades de técnicos, ingenieros y personas vinculadas a los diferentes procesos de manufactura dotándolos así de una mejor capacidad de construcción e inspección.

Las revisiones realizadas a la estructura como a la soldadura aseguran el estado y propiedades que el trabajo realizado debe de cumplir, con el fin de asegurar que su fabricación será aceptable para la utilización del mismo.

Planteamiento del problema

El no contar con vehículos de exploración táctica en la maniobras o ejercicios militares, crea una problemática para el ámbito militar ya que no desarrollaran sus capacidades en el campo de manera adecuada, es así que se busca algunas alternativas para este tema por lo cual se propone el diseño y construcción de un vehículo táctico para reconocimiento de campo y patrullaje para las fuerzas armadas, mediante técnicas que garanticen la fiabilidad de su construcción como selección de sistemas auxiliares que se puedan ocupar para su óptimo funcionamiento.

De tal manera que se da a conocer posibles soluciones a la problemática planteada, se propone el diseño del bastidor, para su posterior construcción y revisión tanto de propiedades mecánicas como de sus uniones por soldadura aplicando ensayos no destructivos.

A través de los procesos de manufactura aplicados y con el uso de los equipos adecuados para la construcción e inspección, resulta más eficaz determinar el estado de la estructura y de sus uniones por soldadura.

Descripción del proyecto

El presente trabajo de integración curricular de “Construcción del Bastidor para un vehículo táctico”, considera lo siguiente:

Se fundamentará de manera científica a través de fuentes Bibliográficas confiables mediante bases de datos digitales, normativas, manuales y artículos referentes a mecánica de materiales, estructuras automotrices, procesos de manufactura.

Se establecerá un procedimiento para el proceso de manufactura y selección de materiales del bastidor mediante normas estandarizadas en las cuales se detallen parámetros de construcción y seguridad.

Se elaborará diagramas de flujo mediante el código ASME sobre el proceso de manufactura elegido para la construcción de bastidor.

Se desarrolla un protocolo para establecer los ensayos no destructivos que se pueden aplicar para la inspección de las uniones solidas por soldadura en el bastidor.

Se procesará la información sobre la inspección de la soldadura detalladamente para identificar si se debe realizar correcciones en la misma, de tal forma que cumpla con las normas establecidas para soldadura.

Justificación, importancia y alcance

El presente proyecto se enfocará en la construcción del bastidor de un vehículo táctico mediante la selección de materiales los cuales sean apropiados para las condiciones a las cuales se va a someter, ya que todo vehículo tiene un núcleo estructural que va a soportar y sustentar todos sus elementos tales como: sistema de propulsión, suspensión, sistema de dirección, frenos y demás componentes que conforman un vehículo militar, también deberá soportar la carga de sus ocupantes.

Por tal motivo el bastidor debe cumplir con algunos requisitos los cuales garantizarán que todos los elementos permanezcan en su lugar asignado, sin sufrir excesivas cargas que causen daños en ellos, siendo el mencionado bastidor el que se encarga de absorber todos los esfuerzos mientras mantiene cada elemento en su lugar, por ello, se aplicaran métodos de manufactura apropiados así como también se realizarán pruebas de soldadura para controlar que la construcción del bastidor no tenga fallas que a futuro causarán problemas.

El alcance del proyecto se basa en la importancia que tiene la construcción correcta de un bastidor considerando la resistencia estática, la estabilidad de miembros estructurales, el estudio y pruebas de soportes de carga en las uniones, fabricación y montaje, todo esto para garantizar un vehículo apropiado para su utilización dentro de las fuerzas armadas, este vehículo ayudará a las actividades de reconocimiento de campo y patrullaje dentro de la mencionada institución.

Objetivos

Objetivo general

Construcción del Bastidor para un vehículo táctico de las Fuerzas Armadas.

Objetivo específico

- Investigar sobre los diferentes tipos de materiales que pueden ser utilizados para la construcción del bastidor.
- Seleccionar el material apropiado que cuente con las propiedades necesarias para la construcción del bastidor
- Reconocer los diferentes métodos de manufactura para su posterior selección, e implementarlo para la construcción.
- Investigar los métodos o ensayos de prueba que se puedan realizar a la soldadura.
- Seleccionar un método de prueba para realizar en el bastidor.
- Analizar los cordones de soldadura necesario con el fin de verificar el estado de la estructura o bastidor.

Hipótesis

La construcción del bastidor del vehículo táctico para las fuerzas armadas permitirá obtener un soporte adecuado para adecuar los sistemas y componentes que conforman dicho vehículo en concordancia a lo establecido por la normativa Car Cross, para su uso en el

reconocimiento de campo y patrullaje, cumpliendo con las necesidades que un vehículo táctico requiere.

Variables de investigación

Variable independiente:

Selección de materiales, método de manufactura y método de pruebas de soldadura.

Variable dependiente:

Proceso de construcción del bastidor del vehículo táctico militar.

Metodología y técnicas de recopilación de información

Método analítico

Partiendo del análisis sobre la selección de material para el bastidor, se procederá a realizar un diagnóstico sobre las propiedades con las que debe contar el material, ya que de no contar con las necesarias afectará en la construcción del bastidor.

Método descriptivo

El método descriptivo aportará cualitativamente a nuestra investigación con el objetivo de realizar una evaluación objetiva de las distintas características del estado de la estructura.

Método estadístico

El método estadístico consistirá en la realización de tabulaciones a los cordones de soldadura para identificar si existen fallos, para así poder determinar si las uniones son satisfactorias para que la estructura no falle.

Como también la secuencia lógica de pasos a seguir para el procedimiento de selección de materiales apropiados para la construcción del bastidor.

Método matemático

El modelo matemático se utilizará para determinar parámetros para cuantificar los cordones de soldadura en buen estado y los que están con defectos, para así dar por aprobada la estructura.

Capítulo II

Marco teórico

Bastidor

Para la construcción y diseño del bastidor de vehículos se tiene en cuenta la geometría o silueta de la carrocería, como también las propiedades y características que este debe tener como: resistencia, distribución de cargas, esfuerzos tanto de flexión como de torsión. (Galbarro, 2015)

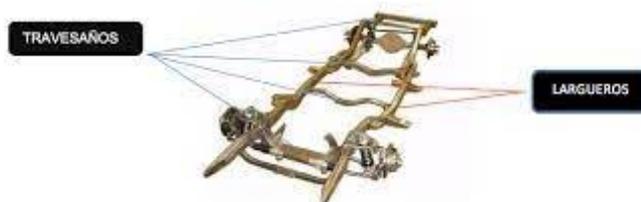
El bastidor en los automotores es la estructura rígida donde se sujeta la carrocería y los diferentes componentes de los sistemas auxiliares (transmisión, dirección, suspensión, etc.) (Galbarro, 2015)

Constitución del bastidor

El bastidor por lo general está constituido por dos elementos rígidos longitudinales ubicados paralelamente a lo largo del eje longitudinal a los cuales se le llama largueros, estos van a estar unidos de forma transversal por travesaños, que de igual manera son elementos rígidos, pero de menor tamaño, el número de estos dependerá del diseño del bastidor. (Galbarro, 2015)

Figura 1

Constitución del bastidor



Nota. Elementos principales del bastidor del vehículo. Tomado de (Central de Repuestos TR, 2017)

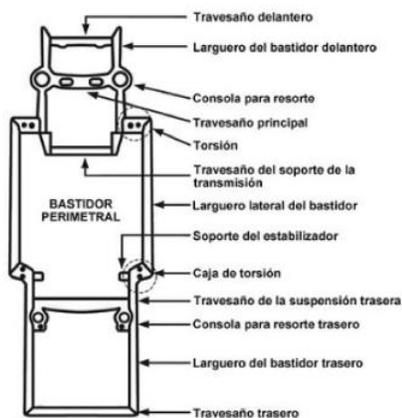
Tipo de bastidores

Bastidor Perimétrico

El bastidor perimétrico es usado en diferentes modelos de automóviles y camionetas, está conformado por largueros que sirven de soporte para la carrocería en su parte más ancha, por lo cual da mayor seguridad si se tiene un golpe lateral. Tienen una estructura escalonada lo cual forma una caja de torsión, para que, si se suscita un golpe o impacto frontal, esta absorba la mayor parte de la energía que se genera. Al ser más ancho en el centro ofrece mayor estabilidad al vehículo. (Galbarro, 2015)

Figura 2

Bastidor Perimétrico



Nota. Ejemplo de bastidor perimétrico con sus componentes. Tomado de (Galbarro, 2015)

Bastidor en columna o "X"

Se le denomina bastidor en X por su geometría, ya que esta es estrecha en el centro lo que le otorga una estructura más sólida para poder absorber las torsiones generadas. En este caso el travesaño de la parte delantera es más grande y resistente con el fin de servir como punto de anclaje a otros sistemas del vehículo. (Galbarro, 2015)

Bastidor Tubular

Este bastidor se forma por una gran variedad de tubos soldados entre sí, los cuales pueden ser circulares, cuadrados u ovalados. Este tipo de bastidor suele ser utilizado en vehículos de competencia los cuales requieren ligereza, pero de igual forma rigidez. (Galbarro, 2015)

Figura 3

Bastidor Tubular



Nota. Ejemplo de bastidor tubular. Tomado de (Galbarro, 2015)

Bastidor independiente

El bastidor independiente ofrece gran rigidez, por lo cual es de gran utilidad en camiones de carga, furgones y vehículos todo-terreno. El bastidor está formado por una estructura de acero con dos largueros unidos con travesaños los cuales están soldados, remachados o atornillados. El bastidor suele separarse de la carrocería ya que esta solo unida mediante pernos en diferentes bases sólidas. (Galbarro, 2015)

Figura 4

Bastidor Independiente



Nota. Ejemplo de bastidor independiente. Tomado de (Galbarro, 2015)

Materiales para la fabricación del bastidor

Los materiales utilizados para la construcción de bastidores de vehículos livianos o pesados por lo general es el acero estructural, ya que entre sus propiedades tiene un mayor límite elástico, es de bajo costo y se cuenta con la facilidad de encontrarlo en mercados industriales.

Los aceros estructurales suelen ser fabricados en diferentes formas como: planchas, tubería, barras y en perfiles de estructura como canales, ángulos y diferente variedad vigas. La ASTM (American Society of Testing Materials) asigna un número a estos tipos de aceros, con los cuales se puede definir ciertas propiedades de los mismos. (Mott, 2009)

Un acero conocido para diferentes aplicaciones tanto estructurales como automotrices es el ASTM A36, el cual es un acero al carbón que se puede encontrar en diferentes tipos de perfiles, placas y barras. Una de sus propiedades es que cuenta con una resistencia mínima a la fluencia de 36 ksi (248 MPa), y tiene alta soldabilidad. (Mott, 2009, pág. 75)

Las secciones estructurales huecas (HSS) o mejor llamadas tuberías estructurales, suelen ser de diferentes formas: redondas, cuadradas o rectangulares y por lo general están fabricadas de acero ASTM A501 (moldeado en caliente) o de acero A500 (moldeado en frío) en diferentes grados de resistencia. Cuando se fabrican como tubo, se le asigna acero ASTM A53 de grado B con una resistencia a la cedencia de 35 ksi. (Mott, 2009, pág. 76)

El aluminio también suele usarse en algunos tipos de construcción este es un material de ligero, con muy buena conductividad eléctrica y maleable con un valor que varía entre los 160-200 N/mm² de límite de resistencia de tracción. Este material suele ser dificultoso de soldar. (Mott, 2009, pág. 81)

La fibra de carbono es un material compuesto reforzado con grafito, el que cuenta con baja conductividad térmica, pero cuenta con una gran resistencia mecánica y módulo de elasticidad alto, una desventaja es el costo elevado del material.

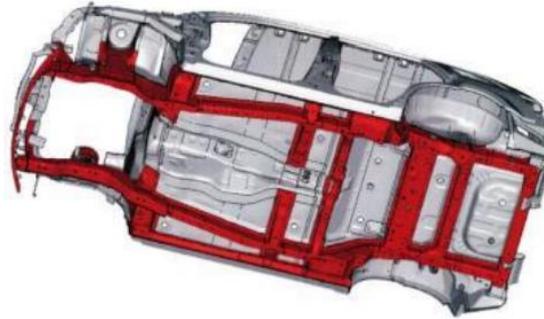
Carrocería

Se le denomina carrocería a la parte del vehículo en donde van a ir situados los ocupantes, otorgándoles mayor confort. Con el paso del tiempo se a modificado para tener mayor aerodinámica y seguridad ya que al momento de sufrir una colisión va a absorber la energía que se genere para proteger al ocupante. (Mantenimiento de vehiculos, s.f.)

Tipos de carrocería

Carrocería independiente

Este tipo de carrocería es la más sencilla para su montaje y desmontaje, está diseñada para poder soportar gran capacidad de peso. Se encuentra atornillada al bastidor en juntas donde se tiene mayores puntos de apoyo. Se usa en vehículos todo terreno e industriales. (Puente, 2012)

Figura 5***Carrocería Independiente***

Nota. Se visualiza la carrocería independiente de color gris, diferente al bastidor. Tomado de (Puente, 2012)

Carrocería autoportante

Este tipo se forma por una gran cantidad de chapas metálicas unidas por medio de soldadura, tienes algunas piezas como son puertas, capos, aletas, entre otros. Esta carrocería utiliza los turismos actuales con el beneficio de que soportan todos los conjuntos mecánicos y suelen ser más ligeras. (Puente, 2012)

Procesos de manufactura***Curvado***

Es también conocido como doblado, se basa en una técnica de conformado en frío la cual consiste en realizar una deformación plástica por lo general a tubos de sección circular, aunque también se puede realizar doblado a diferentes perfiles. (Alsimet , 2020)

Corte

El corte de metal ya sea planchas o tubos se lo puede realizar con sierra de disco, ya que es la más utilizada para cortes de tubería de menor diámetro y grosor en lo que requiere un bajo margen de error.

Corte por plasma

Es un proceso en que se corta material utilizando una chispa la cual debe poseer alta intensidad para ionizar un gas, el que al ser pasado a alta velocidad y con la ayuda del arco eléctrico produce el plasma el cual funde al material. (Industrial Sourcing, 2021)

Soldadura

La soldadura se utiliza para la unión de un grupo de materiales de metal que cuentan con diferentes perfiles de cortes y diferentes tamaños, para lograr tener la unión se debe mantener las partes de forma fija para que la soldadura se efectuó de manera correcta. (Nisbett, 2008)

Métodos de soldadura

Soldadura por arco metálico bajo gas protector (MIG/MAG)

El proceso de soldadura por arco metálico bajo gas protector con electrodo consumible consiste en que el arco origina entre el electrodo de hilo continuo y el elemento que se va a soldar, protegiéndose de los daños atmosféricos circundantes por un gas inerte en el caso del proceso bajo la soldadura MIG o por un gas activo bajo la soldadura MAG.

MIG: Metal Inert Gas, protección mediante un gas puro, inerte, como por ejemplo argón, helio, etc. Se la aplica en metal que no es ferroso.

MAG: Metal Active Gas, en donde se usa como gas protector el dióxido de carbono (CO₂). Se la aplica en metal ferroso.

Aplicaciones del proceso MIG

El campo de la aplicación del proceso de soldadura MIG es amplio, se lo puede utilizar en soldaduras de todo tipo de acero, cobre, aceros inoxidable, aluminio, etc. Un ejemplo para la soldadura de aceros es que se lo utiliza para la fabricación de carrocerías, estructuras, vigas, tuberías, etc.

Su sistema de alimentación se da de forma automática y a velocidad predeterminada, en donde se lleva el alambre-electrodo hacia el baño de fusión (trabajo), mientras que se coloca en un ángulo adecuado a la pistola de soldadura, manteniendo cierta distancia tobera-elemento, de 10 mm generalmente.

Ventajas del proceso MIG

Velocidad: Al tener gran rapidez del depósito se puede alcanzar extraordinarias velocidades al momento de realizar el proceso, esto se puede dar por las velocidades de avance obtenidas o por el número de pases reducidos que se va a necesitar. (OXGASA, s. f.)

Eficiencia: Ya que el electrodo se alimenta automáticamente no hay trabas para su colocación ni para remover los residuos, se mantiene un factor de eficiencia máxima al utilizar velocidades altas del proceso, esto reduce el tiempo de soldadura.

Limpieza: Los electrodos continuos sin fundentes no generan escorias dando paso a la ejecución de soldaduras de pases múltiples, evitando interrupciones para realizar limpiezas.

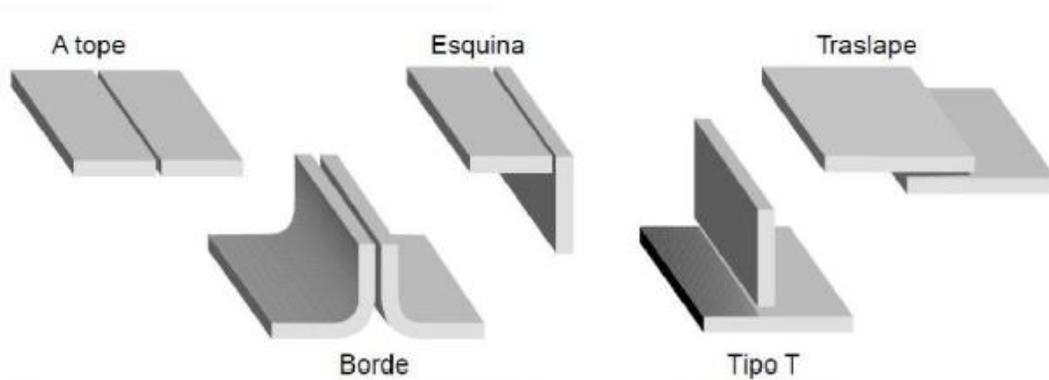
Tipos de juntas

Las juntas o uniones se pueden clasificar en 5 tipos básicos los cuales son:

- Junta a tope: Es la unión de dos elementos alineados en el mismo plano. Es el tipo de soldadura más común que se utiliza para estructuras o tuberías.
- Junta en esquina: Unión de dos elementos colocados en ángulo recto uno con respecto al otro formando una L.
- Junta en traslape o solape: En esta unión, las superficies de los dos elementos se superponen.
- Junta de borde: El ajuste de los elementos deja los bordes paralelos entre sí.
- Junta en T: Dos elementos de trabajo se unen en un ángulo de 90 grados, formando así una T.

Figura 6

Tipos de juntas



Nota. Se tienen 5 tipos de juntas básicas.

Métodos de ensayos no destructivos

Para la detección de fallas en las juntas soldadas para la construcción de la carrocería, se tienen diferentes tipos de ensayos no destructivos, estos nos ayudarán a verificar que los cordones de suelda se encuentren en correcto estado para soportar los esfuerzos a los que será sometido el vehículo en relación a su estructura, evitando que dichas cargas provoquen fisuras o que se desuelden las juntas.

En este caso algunos métodos de ensayos no destructivos aplicados con frecuencia pueden ser:

- Ensayo por inspección visual
- Ensayo por líquidos penetrantes
- Ensayo por partículas magnéticas
- Ensayo por radiografía
- Ensayo por ultrasonido

Cabe recalcar que el ensayo por inspección visual y líquidos penetrantes son técnicas de ensayos superficiales, es decir, solo revelan errores en la superficie o abiertos a la superficie.

Ensayo por inspección visual

Dentro de los ensayos no destructivos la inspección visual no era reconocida como tal, pero con los esfuerzos realizados por el Instituto Americano de Normalización (ANSI) y por la Sociedad Americana de Ingenieros mecánicos (ASME), se pudo reconocer a la inspección visual como un método de ensayo no destructivo. Se tienen dos tipos de inspección visual que son la inspección visual directa y remota.

En el caso de la inspección visual directa se hace uso de simplemente la vista de la persona que realizará el ensayo, también se puede apoyar con ciertos elementos como lentes, cámaras o espejos, ya que como lo dice el nombre del ensayo, la inspección se la realizará directamente en el área designada.

Para la inspección remota se hace uso de instrumentos como boroscopios flexibles con fibra óptica, rígidos y con video tecnología, estos ayudan a inspeccionar superficies que no se las puede evaluar con la inspección directa. (Santos Villacrés, 2012)

Ensayo por líquidos penetrantes

Este método de ensayo no destructivo es uno de los más utilizados para la verificación de existencia de discontinuidades o irregularidades superficiales en materiales, como, por ejemplo: metales, magnesio, cobre, latón y aleaciones de temperatura alta temperatura, generalmente en materiales que no son porosos. Por el contrario, en materiales que, si son porosos, no se podrá aplicar este ensayo.

El ensayo de líquidos penetrantes se basa en el principio de capilaridad, el cual es un fenómeno de tensión superficial en donde los líquidos penetran se alojan en estrechas aberturas del material. Se debe tomar en cuenta que las fuerzas de la acción capilar del líquido penetrante son elevadas incluso mucho más fuerte que la gravedad. (Santos Villacrés, 2012)

Figura 7

Kit para el ensayo de líquidos penetrantes



Nota. El kit de líquidos penetrantes consiste en 3 aerosoles los cuales son: Limpiador, Penetrante y revelador. Tomado de (Ferretería Industrial JB, s.f.)

Tipos y métodos de líquidos penetrantes

La Sociedad Americana de Pruebas de Materiales (ASTM) en la sección ASTM E165, de método de prueba estándar para la evaluación por líquidos penetrantes detalla los tipos, métodos y su la descripción respectiva establecidos para los ensayos no destructivos.

Tabla 1

Técnicas establecidas de líquidos penetrantes.

Tipo	Método	Descripción
I	A	Fluorescente lavable con agua
	B	Fluorescente post-emulsificable lipofílico
	C	Fluorescente removible con solvente
	D	Fluorescente post-emulsificable hidrofílico
II	A	Visible lavable con agua
	B	Visible post-emulsificable lipofílico
	C	Visible removible con solvente

Nota. Se describe los tipos y métodos establecidos por la Norma ASTM E165 para líquidos penetrantes. Tomado de (Santos Villacrés, 2012)

Proceso de pintura

El proceso de pintura automotriz tiene como finalidad depositar una capa de protección (fondos, pinturas y barnices) duradera contra las inclemencias ambientales sobre la superficie de los componentes que lo requieran, con lo que se previene la oxidación de las superficies metálicas, también su misión es embellecer a dicha superficie dando un aspecto estético agradable. El proceso contempla desde la preparación de la superficie a pintar hasta la aplicación de las pinturas que es en sí el recubrimiento superficial, siendo la preparación de la superficie la que requiere mayor tiempo y recursos en el proceso e incide significativamente en el resultado final (acabado).

Las pinturas

De forma general las pinturas utilizadas para aplicaciones automotrices, están conformadas por varios componentes líquidos con pigmentación, que una vez aplicadas sobre la superficie se solidifican en un tiempo determinado, estos componentes son principalmente: el pigmento, resinas (vehículo fijo), disolvente (vehículo volátil) y aditivos. (Acedo Zambrana, 2012)

Tabla 2

Pigmentos de las pinturas

Pigmentos	Descripción	Tipos/Detalle
Por su origen		
Orgánicos	Se obtienen industrialmente, son colores de gran intensidad y pureza, pero bajo poder aislante.	<ul style="list-style-type: none"> - Óxido de hierro y carbonatos. - Negro de (carbón, humo). - Rojo (pardo perlino, naftoles, toluidina) y violetas.

Pigmentos	Descripción	Tipos/Detalle
Inorgánicos	Se obtienen de minerales o metales y son indispensables para obtener colores puros y ecológicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Amarillo (azoico, bencidina), naranja, azul y violeta, etc. - Bióxido de titanio (blancos). - Óxido de hierro (amarillo, rojos y negros). - Azul de Prusia. - Amarillos cromo, tonos verdes a rojo, etc.
Por su acción		
Acción estética	Pigmentos de carga	No proporcionan opacidad suficiente por sí mismos, se emplean para aumentar el espesor.
	Pigmentos de color	Aportan el componente cromático con colores originales.
Acción técnica	Son utilizados para la protección de la carrocería, la propia pintura y en ciertos casos para proteger el entorno.	<ul style="list-style-type: none"> - Anticorrosivos o de protección. - De propiedades específicas (dispersantes, para interiores, bioactivos).
Por su color		
Tradicionales	Conformado por todos los colores del círculo cromático, y tonos intermedios.	<ul style="list-style-type: none"> - Blanco de (zinc, plata). - Rojo minio de plomo. - Amarillo de zinc, etc.

Pigmentos	Descripción	Tipos/Detalle
Colores metalizados y perlados	Se añaden al color principal para aportar cambios de tono y/o brillo cuando se observa de diferentes ángulos.	
Colores nuevos	Aportan a los colores existentes reflejos y sensaciones de profundidad e incluso cambio de tono y color.	
Nuevos pigmentos	Se emplean para dar reflejos y crear nuevos colores.	<ul style="list-style-type: none"> - Negro de grafito. - Óxido de titanio micronizado. - Escamas de ftalocianina.
Por su aspecto final		
Monocromáticos o lisos	Se consideran de un solo tono variando su brillo de acuerdo a la capa de barniz que les cubre.	<ul style="list-style-type: none"> - Pigmentos metalizantes o metalizados. - Se aplican en sistemas de varias capas.
Colores irisados, mica, perlados o nacarados	Son colores en el que su tono varía en función al ángulo de reflexión de luz.	<ul style="list-style-type: none"> - Con un solo recubrimiento. - Con doble recubrimiento.

Nota. Tomado de Tratamiento y recubrimiento de superficies. 2010 por Águeda Casado, E., García Jiménez, J. L., Gómez Morales, T., & Martín Navarro, J.

Se pueden clasificar a las pinturas por su aplicación en pinturas de fondo y en pinturas de acabado.

Las pinturas de fondo o de reparación son las que se aplican después de la preparación de la superficie, es la primera capa de pintura y es la que está en contacto directo con el material de la autoparte por ello deben tener ciertas características diferentes a las de las pinturas de acabado como, por ejemplo: sirven como base para la pintura de acabado, tiene un poder de cubrimiento mayor para rellenar ciertas imperfecciones, aislar a la chapa de las condiciones ambientales, también sirven como aislante acústico de ruidos y vibraciones. (Acedo Zambrana, 2012)

Las pinturas de acabado son las que dan el color definitivo y el aspecto estético (podemos diferenciar dos acabados mate o brillante) de la superficie. Dependiendo de las características de estas pinturas estas se pueden clasificar en: monocapa, bicapa, tricapa y cuatricapa. (Acedo Zambrana, 2012)

Herramientas y equipos de pintado

Se puede identificar las herramientas y equipos utilizados en el proceso de pintado en función a la ejecución ordenada de este proceso, es decir podemos identificar los siguientes procesos principales: preparación de la superficie, aplicación de pintura de fondo y la aplicación de pinturas de acabado. Generalmente en el primer proceso se emplean máquinas eléctricas o neumáticas para realizar el lijado de la superficie, amoladoras cuando se requiere realizar desbaste en gran volumen de la superficie, compresor de aire y varias herramientas manuales (tacos de lijar, cepillos de alambre, gratas, materiales para la limpieza, etc.). Para los dos últimos procesos que son los correspondientes a la aplicación de pintura se tienen las herramientas de aplicación de pintura (pistolas de succión o gravedad, aerógrafos, aplicadores de recubrimientos especiales, etc.), equipos de secado y el suministro del aire comprimido efectuado por el compresor.

También es necesario mencionar los equipos de protección personal EPP necesarios para efectuar los procesos de pintura con seguridad y generar una salud laboral en el área de

pintura, donde se identifican los equipos de protección respiratoria y equipos de protección dérmica (monos o buzos con capucha, guantes y gafas). (Águeda Casado, García Jiménez, Gómez Morales, & Martín Navarro, 2010)

Tabla 3

Herramientas y equipos de pintado

Denominación	Detalle
Equipos de protección personal.	<ul style="list-style-type: none"> - Mascarillas (protectoras de partículas, de carbón activo protectora de gases y polvos, con protección de ojos). - Guantes (de vinilo, de nitrilo, de látex). - Gafas (de patilla, de protección total).
Equipos de generación, distribución, regulación y purificación de aire comprimido.	<ul style="list-style-type: none"> - Compresor. - Equipos de distribución del aire comprimido. - Grupos o equipos de filtrado, regulación y lubricado de la línea de aire comprimido.
Equipos de aplicación.	<ul style="list-style-type: none"> - Pistolas convencionales de succión o gravedad. - Pistolas de alta tasa de transferencia: HVLP o híbridas. - Otras pistolas (pistola antigraavilla, pistolas de sellado)
Equipos de secado.	<ul style="list-style-type: none"> - Secado por convección de aire caliente (cabinas). - Secado por IR de corta onda o media - Secado por UV (ultravioleta). - Pistola de secado para pinturas al agua.

Denominación	Detalle
Equipos auxiliares utilizados en el área de pintura.	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo de mantenimiento básico. - Balanza de precisión. - Recicladores de disolvente. - Horno secador de probetas. - Filtros para pinturas. - Gamuzas atrapa polvos. - Pulidoras. <p>Cabina para la comprobación de probetas.</p> <p>Lámpara de comprobación de color.</p>

Nota. Adaptado de Pintado de vehículos. 2012 por Acedo Zambrana, M. Á.

Productos y proceso para el enmascarado

El enmascarado conocido en varios talleres de enderezada y pintura a nivel nacional como “empapelado” es un procedimiento utilizado para cubrir las partes que no se deben pintar o delimitar el área de pintura por la aplicación de pintura u otros productos, por medio de cintas adhesivas, papeles o plásticos.

Según (Águeda Casado, García Jiménez, Gómez Morales, & Martín Navarro, 2010) el enmascarado es un proceso para proteger las partes del vehículo que no se deben pintar protegiéndolas en: el pintado para tapar las piezas que no se van a pintar, en el lijado para evitar los daños o raspaduras producto de este procedimiento, en el manejo del vehículo por el taller para no ensuciar la tapicería de los asientos y las alfombrillas, volante, etc., y en el secado para evitar el daño de plásticos o elastómeros por la temperatura de secado.

El proceso de enmascarado está sujeto a variaciones por varios factores, sin embargo, se tienen ciertas recomendaciones en función a la pieza o área a enmascarar y a su finalidad, en gran porcentaje es adquirido por la experiencia de los pintores la misma que formará la técnica de este proceso. Se podría nombrar el siguiente procedimiento en base a la experiencia: como primer punto se tiene la limpieza del área en donde se va a pegar las cintas adhesivas, delimitar el área a enmascarar con el uso de cintas adhesivas para posterior colocar el papel o plástico para cubrir el área que no se debe pintar y por último asegurarse de que el papel o plástico se encuentra fijo para ello si es necesario se coloca cinta adhesiva donde se requiera.

Tratamientos anticorrosivos (pintura anti gravilla)

La pintura anti gravilla que en el Ecuador este producto es distribuido bajo el nombre de “bate piedra” por ciertos almacenes de pinturas, esta pintura que tiene la propiedad de elasticidad mayor al resto de pinturas lo que le otorga la capacidad de absorber impactos, evitando que los objetos que se chocan con la carrocería hagan desprender la capa de pintura, es por esto que la pintura anti gravilla está compuesta de resinas sintéticas, elastómeros o caucho como productos base. (Águeda Casado, García Jiménez, Gómez Morales, & Martín Navarro, 2010)

Según (Águeda Casado, García Jiménez, Gómez Morales, & Martín Navarro, 2010) el siguiente es el proceso para la aplicación de pintura anti gravilla:

- Limpiar correctamente la zona en la cual se aplicará esta pintura.
- Enmascarar las piezas que puedan resultar afectadas por la pulverización del producto.
- Preparación de las herramientas y productos.
- Leer las instrucciones de uso y aplicación del producto.
- Tintar la pintura (40 o 50% según el producto).

- Colocar el producto en recipiente del aplicador asegurándose de su ajuste hermético.
- Conectar la pistola al compresor de aire.
- Realizar dos o tres pasadas uniformes a una distancia de aplicación de 25 cm desde la superficie hasta la boquilla de la pistola.

Capítulo III

Desarrollo

Construcción o modificación del bastidor

Para comenzar con la construcción o modificación del bastidor primeramente se considerará el tipo de vehículo que se quiere obtener al final del proyecto en este caso un vehículo táctico militar.

Al conocer el tipo de vehículo que se desea construir se procede a la selección de uno de los diferentes tipos de bastidores que se fabrican en el ámbito automotriz, teniendo en cuenta las características que debe tener un vehículo táctico el cual debe circular por todo tipo de terreno.

Para saber que se tomó la decisión correcta del tipo de bastidor que se va a construir o modificar se realizara una tabla matemática, en la cual se dará valores de puntuación para reconocer cuál de los diferentes bastidores cumplen con las características necesarias para el proyecto.

Tabla 4

Puntuación según la importancia y cumplimiento.

Importancia	Cumplimiento	Puntuación
Alta	Bueno	3
Media	Regular	2
Baja	Malo	1

Nota. En la tabla se asigna valores de puntuación para la importancia y cumplimiento según las necesidades.

Teniendo en cuenta las puntuaciones de la tabla 4, se realiza otra con las necesidades para puntuarlas según el cumplimiento e importancia de los diferentes tipos de bastidores.

Tabla 5

Importancia por cumplimiento de los bastidores.

Necesidad	Importancia	Cumplimiento				Resultados			
		Perimétrico	Columna o "X"	Tubular	Independiente	Perimétrico	Columna o "X"	Tubular	Independiente
Peso	3	2	2	2	2	6	6	6	6
Espacio	2	3	1	2	3	6	2	4	6
Material	3	3	3	2	3	9	9	6	9
Montaje	2	2	2	2	3	4	4	4	6
Terreno	3	2	2	2	3	6	6	6	9
Resistencia	3	3	2	2	3	9	6	6	9
Total						40	33	32	45

Nota. En la tabla se muestra la importancia de las necesidades que deben tener los diferentes tipos de bastidores y sobre todo si las cumplen esto en base a la geometría del bastidor y las propiedades de los materiales.

Con la tabla realizada podemos identificar que el bastidor independiente es el más adecuado, tanto por la resistencia, el espacio y el terreno en que estos se destacan.

Ya seleccionado el bastidor independiente buscamos un vehículo que cumpla con esta condición para poder modificar su estructura y hacerlo como un vehículo táctico. El vehículo más mocionado es el "Trooper 4WD 4x4" el cual nos proporciona las características necesarias, ya que es un todo terreno con la suficiente potencia para realizar el trabajo que se requiera.

Desmontaje de la carrocería

Para realizar el desmontaje de la carrocería del vehículo Trooper se precede a:

- Retirar los componentes que se encuentran al interior del habitáculo como son paneles, asientos, volante, columna de dirección, entre otros.
- Desmontar las sujeciones o bases que una la carrocería con el chasis en la parte inferior como también en la parte trasera la salida del tanque de combustible.
- Retirar los pernos que fijan al motor con las bases de la carrocería, como también sus sistemas auxiliares ya sean de dirección, freno y suspensión.
- Una vez comprobado que no queda nada en el habitáculo que pueda ocasionar inconvenientes se procede a levantar la carrocería con ayuda de la herramienta adecuada.
- Ya levantada la carrocería se retira el chasis haciéndolo rodar, siempre con el cuidado de que nada se enganche o atraviese en el desmontaje.

Figura 8

Separación del bastidor independiente

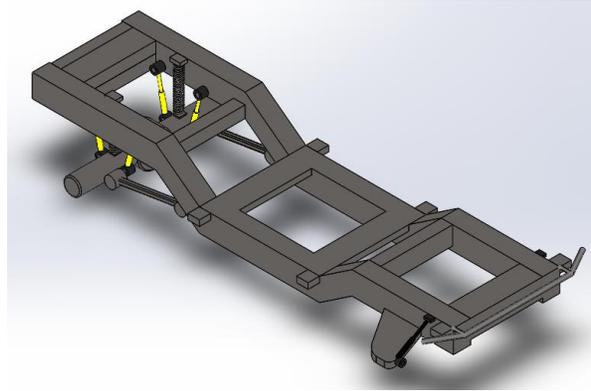


Nota. Se observa la separación del bastidor y la carrocería del vehículo trooper 4WD.

Para iniciar el trabajo de construcción o modificación en el bastidor se tiene presente el boceto creado previamente en el software de diseño (SolidWorks), con el cual se guiará para la construcción o modificación tanto del bastidor como de diferentes bases.

Figura 9

Boceto del bastidor independiente

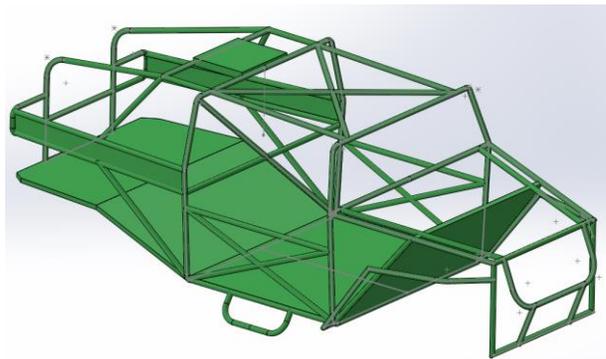


Nota. Se observa el boceto del bastidor correspondiente al vehículo trooper 4WD.

Para la construcción de la estructura de igual manera se tiene presente el boceto previamente realizado en el software de diseño.

Figura 10

Boceto de la estructura



Nota. Se observa el boceto de la estructura tubular la cual se le va a ensamblar al bastidor del vehículo trooper 4WD.

Selección del material para la construcción de la estructura

Ya definidos los tipos de materiales que suelen ser utilizados para la construcción de bastidores se realiza una tabla con las necesidades del material para puntuarlas según su cumplimiento e importancia, se puntuara como se indica en la Tabla 1.

Tabla 6

Importancia por cumplimiento de los materiales.

Necesidad	Importancia	Cumplimiento				Resultados			
		Fibra de carbono	Aluminio	Acero ASTM A36	Acero ASTM A500	Fibra de carbono	Aluminio	Acero ASTM A36	Acero ASTM A500
Peso	2	3	2	2	2	6	4	4	4
Resistencia	3	1	2	3	3	3	6	9	9
Costo	2	3	2	1	2	6	4	2	4
Disponibilidad	3	2	2	3	3	6	6	9	9
Total						21	20	24	26

Nota. En la tabla se muestra la puntuación que se le dio a los materiales utilizados para la construcción de bastidores según la necesidad que requerimos.

Ya que en el país no existen normativas para la construcción de vehículos tácticos de tipo militar, se implementó con normativas internacionales como la RFEDA (Real Federación Española de Automovilismo) y normativas nacionales de construcción de autobuses para conocer las características que deben cumplir como norma de seguridad los materiales.

En base a las normas que nos indica la RFEDA para la seguridad de los militares en prototipos de los todo-terreno, la selección de los materiales para su construcción estructural

tubular debe ser de acero al carbono el cual es estirado en frio sin soldadura, y suele tener un espesor de 2mm y un diámetro de 40mm.

Con las características del acero a utilizar se procede a ver la disponibilidad de este en el país, con lo cual se encuentra la normativa NTE INEN 2415 la cual nos hace referencia a tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales, en el cual se encuentra el acero estructural ASTM A500.

Figura 11

Propiedades del material

Grado	Descripción	Límite de fluencia mínima (MPa)	Resistencia a la tracción mínima (MPa)	Elongación mínima en 50 mm ^A %
AC	Tubo para usos generales	--	290	≥ 35
A	Tubos estructurales sección circular	230	310	25 ^B
B		290	400	23 ^C
C		315	425	21 ^D
D		250	400	23 ^C
A	Tubos estructurales sección cuadrada, rectangular o especial	270	310	25 ^B
B		315	400	23 ^C
C		345	425	21 ^D
D		250	400	23 ^C

¹ ASTM A500/A500M Table 2 Tensile requirements.

^A El mínimo valor de elongación especificado aplica únicamente a los ensayos realizados antes del envío del tubo.

^B Se aplica a espesor de pared (e) igual o mayor a 3,05 mm. Para espesores menores del especificado, el valor mínimo de elongación en 50 mm debe ser calculado por la ecuación % = 2,2 e + 17,5 redondeado al espesor más cercano.

^C Se aplica a espesor de pared (e) igual o mayor a 4,57 mm. Para espesores más ligeros el mínimo valor de elongación en 50 mm debe ser calculado por la formula = 2,4 e + 12 redondeado al espesor más cercano.

^D Se aplica a espesor de pared (e) igual o mayor a 3,05 mm. Para espesores más ligeros el mínimo valor de elongación en 50 mm, puede ser por acuerdo con el fabricante.

Nota. En la figura se detallan las propiedades de material tanto para tubo circular como cuadrado. Tomado de (NTE INEN 2415, 2016)

La selección del acero ASTM A500 de grado A es apto para estructuras de tubo circular, pero también se lo puede encontrar como tubo cuadrado.

Figura 12*Tubo ASTM A500*

Nota. En la figura se aprecia el material adquirido para la construcción de la estructura.

Otros materiales utilizados para cubrir y dar estética a ciertas partes de la estructura del vehículo fueron:

- Para el piso, ya que es un conjunto de chapas que suelen ir unidas al bastidor por medio de soldadura se utilizó planchas de Tool de 3mm.

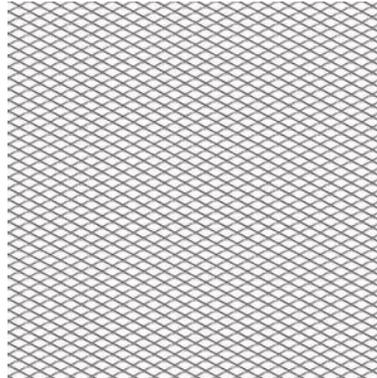
Figura 13*Plancha de Tool*

Nota. En la figura se observa el material utilizado para la construcción del piso del vehículo como también para cubrir otras zonas necesarias.

- Para zonas donde se desea proteger, pero también dar estética como sería la parte frontal del vehículo y algunas laterales se utilizó una plancha extendida de acero inoxidable de patrón romboidal.

Figura 14

Plancha extendida de acero inoxidable



Nota. En la figura se observa la malla utilizada para cubrir ciertas partes de la estructura del vehículo.

Construcción de la estructura

Una vez obtenidos los materiales necesarios para la construcción de la estructura y con la utilización de los bocetos realizados, se procede a realizar perfiles con varillas moldeables con el fin de conocer si las medidas son las correctas para continuar con el proceso de doblado y cortado de tubos.

Figura 15*Perfil de varilla*

Nota. En la figura se observa el perfil realizado con las medidas del boceto de la estructura del vehículo.

Doblado o curvado de tubos

Con la verificación de las medidas en el perfil, se procede al doblado en frío de los tubos según correspondan al boceto diseñado. Se marca el inicio con el fin de que los dobleces sean precisos, se ayudara del perfil moldeado.

Figura 16*Doblado de tubo de sección circular*

Nota. En la figura se visualiza el comienzo del proceso de doblado del material.

El doblado se realiza de forma manual con el fin de obtener la curvatura deseada y evitar las imperfecciones como son las arrugas en la curvatura, luego se corta el material excedente de ser el caso.

Figura 17

Tubo de sección circular doblado



Nota. En la figura se aprecia el tubo ya doblado acorde al perfil de la figura 15.

Corte del material

Para el corte del material se procede a marcarlo con la medida final, teniendo en cuenta que al momento del corte se consumirá un poco de material. El corte se realizará con el uso de la herramienta adecuada para el proceso, el corte debe ser preciso para no tener inconvenientes en la soldadura.

Figura 18

Corte del material



Nota. Se observa el posicionamiento del material previo a ser cortado.

Preparación de perfiles del material

Los nodos o uniones de los tubos correspondientes a la estructura se las realiza con el fin de que encajen uno con otro, por lo que se realizara diferentes cortes con el objetivo de perfilarlos para que el proceso de soldadura sea más rápido y eficaz.

Figura 19

Corte perfil del tubo

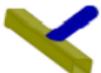


Nota. Se observa el corte en perfil del tubo para que se pueda ensamblar con otro, este corte se denomina boca de pescado.

Al material se le puede terminar con diferentes perfiles según sea la necesidad y a donde vaya a ir soldado, lo importante es que el tubo se pueda ensamblar correctamente al otro para su soldadura.

Figura 20

Perfiles del tubo

Tubo redondo		
Tipo de borde	Imagen	Ensamble
Corte recto o escuadra		
Corte en ángulo		
Corte boca de pescado		
Corte tipo silla de montar		

Nota. Se observa los diferentes tipos de perfiles de tubo de sección circular. (Pauta & Villacis, 2012)

Antes de realizar el proceso de soldado se verifica que los tubos se encuentren limpios tanto de óxido, grasa u otras suciedades.

Procedimiento de soldadura

Una vez culminado los siguientes procesos previos al de soldadura:

- Selección y corte de los materiales (tubos redondos, tubos cuadrados, platinas, planchas)
- Doblado de los tubos.
- Perforaciones de placas base.
- Corte (plasma) de las planchas de tool corrugado.
- Corte de la plancha expandida de acero inoxidable de patrón romboidal.

La soldadura de estos materiales para la implementación del piso y estructura de la carrocería del vehículo táctico militar se detalla a continuación:

Tabla 7*Especificación de soldadora Porten.*

Parámetro	Valor
Voltaje de entrada	220 V Monofásico
Consumo máx. de corriente	25 A
Rango de trabajo	30 - 145 A
Diámetro de alambre	0.6 – 0.8 – 0.9 mm
Peso	28 kg
Dimensiones	54x40x44 cm

Nota. En la tabla se muestra los parámetros de funcionamiento de la soldadora Porten usada en el proceso de soldadura. Tomado de (Galisteo, s.f.)

Existen diferentes valores establecidos por catálogo para rollos de alambre sólido para soldadura MIG/MAG.

Tabla 8*Parámetros de voltaje y amperaje del electrodo en función de su diámetro*

Diámetro de alambre	Amperaje	Voltaje
0.023" (0,6 mm)	40 - 90	14 - 16
0.030" (0,8 mm)	60 - 140	14 - 16
0.035" (0,9 mm)	70 - 1 80	15 - 21
0.045" (1,2 mm)	110 - 230	18 - 30

Nota. Valores para rollos de alambre sólido para soldadura MIG/MAG. Tomado de (Carbone Store CR, s.f.)

Para la selección del alambre se considera que el material a soldar es de acero al carbono, por ese motivo, se utilizará el alambre tipo ER 70S – 6.

Con lo mencionado, en la selección del diámetro se considera los valores de la tabla (7) y (8), en función al valor de amperaje de trabajo de la soldadora Porten, en donde se selecciona el alambre con diámetro 0.023" (0,6 mm) que opera dentro del margen de corriente requerido.

Pasos para el proceso de soldadura

Soldadura de los tubos de la estructura de la carrocería

- a) Preparar de los materiales que conforman el perfil estructural, en este caso los tubos cuadrados y redondos.
- b) Colocar los materiales en su posición para ello es de gran ayuda los planos para la construcción de la carrocería.
- c) Seleccionar los parámetros de funcionamiento de la maquina soldadora en función al proceso y materiales a soldar.
- d) Soldar los materiales con la técnica de punteo, es decir realizar puntos de suelda sobre los materiales a soldar, ya que debido a la deformación que sufren estos al momento de la soldadura si realizamos un cordón de suelda continuo lo más probable es que se generen desfases de las dimensiones.

Figura 11

Punteado de los tubos de la estructura del vehículo táctico militar



Nota. Se visualiza el punteado de soldadura para evitar deformaciones.

e) Rematar (cordones de soldadura) los tubos de la estructura de la carrocería.

El cordón de soldadura aplicado para la unión de los tubos, es la soldadura de ranura bisel en V por el perfil y la forma del material.

Figura 22

Cordón de soldadura de ranura bisel en V



Nota. Se observa el cordón de soldadura realizado en la estructura.

Soldadura del tool para el piso, laterales y parte frontal de la carrocería

- a) Colocar los materiales en posición adecuada para tener mayor maniobrabilidad al momento de realizar el proceso.
- b) Dar puntos de soldadura entre el tool que va en el piso y la estructura tubular, todo esto para evitar posibles deformaciones que se puedan dar al realizar un cordón de soldadura directo.
- c) Fijar puntos de suelda del tool que va dentro de la cabina de los ocupantes y del resto de la parte frontal del vehículo.
- d) Una vez fijado el tool, se procede a realizar el cordón de soldadura final en donde se aplica una soldadura de ranura bisel para bordes rectos.

Figura 23

Soldadura del piso de la carrocería del vehículo táctico.



Nota. Después de la técnica de punteado para fijar las diferentes partes del piso, se procede a dar el cordón de soldadura final para unir por completo cada parte que conforma el piso.

Soldadura de las mallas de la carrocería

- a) Coloca la plancha expandida de acero inoxidable de patrón romboidal en su posición, esto aplica para la parte frontal y lateral en donde se aplicarán estas planchas.
- b) Soldar la plancha a los tubos de la estructura correspondientes, para ello por la constitución física de la malla se soldará la misma con puntos de suelda a lo largo del perímetro.

Figura 24

Soldadura de las planchas expandidas o mallas laterales



Nota. Se aplica la soldadura por técnica de punteado para unir la plancha expandida a los tubos de la estructura.

Procedimiento del ensayo por inspección visual

Para realizar el ensayo por inspección visual en el vehículo militar se toma en cuenta únicamente la inspección visual directa, en donde la vista del inspector será el elemento

principal para determinar dicha evaluación, también se puede apoyar de aparatos lumínicos como linternas.

Preparación de la superficie

Se debe limpiar del área en donde se procederá a realizar la inspección visual, con el fin de que se pueda apreciar correctamente si el cordón de soldadura presenta alguna anomalía y esta no sea ocultada por algún residuo o suciedad.

Otro punto a considerar es la iluminación, se debe tener una correcta visibilidad en cuanto a luz de las áreas a evaluar, para esto se ubica el vehículo en una zona en donde la luz solar ayuda a tener una correcta visibilidad de la estructura en general.

Figura 25

Estructura ubicada en la zona para la inspección visual



Nota. Ubicación de la estructura del vehículo militar para mejor visibilidad del inspector.

Inspección

Para la inspección se considera que la junta soldada no tenga fisuras, ni puntos en donde haya hendiduras o huecos. Esto se realiza en cada área de unión en donde se produce la junta por soldadura de la estructura.

Análisis

Realizada la inspección se procede a la toma de datos, en donde se dará un criterio en caso de que las áreas inspeccionadas estén en correcto estado o exista alguna anomalía, estos criterios luego se corroboran con la ayuda del ensayo por líquidos penetrantes.

Procedimiento del ensayo por líquidos penetrantes

Selección del kit para el ensayo de líquidos penetrantes

Para realizar el ensayo con líquidos penetrantes se adquirió un kit disponible en Ecuador llamado Detector de grietas WEICON.

Figura 26

Detector de Grietas WEICON



Nota. Kit de líquidos penetrantes utilizado para el ensayo no destructivo.

A continuación, se detallan algunas características del producto.

Tabla 9*Características de los líquidos penetrantes usados en el END*

Líquido	Descripción	Normas y prescripciones
Limpiador	Limpiador neutro utilizado para la inspección a base de colorantes penetrantes.	Aprobados según DIN EN ISO 3452-2. Contenido bajo en azufre y halógeno según DIN EN ISO 3452-2 y Código ASME, sección V, Artículo 6.
Penetrante	Revelador hecho mediante un disolvente y fijo al color, usado para la inspección a base de colorante penetrante.	
Revelador	Es un colorante penetrante rojo una capacidad de fluencia alta para los ensayos no destructivos de materiales – lavable con disolventes.	

Nota. Se detalla la descripción, normas y prescripciones de cada líquido usado. Tomado de (WEICON, 2022)

El proceso consta de distintos pasos los cuales tienen un orden específico para que la aplicación de los líquidos penetrantes de un correcto resultado.

Limpieza y preparación

Se debe limpiar cuidadosamente los elementos a examinar para liberarlos de residuos como aceite, polvo, óxido, etc. Para la limpieza se aplica el WEICON Detector de Grietas – Limpiador, el mismo que se deja secar en un lapso de tiempo entre 5 y 10 minutos. Luego con un paño sin pelusa se limpia la zona en donde se aplicó el líquido.

Figura 27

Limpieza y preparación de las superficies



Nota. Se aplica el WEICON Detector de Grietas – Limpiador en la junta de soldadura.

Aplicación del penetrante

Con la superficie del elemento seca, se va a aplicar el WEICON Detector de Grietas – Penetrante, con una distancia considerable de 20 cm de la superficie, dejándolo actuar en un lapso de 5 a 10 minutos.

Figura 28

Aplicación del líquido penetrante



Nota. Se emplea el WEICON Detector de Grietas – Penetrante a una distancia aceptable.

Figura 29

Secado del líquido penetrante.



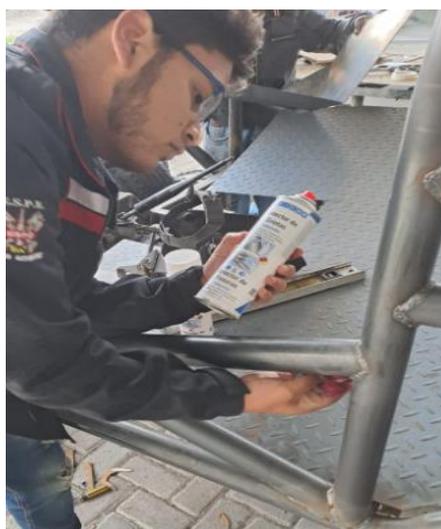
Nota. Esperar el tiempo recomendado para que el líquido penetre y se seque.

Limpieza del penetrante.

Se rocía un paño sin pelusa con el WEICON Detector de Grietas – Limpiador para luego realizar una limpieza profunda de la zona en donde se aplicó el penetrante.

Figura 30

Limpieza del líquido penetrante aplicado.



Nota. Se realiza una limpieza con el WEICON Detector de Grietas – Limpiador quitando los residuos del penetrante.

Aplicación del revelador

Rociar el WEICON Detector de Grietas – Revelador considerando una distancia de 20cm. Utilizar una cantidad razonable hasta que se cree un fondo blanco en la superficie de la soldadura del elemento. Después de un lapso de 5 a 15 min se podrá observar los fallos en forma de líneas o puntos rojos intensos sobre el fondo blanco.

Figura 31

Aplicación del revelador en la superficie

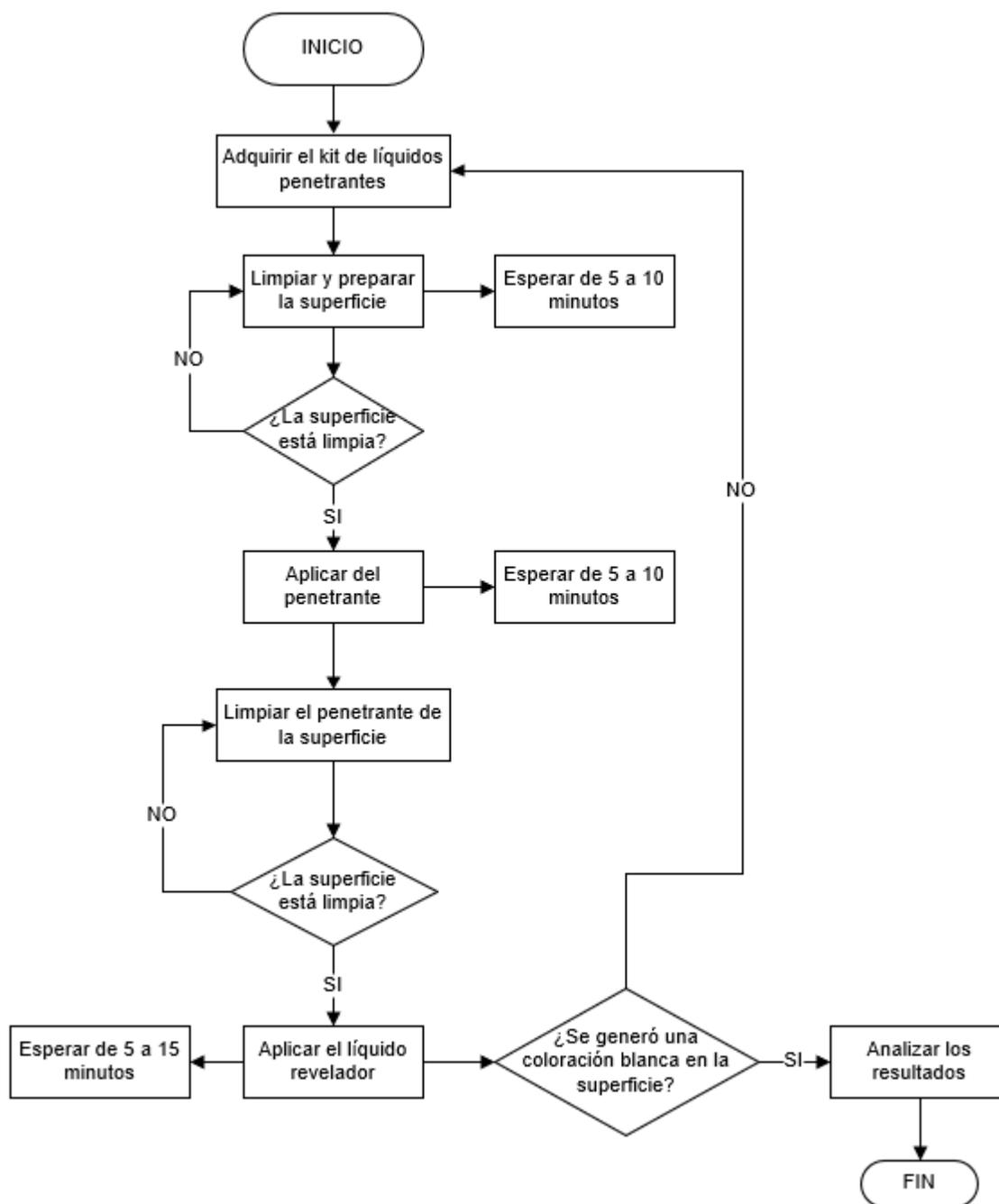


Nota. Después del tiempo establecido de aplicación del WEICON Detector de Grietas – Revelador, se obtiene un fondo blanco en donde se indicará las fallas en forma de puntos rojos.

Al finalizar el proceso se puede dar un diagnóstico de los resultados que muestran las superficies soldadas.

Figura 32

Flujograma del proceso del ensayo mediante líquidos penetrantes



Nota. El flujograma contempla los pasos a seguir para aplicar los líquidos penetrantes en las superficies de prueba del vehículo táctico militar.

Procedimiento de pintura del bastidor y carrocería

Se puede identificar los siguientes procesos necesarios para el pintado del bastidor y carrocería del vehículo táctico militar:

- Aplicación de pinturas fondo.
- Aplicación de pinturas de acabado.
- Aplicación de tratamiento anticorrosivo.

Pintado del bastidor

- a) Preparación de la superficie: Eliminar el óxido con ayuda del proceso de lijado en las zonas afectadas.
- b) Limpieza del bastidor: Para ello se utilizan productos desengrasantes con la finalidad de remover la acumulación de polvos o aceites.
- c) Enmascarado o empapelado de los componentes que no se deben pintar: En este caso cubrir: neumáticos, grupo de propulsión, mangueras, cableado eléctrico y demás componentes del chasis los cuales estén propensos a ser cubiertos con la pintura.
 - a. Aplicación de pintura fondo: Se aplica una capa de esta pintura la cual ayuda para igualar las irregularidades que hayan quedado después de la preparación de la superficie y proporcionar mayor adherencia cuando se aplique la pintura de acabado.
- d) Aplicación de la pintura antigraña (pintura de acabado):
 - Se aplica una capa de pintura antigraña inicial uniformemente.
 - Luego del tiempo de secado de la pintura antigraña, se procede a aplicar una segunda mano de la misma, con el fin de elevar la protección y tener un mejor acabado en la pintura del bastidor.

Figura 33*Enmascarado del chasis del vehículo táctico militar*

Nota. Se realiza el enmascarado de las partes que no se van a pintar del chasis del vehículo militar para aplicar la pintura en el bastidor.

Pintado del piso de la carrocería

- a)** Preparación de la superficie: Eliminar el óxido con ayuda del proceso de lijado en las zonas afectadas.
- b)** Masillado de las uniones de los tubos: Se utiliza una masilla de poliéster para rellenar, moldear e igualar las superficies que lo necesiten.
- c)** Lijado de la masilla: Se da un acabado final dando forma y quitando excedentes de masilla en cada punto aplicado con una lija apropiada.
- d)** Limpieza de la superficie: Para ello se utilizan productos desengrasantes con la finalidad de remover la acumulación de polvos (masilla) y aceite (recubrimiento de protección de los materiales de construcción).
- e)** Enmascarado o empapelado de los componentes que no se deben pintar: En este caso cubrir los componentes del resto de la carrocería los cuales estén propensos a ser cubiertos con la pintura.

Figura 34

Preparación del piso del vehículo táctico militar



Nota. La figura representa el proceso de pintado del piso de la carrocería, el mismo que contempla los pasos desde el literal a) hasta el literal e) mencionados en este proceso.

- f)** Aplicación de pintura fondo: Se aplica una capa de pintura la cual ayuda para igualar las irregularidades que hayan quedado después de la preparación de la superficie y proporcionar mayor adherencia cuando se aplique la pintura de acabado.
- g)** Aplicación de la pintura antigrailla:
 - Se aplica una capa de pintura antigrailla inicial uniformemente.
 - Luego del tiempo de secado de la pintura antigrailla, se procede a aplicar una segunda mano de la misma, con el fin de elevar la protección y tener un mejor acabado en la pintura del bastidor.
- h)** Aplicación de pintura de acabado: en este caso se usa una pintura sintética automotriz para dar el color final.

Figura 25

Pintura de fondo en el piso



Nota. La figura representa el proceso de fondeado posterior a la preparación de la superficie y el enmascarado.

Figura 36

Pintura antigraivilla aplicada



Nota. La figura representa el acabado final de la pintura antigraivilla (batepiedra) aplicada en el piso del vehículo táctico militar.

Pintado de la estructura de la carrocería

- a) Preparación de la superficie: Eliminar el óxido con ayuda del proceso de lijado en las zonas afectadas.
- b) Masillado de las uniones de los tubos: Se utiliza una masilla de poliéster para rellenar, moldear e igualar las superficies que lo necesiten.
- c) Lijado de la masilla: Se da un acabado final dando forma y quitando excedentes de masilla en cada punto aplicado con una lija apropiada.
- d) Limpieza de la superficie: Para ello se utilizan productos desengrasantes con la finalidad de remover la acumulación de polvos (masilla) y aceite (recubrimiento de protección de los materiales de construcción).
- e) Enmascarado o empapelado de los componentes que no se deben pintar: En este caso cubrir los componentes del resto de la estructura los cuales estén propensos a ser cubiertos con la pintura.
- f) Aplicación de pintura fondo: Se aplica una capa de pintura la cual ayuda para igualar las irregularidades que hayan quedado después de la preparación de la superficie y proporcionar mayor adherencia cuando se aplique la pintura de acabado.
- g) Aplicación de la pintura antigraffiti:
 - Se aplica una capa de pintura antigraffiti inicial uniformemente.
 - Luego del tiempo de secado de la pintura antigraffiti, se procede a aplicar una segunda mano de la misma, con el fin de elevar la protección y tener un mejor acabado en la pintura del bastidor.
 - Nota: La aplicación de esta pintura en este caso se aplica de forma seccionada en áreas determinadas de la estructura de la carrocería.
- h) Aplicación de pintura de acabado: En este caso se usa una pintura sintética automotriz para dar el color final.

Figura 37

Resultado final del proceso de pintura

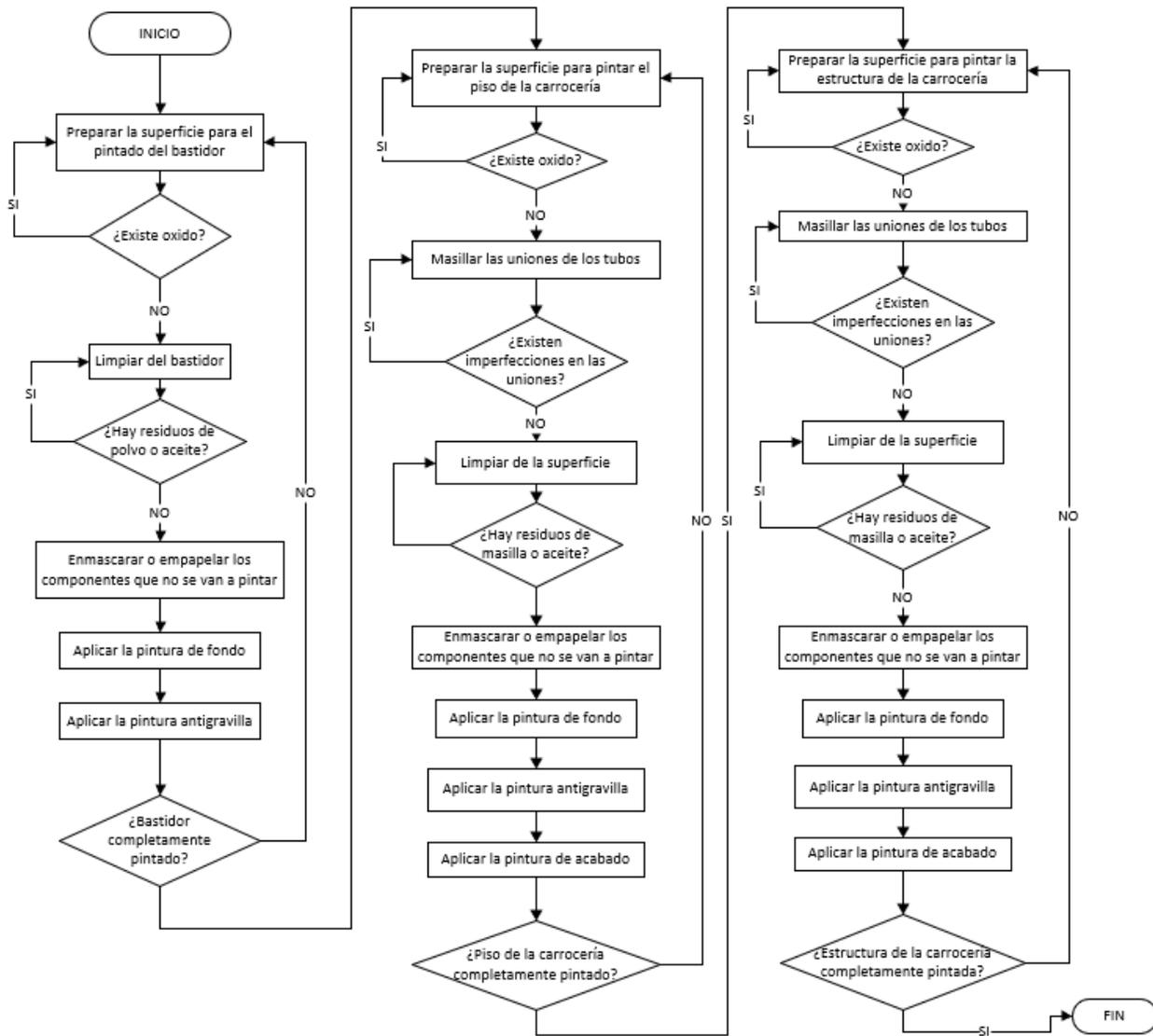


Nota. Se obtiene el resultado final de la pintura aplicada al vehículo táctico militar

Se realiza un flujograma para conocer cómo se realiza el proceso de pintado, teniendo en cuenta que si existen fallas se debe realizar otra vez el proceso determinado y en caso de cumplir todos los pasos verificar que el pintado sea correcto.

Figura 38

Flujograma del proceso de pintado del vehículo táctico militar



Nota. El flujograma contempla el pintado del bastidor, piso y estructura de la carrocería del vehículo táctico.

Capítulo IV

Análisis

El material que cumple con las características necesarias para la construcción de la estructura es el acero ASTM A500, el cual además de tener las propiedades que se detallan en la Figura 10, consta de buena disponibilidad en el mercado industrial.

La soldadura MIG es la seleccionada para la unión del material de la estructura, esta produce un arco que está protegido por un gas en que estará almacenado en tanque, en este proceso se utilizará el alambre tipo ER 70S – 6 y con los datos proporcionados en las Tablas (7) y (8) se selecciona el diámetro del alambre que es 0.023" (0,6 mm).

Defectos en la soldadura

Al realizar el proceso de soldadura se puede tener varios defectos ya sea por el material o por la resistencia de la misma, la revisión de estos defectos puede realizarse a través de inspección visual, como también de ensayos no destructivos como son por tintas penetrantes.

En las inspecciones visuales se pueden encontrar varios defectos que luego deben ser reparados para que la soldadura tenga la resistencia adecuada.

Fisuras

Son defectos que ocurren por discontinuidades o separaciones en el proceso de soldadura suelen observarse como grietas en la superficie de la unión.

Figura 39

Fisura en la soldadura



Nota. Fisura en la estructura a causa de la suelda

Porosidad

Es un defecto de la soldadura que se presenta en forma de huecos o poros los que se forman por pequeñas burbujas que produce el gas en el proceso. Estos poros si no se corrigen suelen hacer que la soldadura reduzca su fuerza.

Figura 40

Poros en la soldadura



Nota. Poro en la estructura a causa de la suelda

Una vez identificado mediante inspección visual los defectos que tienen los diferentes puntos de soldadura, se aplicara el ensayo por tintas penetrantes para poder determinar con mejor exactitud la ubicación del defecto de la soldadura.

Las tintas se aplicarán en cada una de las uniones soldadas siguiendo los pasos que se detallan en el flujograma de la figura 32, con el fin de conocer el estado de las uniones y si se necesita repararlas.

Para el análisis de la mayoría de las uniones, se toma en cuenta diferentes vistas de la estructura.

Análisis de las uniones soldadas

Vista lateral izquierda

Figura 41

Uniones soldadas vista LI



Nota. Se observa cada unión soldada de la vista lateral izquierda.

Realizadas las pruebas con las tintas penetrantes se continua con la toma de datos, en la cual se detallará el estado de las uniones soldadas, si la unión presenta defectos se anotará en observaciones las cuales deberán ser corregidas.

Tabla 10

Estado de las uniones soldadas vista LI

N° Unión Soldada	Estado	Observación
1	Buena	
2	Buena	
3	Regular	Falta de fusión y poros
4	Regular	Poros
5	Regular	Falta de fusión
6	Buena	
7	Buena	
8	Buena	
9	Regular	Poros

Nota. Se detalla el estado de cada unión soldada de la vista LI (lateral izquierda).

Vista lateral derecha

Figura 42

Uniones soldadas vista LD



Nota. Se observa cada unión soldada de la vista lateral derecha.

Con las pruebas realizadas en la parte lateral derecha de la estructura de igual manera se procede a la toma de datos para conocer el estado de cada unión soldada.

Tabla 11

Estado de las uniones soldadas vista LD

N° Unión Soldada	Estado	Observación
1	Regular	Poros
2	Buena	
3	Regular	Poros
4	Regular	Poros
5	Buena	
6	Regular	Falta de fusión y poros
7	Regular	Fisura
8	Buena	
9	Regular	Poros

Nota. Se detalla el estado de cada unión soldada de la vista LD (lateral derecha).

Vista Frontal

Figura 43

Uniones soldadas vista frontal



Nota. Se observa cada unión soldada de la vista frontal.

Aplicada las pruebas en la parte frontal de la estructura, se toma los datos y se analiza cada unión soldada.

Tabla 12

Estado de las uniones soldadas vista frontal

N° Unión Soldada	Estado	Observación
1	Buena	
2	Buena	
3	Regular	Poros
4	Regular	Poros
5	Buena	
6	Buena	
7	Buena	
8	Buena	

Nota. Se detalla el estado de cada unión soldada de la vista frontal.

Vista Posterior

Figura 44

Uniones soldadas vista posterior



Nota. Se observa cada unión soldada de la vista posterior.

Realizadas las pruebas en la parte posterior se analiza y obtiene datos para verificar el estado de las uniones soldadas.

Tabla 13

Estado de las uniones soldadas vista posterior

N° Unión Soldada	Estado	Observación
1	Regular	Poros
2	Regular	Poros y falta de fusión
3	Regular	Poros
4	Buena	
5	Buena	
6	Regular	Falta de fusión
7	Buena	
8	Buena	

Nota. Se detalla el estado de cada unión soldada de la vista posterior.

Con los datos adquiridos de los defectos que presentan las uniones soldadas se procede a realizar su reparación en caso de ser necesaria.

Reparaciones

Se ha realizado el análisis en uniones soldadas las cuales pueden ser considerados como puntos críticos, como es la unión N°3 detallada en la Tabla 10, a la cual se le debe realizar una reparación.

Figura 45

Unión N°3



Nota. Se observa la prueba realizada en la unión la cual presenta defectos.

En la Figura 45, se tiene la unión soldada en donde se visualizan puntos rojos los cuales corresponden a defectos de la soldadura, en este caso tiene porosidad y falta de fusión o penetración.

Para la reparación de esta suelda primeramente se realiza una limpieza exhaustiva, ya que los defectos se presentan debido a superficies sucias u oxidadas.

Con la ayuda de un cepillo de alambre se limpia la unión y se procede a retirar la mayoría de suelda que presenta defectos, con el fin de que se pueda realizar de nuevo el cordón de soldadura y esta sea aprobada.

Figura 46

Unión soldada reparada



Nota. Se tiene la unión soldada limpia y corregida para que se pueda realizar la nueva prueba con las tintas penetrantes.

Para finalizar el proceso de reparación de la unión soldada se repite tanto la inspección visual como las pruebas de tintas penetrantes para determinar si la unión se realizó con éxito y no sufrirá fallos posteriormente.

Figura 47

Pruebas en suelda reparada



Nota. Se observa la prueba realizada a la unión soldada la cual fue reparada por presencia de defectos.

Otra suelda a considerar para verificar su estado es la Unión N°1 detallada en la Tabla 13, a la que se debe realizar una reparación ya que existen porosidades que afectan la suelda, esta unión se puede considerar como punto crítico ya que se ensambla al bastidor.

Figura 48

Unión N°1



Nota. Se visualiza la prueba realizada en la unión la cual presenta defectos.

La suelda de la Figura 48 presenta puntos rojos los cuales en este caso nos indican porosidad debido a alambre utilizado y a la suciedad que se dio al momento de realizar el cordón de soldadura.

Para la reparación de la suelda de igual manera se limpia la zona y se lima la parte que está afectada retirando la suelda para proceder hacer un nuevo cordón.

Figura 49

Suelda reparada



Nota. Se tiene la suelda limpia y corregida para realizar nuevamente el ensayo por tintas penetrantes.

Para verificar el proceso de reparación se repite la inspección visual y las pruebas de tintas penetrantes para determinar si la suelda está bien realizada.

Figura 50

Pruebas en suelda reparada



Nota. Se visualiza la prueba realizada en la suelda reparada por presencia de defectos.

Con el análisis y reparación de cada unión soldada se tiene la confiabilidad de que la estructura no fallara ante movimientos irregulares o impactos.

Capítulo V

Marco administrativo

Recursos humanos

En este apartado se describe a las personas y/o entidades que dieron su colaboración a través de conocimientos, implementos, ayuda física, tutorías con el fin de lograr la culminación de la construcción de toda de la carrocería del vehículo táctico militar.

Tabla 14

Recursos humanos

Nombres	Aporte
JL COMPETICION	Edificación para la construcción del proyecto.
Ing. Leo Armas	Instrucción y edificación para la construcción del proyecto.
Ing. Alex Santiago Cevallos Carvajal	Tutor de tesis.

Nota. Se detallan a las personas y entidades que colaboraron durante la realización del proyecto de tesis.

Recursos materiales

En los recursos materiales se engloba los recursos tangibles que se usaron durante todo el proceso de construcción de la estructura del vehículo táctico militar. Los materiales se detallan a continuación.

Tabla 15*Recursos materiales*

	Descripción	Cantidad	Precio Unidad	Subtotal
	Tubo negro redondo de 2 pulgadas x 3 mm de espesor	6	\$20,00	\$120,00
	Tubo cuadrado de 2 pulgadas x 3mm de espesor	3	\$20,00	\$60,00
	Tool antideslizante negro	1	\$60,00	\$60,00
ESTRUCTURA DE LA CARROCERÍA	Tool liso negro	2	\$45,00	\$90,00
	Plancha expandida de acero inoxidable	6	\$80,00	\$480,00
	Doblado de tubos redondos	-	\$100,00	\$100,00
	Corte de tubos	-	\$40,00	\$40,00
	Varios	-	\$50,00	\$50,00
	Rollo de alambre MIG	2	\$35,00	\$70,00
	Tanque de CO2 de 6kg	1	\$157,00	\$157,00
SOLDADURA	Kit de prueba de líquidos penetrantes	1	\$80,00	\$80,00
	Varios		\$50,00	\$50,00

	Descripción	Cantidad	Precio Unidad	Subtotal
PINTURA	Pintura sintética automotriz verde (galón)	2	\$30,00	\$60,00
	Pintura sintética automotriz negro (galón)	1	\$30,00	\$30,00
	Masilla poliester 2kg	2	\$15,00	\$30,00
	Pintura antigraivilla negro mate (galón)	2	\$30,00	\$60,00
	Thinner laca (galón)	4	\$5,00	\$20,00
	Desengrasante industrial 1L	2	\$10,00	\$20,00
	Pistola de gravedad	1	\$40,00	\$40,00
	Pistola de aplicación de la pintura antigraivilla	1	\$17,40	\$17,40
	Varios		\$30,00	\$30,00
			TOTAL	\$1.664,40

Nota. Se detallan los recursos materiales usados con su cantidad y el precio de cada uno

Presupuesto

Dentro de los recursos materiales se engloba todos los gastos requeridos para la construcción de la carrocería del vehículo militar y se toma el valor total invertido. Se incluyen los gastos imprevistos durante el proceso de la realización del proyecto de tesis, dando como resultado el valor final para su culminación.

Tabla 16*Presupuesto*

Orden	Recursos	Total
1	Recursos materiales	\$1664.40
2	Imprevistos	\$200
	Total	\$1864.40

Nota. Se detalla el valor final requerido para terminar con el proceso de construcción de toda la carrocería del vehículo táctico militar.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Con la recopilación de información se obtuvo los datos necesarios para la construcción o modificación del bastidor, debido a las características que el vehículo debe poseer se determinó que el bastidor más adecuado para el proyecto es el independiente.
- Se realizó las tablas de importancia para la selección del material principal, se determina que el Acero ASTM A500 es el más indicado para la construcción de la estructura debido a sus propiedades mecánicas, bajo costo y disponibilidad en el mercado industrial.
- Con la selección del material adecuado se realizó diferentes procesos de conformado como el curvado de tubos el cual debe realizarse con las medidas estipuladas en el diseño con el fin de tener la estructura idónea para soldar.
- El proceso de soldadura electa, en este caso la soldadura MIG, cumple con los requerimientos necesarios para obtener un acabado de gran calidad al momento de acoplar y unir los diferentes elementos que conforman la carrocería del vehículo militar, ya que la soldadura MIG no generó una gran cantidad de residuos o escoria, tuvo una baja generación de humos lo cual no interrumpe ni dificulta el proceso de soldadura. Además de ser de fácil control para el operador y de generar una mínima salpicadura.
- Mediante el ensayo no destructivo por inspección visual se observaron ciertas anomalías existentes en los cordones de soldadura como: fisuras, poros, falta de fusión o penetración, esto con el fin de tenerlas en cuenta y corroborarlas al momento de aplicar el ensayo por líquidos penetrantes para su posterior corrección.
- Al aplicar el ensayo no destructivo por líquidos penetrantes se corroboraron las anomalías determinadas en el ensayo por inspección visual, además se observó el

grado de error que tenían los cordones de soldadura, sin embargo, la gran mayoría de cordones de suelda se encontraban en correcto estado, dando a conocer que el proceso de soldadura fue el apropiado.

- La corrección de las pocas fallas encontradas en ciertos cordones de soldadura fue un éxito, ya que se siguió el proceso adecuado de corrección y se volvieron a realizar las pruebas de ensayos no destructivos dando como resultado la desaparición de las anomalías detectadas anteriormente.
- Los procesos de pintura antigraña y pintura final aplicados ayudaron a proteger la estructura del vehículo de posibles daños como la oxidación, además de dar un acabado estético acorde a las características de un vehículo militar.

Recomendaciones

- Tener en cuenta al seleccionar los materiales a utilizar en la construcción que su disponibilidad en el mercado sea alta, ya que si toca importarlos se puede tener una demora imprevista.
- Para el proceso de soldadura es indispensable que se elija de manera adecuada los valores a los cuales la soldadora no tendrá falla.
- Se debe aplicar al menos 2 métodos de ensayos no destructivos a la carrocería del vehículo militar, esto con el fin de comprobar su fiabilidad verificando cada punto de unión.
- Cuando se aplique el método de ensayo no destructivo por líquidos penetrantes es recomendable verificar visualmente que el líquido penetrante se haya secado, ya que, en ciertos casos por factores climáticos, el líquido penetrante tarde más en secar.
- Al momento de realizar las respectivas correcciones en los puntos de soldadura con anomalías hay que volver a aplicar los métodos de ensayos no destructivos para verificar que la falla si se corrigió.
- Al momento de realizar cada uno de los procesos de construcción y ensayos de la estructura del vehículo militar, es importante utilizar los equipos de seguridad respectivos para evitar accidentes o daños durante el proceso.

Bibliografía

Acedo Zambrana, M. Á. (2012). *Pintado de vehiculos*. Málaga: IC Editorial.

Águeda Casado, E., García Jiménez, J. L., Gómez Morales, T., & Martín Navarro, J. (2010).

Tratamiento y recubrimiento de superficies. Madrid: Paraninfo, SA.

Alsimet . (05 de 07 de 2020). *El doblado de tubo de metal: tipos y aplicaciones*. Obtenido de

<http://www.alsimet.es/es/noticias/doblado-de-tubo-de-metal>

Carbone Store CR. (s.f.). *Catálogos Carbone Costa Rica*. Obtenido de

<https://carbonestore.cr/pages/catalogos>

Central de Repuestos TR. (02 de 06 de 2017). Obtenido de

<http://centralderepuestostr.com/bastidor/>

Ferreteria Industrial JB. (s.f.). *Ferreteria Industrial JB*. Obtenido de Ferreteria Industrial JB:

<http://www.ferreteriaindustrialjb.cl/producto/aerosol-revelador-tintas-penetrantes-indura/>

Galbarro, H. R. (06 de 2015). *El Bastidor de los vehiculos*. Obtenido de ingemecanica:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>

Galisteo, A. J. (s.f.). *Portentools*. Obtenido de Porten - Soldadoras eléctricas:

<https://www.portentools.com/soldadoras.php>

Industrial Sourcing. (15 de 05 de 2021). *Corte por plasma*. Obtenido de

<https://www.gestiondecompras.com/es/productos/conformado-de-chapa/corte-por-plasma/>

Mantenimiento de vehiculos. (s.f.). Obtenido de Cede.es:

https://www.cede.es/PDF/Mantenimiento_Vehiculos/temario_mantenimiento_vehiculos.pdf

Mott, R. (2009). *Resistencia de materiales*. Pearson.

Nisbett, R. G. (2008). *Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes de Shigley*.

Bogotá: Mc Graw Hill.

NTE INEN 2415. (2016). *NTE INEN 2415*. QUITO: INEN.

OXGASA. (s. f.). *Manual del soldador*. San Salvador : OXGASA.

Pauta, P., & Villacis, J. (2012). *Diseño y construcción de un vehículo biplaza de estructura tubular con motor monocilíndrico Yamaha YMF 200*. Universidad de Azuay, Cuenca.

Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/1444>

Puente. (24 de 10 de 2012). *TIPOS DE CARROCERÍA*. Obtenido de

<http://puentelara.blogspot.com/2012/10/tipos-de-carroceria-componentes.html>

Santos Villacrés, A. F. (2012). *Desarrollo e implementación de un sistema de control de calidad de soldadura con el uso de ensayos no destructivos en puentes metálicos utilizando la norma AWS D1.5 [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]*. Repositorio

Intitucional EPN. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/>

WEICON. (22 de 11 de 2022). *WEICON*. Obtenido de <https://www.weicon.es/>

Anexos