



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA INSTALACIÓN DEL TREN MOTRIZ Y DEL TREN TRASERO A LA CARROCERÍA, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMOTRIZ

Autores

Forzanti, Jorge C.I: 19.366.084

Rodríguez, Andrés C.I: 18.241.532

Tutor

Nelson Vílchez

Naguanagua, Noviembre del 2011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA INSTALACIÓN DEL TREN MOTRIZ Y DEL TREN TRASERO A LA CARROCERÍA, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMOTRIZ

*Trabajo especial de grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo para optar al
título de Ingeniero Mecánico*

Autores

Forzanti, Jorge C.I: 19.366.084

Rodríguez, Andrés C.I: 18.241.532

Tutor

Nelson Vílchez

Naguanagua, Noviembre del 2011



INTRODUCCIÓN

El proceso de ensamblaje de vehículos se logra a lo largo de tres etapas, se inicia con el ensamblaje de la carrocería que define la primera etapa; seguidamente se encuentra la etapa de pintura y finalmente la etapa de ensamblaje general, donde se le colocan a la carrocería todas las piezas y autopartes que juntas conforman el vehículo. En esta última etapa, se encuentra el área de casamiento, la cual comprende la instalación del tren motriz y del tren trasero a la carrocería.

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un sistema para la instalación del tren motriz y del tren trasero a la carrocería, tomando en cuenta que la selección del sistema utilizado para llevar a cabo dicha instalación, depende de la infraestructura existente, de las operaciones realizadas, de las condiciones actuales del área de casamiento y de los requerimientos de seguridad y ergonomía que exigen los organismos competentes a nivel nacional, lo que obedece directamente a los intereses de la empresa ensambladora en cuanto a políticas de prevención de accidentes, inversiones, producción y calidad de producto.

El desarrollo de este trabajo realizado en el área de casamiento, le permitirá a la empresa cumplir con las políticas de seguridad y ergonomía establecidas en la normativa vigente, garantizando la eliminación de las condiciones de riesgo tanto para sus operadores como para las piezas y partes involucradas en esta etapa de ensamblaje.

Para lograr un mejor entendimiento del presente Trabajo Especial de Grado, éste se estructura en ocho capítulos y una sección de anexos. El primer capítulo contiene la formulación del problema tratado, así como los objetivos planteados, la justificación del trabajo y los antecedentes que sirven de base para el desarrollo de la investigación. En el segundo capítulo se trata todo lo relativo a los aspectos teóricos de los sistemas para la



instalación del tren motriz y del tren trasero, en una empresa ensambladora de vehículos. El tercer capítulo, comprende las fases que conforman la metodología para el logro de los objetivos planteados, así como la descripción de los recursos a emplear en dichas fases. En el cuarto capítulo se realiza de forma descriptiva un diagnóstico de las condiciones actuales y se definen los riesgos involucrados a través de diferentes métodos, normas y estándares de seguridad. En el quinto capítulo se realiza de forma descriptiva, un análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de las estaciones pertenecientes al proceso de casamiento. En el sexto capítulo se exponen claramente las etapas y el desarrollo del diseño de los equipos que conforman el sistema propuesto. En el séptimo capítulo se presenta el estudio de la factibilidad económica de cada uno de los equipos y seguidamente en el octavo capítulo se realizan las evaluaciones de seguridad y ergonomía para las nuevas condiciones de trabajo. Posteriormente, se plantean las conclusiones y recomendaciones a las que dio lugar el estudio. Finalmente, en lo anexos se muestran algunas cotizaciones, descripciones técnicas, planos y métodos utilizados que sustentan los diseños realizados.



AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer en estas líneas a todas aquellas personas que de una u otra forma nos ayudaron durante el proceso de investigación y desarrollo de este trabajo:

A nuestras familias, abuelos, padres, tíos y hermanos, por su inmenso amor e inagotable apoyo, por ser la fuente inspiración y motivación para alcanzar cualquier meta propuesta.

A Liana Torres de Forzanti, que como madre, tutora y compañera nos guió en todo momento y en cada detalle, sirviéndonos como ejemplo de excelencia y constancia para la realización del presente trabajo.

Nuestra gratitud a la Facultad de Ingeniería de la ilustre Universidad de Carabobo por la formación ética y profesional que recibimos durante estos cinco años.

A nuestro tutor, el profesor Nelson Vílchez, quien ha venido guiándonos desde hace un año nuestra formación no solamente académica, sino como personas, por habernos dado la oportunidad de llevar a cabo este trabajo de grado, por su apoyo, dirección, paciencia y habernos orientado en todos los momentos que necesitábamos sus consejos.

A todos los profesores pertenecientes a la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo por habernos aportado parte de sus conocimientos y experiencias, haciendo que hoy en día sea la rama de la ingeniería que más nos apasiona; quisiéramos agradecer especialmente al profesor Edwin Peña y José Gutiérrez por su paciencia y todo el apoyo que nos brindaron en el desarrollo de la etapa de diseño y automatización en este proyecto de grado.

A la empresa General Motors de Venezuela C.A., por abrirnos sus puertas y darnos la posibilidad de desarrollar este trabajo; a los Ing. Jorge Giordanelli, Ing. Rafael Scovino e Ing. Alexander Naar por su apoyo, asesoría y tiempo en cada una de las etapas de la investigación.



Al Ing. Rafael Peña de la empresa FESTO C.A., por su incondicional asesoría y soporte técnico para la selección más apropiada de los componentes pertenecientes a la rama neumática.

A la Ing. Joana Thomson, por su tiempo y paciencia para con nosotros.

A todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este trabajo de grado, les hacemos extensivo nuestro más sincero agradecimiento.



DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen,
que día a día me bendicen.

A mis padres y hermanos,
que caminan a mi lado, multiplicando mis manos.

Y finalmente,
tanto al sol y a la luna, como a la tierra y al mar,
fuentes de energías, que no me canso de admirar.

Andrés Rodríguez Conforto



DEDICATORIA

Este trabajo especial de grado se lo dedico a Dios y a todos los seres queridos que de una u otra forma influenciaron en mi crecimiento personal y profesional a lo largo de toda mi carrera.

Jorge Enrique Forzanti Torres



BIBLIOGRAFÍA

- Faires VM., (1970). Diseño de Elementos de Maquinas. Editorial Montaner y Simó S.A., Barcelona España.
- Vílchez N., (2006). Estrategias creativas en el diseño mecánico. *Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.*



RESUMEN

El desarrollo de esta investigación se fundamentó en el diseño de un sistema para la instalación del tren motriz y del tren trasero a la carrocería, en una línea de producción automotriz, con la finalidad de plantear una solución que cumpliera con las normas COVENIN 3132-2001 en cuanto a seguridad y COVENIN 2245-1990 en cuanto al diseño, Método LEST en cuanto a evaluación global del puesto de trabajo, ergonomía y prevención de riesgos laborales, Sistema NTP 330 de evaluación de riesgos y accidentes y las Tablas de evaluación ergonómica de Snook y Ciriello, debido a la problemática existente en el área de casamiento, por las condiciones inseguras y ergonómicamente deficientes del sistema actual en uso.

El diseño del sistema estuvo enmarcado en el procedimiento planteado en “Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico” (Vilchez, 2001). Inicialmente, se realizó un diagnóstico y análisis de las condiciones actuales, para luego desarrollar el diseño utilizando el programa Autodesk® Inventor®, el cálculo y la selección de cada uno de los elementos mecánicos que conforman los tres equipos de trabajo. Posteriormente se diseñó y comprobó los esquemas neumáticos utilizando el programa FluidSIM® para la validación de la lógica neumática y la aprobación de los aspectos de seguridad exigidos por la empresa.

El sistema de elevación y las dos mesas de trabajo propuestas eliminan los factores de riesgo de lesión tanto a los operadores como a las piezas y partes del tren motriz y del tren trasero. El sistema de guiado para la instalación del tren motriz sin importar el grado de desalineación y modelo de vehículo, un sistema de frenado para una de las mesas de trabajo y el sistema móvil de suministro de aire con porta-manguera retráctil constituyen algunas de las propuestas innovadoras. Las inversiones a realizar son factibles desde el punto de vista económico. Se recomienda la sustitución de las planchas de acero del piso y retirar los rieles fijos en el piso del área de trabajo.

Palabras clave: ensambladora automotriz, etapa de casamiento, seguridad y ergonomía.

Key words: Automotive industry, body marriage, safety and ergonomics.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.1	Layout de la planta _____	4
2.1	Diagrama de flujo del proceso de fabricación _____	14
2.2	Estaciones pertenecientes al proceso de casamiento _____	14
2.3	Ubicación inicial de las mesas de trabajo 1 y 2 _____	15
2.4	AGV en una estación de casamiento durante la unión del chasis con la carrocería _____	18
2.5	Sistema de tijera fija _____	21
2.6	Sistema de tijera móvil _____	22
2.7	Sistemas de transporte aéreo _____	23
2.8	Carrocería autoportante (monocasco) _____	24
2.9	Tren Motriz _____	24
2.10	Tren trasero _____	25
4.1	Sistema de elevación del operador sin barandas _____	38
4.2	Plan de rotación de los operadores _____	45
4.3	Mutilación del parachoques delantero _____	46
5.1	Diagrama de Ishikawa proceso de casamiento _____	50
5.2	Método de acoplamiento del sistema de elevación del operador _____	53
5.3	Elevación del operador sobre el sistema de elevación _____	57
5.4	Componentes de fijación, (a) Mesa de trabajo 1 y (b) Mesa de trabajo 2 _____	61
5.5	Ubicación de rieles a lo largo de las estaciones pertenecientes al proceso de casamiento _____	62
5.6	Transición de la carrocería desde el buffer hasta el Dolly _____	63
5.7	Transferencia de la carrocería del Dolly al conveyor 2 _____	64



5.8	Colocación incorrecta de los postizos delanteros y trasero debajo de la carrocería _____	65
5.9	Mangueras de suministro de aire desplegadas a lo largo de las estaciones pertenecientes al proceso de casamiento, (a) sistema de elevación y mesa de trabajo 1 y (b) mesa de trabajo 2 _____	67
5.10	Rueda de la mesa de trabajo 1 sobre la manguera de suministro de aire ____	67
5.11	Suelo irregular y desnivelado _____	68
6.1	Barandas en la cesta _____	74
6.2	Mallas protectoras en la cesta _____	75
6.3	Mangos de agarre en la cesta _____	76
6.4	Soportes de la cesta del sistema de elevación _____	76
6.5	Puerta de la cesta _____	77
6.6	Bastidor del sistema de elevación _____	78
6.7	Plataforma del bastidor del sistema de elevación _____	79
6.8	Soportes de los cilindros en el bastidor del sistema de elevación ____	79
6.9	Ubicación del actuador en el bastidor del sistema de elevación _____	80
6.10	(a) Actuador sin accionar, (b) Actuador accionado sujetando el tubo que se encuentra en la estructura de la mesa de trabajo 1 _____	81
6.11	Ubicación de las guías lineales en el sistema de elevación _____	82
6.12	Esquema neumático del sistema de elevación _____	84
6.13	Ubicación de los actuadores neumáticos en el sistema de elevación _____	85
6.14	Barra de sección rectangular, soldada a un soporte fijo y rígido, sometida a flexión por la presencia del momento flector $M_f = P * L$	88
6.15	Análisis de esfuerzo en la cesta del sistema de elevación _____	93
6.16	Análisis de deformación en la cesta del sistema de elevación _____	93
6.17	Análisis de esfuerzo en el bastidor del sistema de elevación _____	94
6.18	Análisis de deformación en el bastidor del sistema de elevación ____	94
6.19	Sistema de elevación en su posición inicial (retraído) _____	95
6.20	Sistema de elevación en su posición final (extendido) _____	95
6.21	Ubicación de los bujes _____	99
6.22	Base de unión de los fuelles _____	100



6.23	Fuelles unidos a las bases y éstas entre si _____	100
6.24	Estructura del bastidor de la mesa de trabajo 1 _____	101
6.25	Mallas protectoras en la estructura del bastidor de la mesa de trabajo 1	101
6.26	Mangos de agarre en la estructura del bastidor de la mesa de trabajo 1	102
6.27	Sistema de frenado _____	102
6.28	Diagrama de cuerpo libre de la zapata _____	105
6.29	Coordenadas de ubicación de los orificios en las carrocerías de los diferentes modelos _____	106
6.30	Pieza X _____	107
6.31	Pieza X vinculada a la plataforma superior de la mesa de trabajo 1 ____	108
6.32	Pieza Y _____	108
6.33	Guía _____	109
6.34	Montaje del sistema de vinculación _____	117
6.35	Ubicación del Sistema de vinculación sobre la plataforma superior de la mesa de trabajo 1 _____	117
6.36	Protector tipo acordeón de la mesa de trabajo 1 _____	118
6.37	Pernos utilizados para fijar el actuador estándar (1.0) y (2.0) _____	119
6.38	Pernos utilizados para fijar el actuador estándar (5.0) _____	121
6.39	Esquema neumático de la mesa de trabajo 1 _____	124
6.40	Ubicación de los actuadores neumáticos en la mesa de trabajo 1 _____	126
6.41	Análisis de esfuerzo en la mesa de trabajo 2 _____	127
6.42	Análisis de deformación en la mesa de trabajo 2 _____	128
6.43	Mesa de trabajo 1 totalmente ensamblada (retraída) _____	128
6.44	Mesa de trabajo 1 totalmente ensamblada (extendida) _____	129
6.45	Protector tipo acordeón de la mesa de trabajo 2 _____	131
6.46	Fijación del actuador estándar (1.0) a la plataforma _____	132
6.47	Esquema neumático de la mesa de trabajo 2 _____	135
6.48	Ubicación del actuador neumático en la mesa de trabajo 2 _____	136
6.49	Análisis de esfuerzo en la estructura de la mesa de trabajo 2 _____	138
6.50	Análisis de deformación en la estructura de la mesa de trabajo 2 ____	138
6.51	Mesa de trabajo 2 totalmente ensamblada (retraída) _____	139



Índice de Figuras



6.52	Mesa de trabajo 2 totalmente ensamblada (extendida) _____	139
6.53	Sistema móvil de suministro de aire con porta-manguera retráctil ____	145



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
2.1	Dimensiones y variables consideradas en la implementación del método _____	28
4.1	Nivel de Deficiencia (ND) _____	39
4.2	Nivel de Exposición (NE) _____	40
4.3	Categorización del Nivel de Probabilidad (NP) _____	41
4.4	Significados de los Niveles de Probabilidad (NP) _____	41
4.5	Significados de los Niveles de Probabilidad (NP) _____	42
4.6	Nivel de Riesgo y Nivel de Intervención _____	43
4.7	Significado del Nivel de Intervención _____	43
4.8	Horario de trabajo de la empresa _____	44
5.1	Metabolismo de trabajo según el nivel de actividad _____	56
5.2	Mediciones de fuerzas de empuje y halado para la mesa de trabajo 1 _	60
5.3	Mediciones de fuerzas de empuje y halado para la mesa de trabajo 2 _	60
6.1	Aplicación de restricciones a las probables soluciones _____	70
6.2	Aplicación de criterios a las posibles soluciones _____	71
6.3	Pesos de los elementos principales que conforman el sistema de elevación _____	86
6.4	Ficha técnica del sistema de elevación _____	96
6.5	Tipos de extremos de resortes _____	110
6.6	Esfuerzo de torsión máximos permisibles _____	114
6.7	Material del resorte _____	115
6.8	Pesos de los elementos principales que conforman la mesa de trabajo 1 _____	126
6.9	Ficha técnica de la mesa de trabajo 1 _____	129



6.10	Pesos de los elementos principales que conforman la mesa de trabajo 2 _____	137
6.11	Ficha técnica de la mesa de trabajo 2 _____	140
6.12	Seguridad de carga para diferentes duraciones expresadas en millones de revoluciones _____	143
7.1	Inversión inicial del sistema de elevación _____	151
7.2	Inversión inicial de la mesa de trabajo 1 _____	153
7.3	Inversión inicial de la mesa de trabajo 2 _____	153
7.4	Costos asociados correspondientes a los gastos anuales _____	154
7.5	Costos operacionales _____	155
7.6	Flujos monetarios constitutivos del proyecto _____	156
7.7	Flujos monetarios totales del proyecto _____	156
8.1	Método LEST – Sistema de elevación propuesto _____	160
8.2	Rango de nivel de metabolismo de trabajo _____	160
8.3	Valores de fuerza recomendados para el empuje _____	163
8.4	Valores de fuerza recomendados para el halado _____	163
8.5	Método LEST – Mesa de trabajo 1 propuesta _____	164
8.6	Valores de fuerza recomendados para el empuje _____	165
8.7	Método LEST – Sistema de elevación propuesto _____	166
8.8	Valores de fuerza recomendados para el halado _____	167
8.9	Método LEST – Mesa de trabajo 2 propuesto _____	168
8.10	Rango de nivel de metabolismo de trabajo _____	169
8.11	Valores de fuerza recomendados para el empuje _____	170
8.12	Valores de fuerza recomendados para el halado _____	171
8.13	Comparación entre el sistema de elevación actual y propuesto _____	172
8.14	Comparación entre la mesa de trabajo 1 actual y propuesta _____	173
8.15	Comparación entre la mesa de trabajo 2 actual y propuesta _____	173



ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN _____	1
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Generalidades de la empresa _____	3
1.2 Formulación del problema _____	7
1.3 Objetivos _____	8
1.3.1 Objetivo general _____	8
1.3.2 Objetivos específicos _____	8
1.4 Justificación _____	8
1.5 Alcance _____	9
1.6 Antecedentes preliminares _____	10
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	13
2.1 Proceso de ensamblaje de vehículos compactos _____	13
2.2 Sistemas de Casamiento _____	17
2.3 Dispositivos de levantamiento de cargas _____	18
2.3.1 Sistemas hidráulicos _____	18
2.3.2 Sistemas neumáticos _____	19
2.3.3 Tornillo sin fin _____	20
2.3.4 Tijera fija _____	20
2.3.5 Tijera móvil _____	21
2.4 Transporte aéreos _____	22
2.5 Elementos involucrados en el proceso de casamiento _____	23
2.5.1 Carrocería (Body) _____	23
2.5.2 Tren Motriz _____	24
2.5.3 Tren Trasero _____	25
2.6 Manipulación de cargas: Método de S. H. Snook y V. M. Ciriello _	25



2.7 Método de evaluación de riesgos de accidentes, Nota Técnica de Prevención (NTP 330) _____	26
2.8 Consumo energético, Método LEST _____	27
2.9 Soldadura _____	28
2.9.1 Soldadura por arco con gas protector (MIG) _____	28
2.10 Teorías de falla _____	29
2.10.1 Análisis de esfuerzos _____	29
2.10.2 Análisis por deformación _____	30
CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO	31
3.1 Fases de la investigación _____	31
CAPÍTULO 4. DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES	35
4.1 Riesgo de lesión a los operadores _____	36
4.1.1 Riesgo de lesión en la operación de traslado tanto del tren motriz como del tren trasero _____	37
4.1.2 Riesgo de caída en la operación de instalación del tren motriz por la parte superior de la carrocería _____	37
4.1.3 Riesgo de lesión por consumo energético en la operación de instalación del tren motriz por la parte superior de la carrocería _____	43
4.2 Riesgo de volcamiento de los equipos de trabajo _____	45
4.3 Riesgo de mutilación del parachoques _____	46
4.4 Riesgo de mutilación de los componentes externos del tren motriz _____	47
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DEL PROBLEMA	49
5.1 Evaluación de la problemática encontrada en el proceso de casamiento _____	49
5.2 Ausencia de un sistema de vinculación entre la mesa de trabajo 1 y la carrocería, para el guiado del tren motriz _____	52
5.3 Sistema de acoplamiento _____	53
5.4 Ausencia de barandas _____	54
5.5 Consumo energético _____	55



5.6 Ubicación de los componentes de fijación y la herramienta en el sistema de elevación _____	56
5.7 Altura _____	57
5.8 Deterioro de las ruedas _____	58
5.9 Peso _____	59
5.10 Ubicación de los componentes de fijación en las mesas de trabajo	61
5.11 Riel fijo en el suelo _____	62
5.12 Desalineación de la carrocería con respecto al conveyor 2 _____	63
5.13 Presencia de mangueras de suministro de aire en el suelo _____	66
5.14 Suelo irregular y desnivelado _____	68
CAPÍTULO 6. DISEÑO DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO	69
6.1 Opciones de dispositivos de elevación _____	69
6.2 Selección del dispositivo de elevación para los equipos de trabajo _	69
6.3 Diseño del sistema de elevación _____	72
6.3.1 Consideraciones para el diseño del sistema de elevación _	72
6.3.2 Parámetros de diseño _____	73
6.3.3 Elementos que conforman el sistema de elevación _____	73
6.3.4 Diseño del sistema neumático _____	83
6.3.5 Peso del sistema de elevación _____	86
6.3.6 Soldadura _____	86
6.3.6.1 Soportes en la cesta _____	87
6.3.6.2 Soportes en el bastidor _____	90
6.3.7 Análisis de esfuerzos y deformaciones en las estructuras _	92
6.3.7.1 Estructura de la cesta _____	92
6.3.7.2 Estructura del bastidor _____	93
6.4 Diseño de las Mesas de Trabajo _____	96
6.4.1 Consideraciones comunes para el diseño de las mesas de trabajo _____	96
6.4.2 Diseño de la mesa de trabajo 1 _____	97
6.4.2.1 Parámetros de diseño _____	97
6.4.2.2 Elementos que conforman la mesa de trabajo 1 _	98



6.4.2.3	Diseño del sistema neumático _____	124
6.4.2.4	Peso de la mesa de trabajo _____	126
6.4.2.5	Análisis de esfuerzos y deformaciones en las estructuras _____	127
6.4.3	Diseño de la mesa de trabajo 2 _____	130
6.4.3.1	Parámetros de diseño _____	130
6.4.3.2	Elementos que conforman la mesa de trabajo ____	131
6.4.3.3	Diseño del sistema neumático _____	135
6.4.3.4	Peso de la mesa de trabajo _____	137
6.4.3.5	Análisis de esfuerzos y deformaciones en las estructuras _____	137
6.5	Sistema móvil de suministro de aire con porta-manguera retráctil _	140
6.5.1	Diseño del sistema móvil de suministro de aire con porta-manguera retráctil _____	141
6.6	Simulación dinámica _____	145
CAPÍTULO 7. FACTIBILIDAD ECONÓMICA		147
7.1	Generalidades del estudio económico _____	147
7.1.1	Modelo de rentabilidad a utilizar _____	148
7.1.2	Tasa mínima de rendimiento (i) _____	149
7.1.3	Tasa de inflación promedio anual (f) _____	149
7.1.4	Tasa combinada (ic) _____	150
7.1.5	Periodo de estudio (n) _____	150
7.2	Rentabilidad del sistema de elevación propuesto _____	151
7.3	Rentabilidad de la mesa de trabajo 1 y 2 propuestas _____	152
7.3.1	Flujos monetarios _____	152
7.3.2	Flujos monetarios totales _____	155
CAPÍTULO 8. EVALUACIÓN DE LAS NUEVAS CONDICIONES DE TRABAJO		157
8.1	Procedimiento correcto para el uso de los equipos de trabajo propuestos	157



8.1.1 Sistema de elevación del operador _____	157
8.1.2 Mesa de trabajo 1 _____	158
8.1.3 Mesa de trabajo 2 _____	158
8.2 Evaluación de las nuevas condiciones de trabajo _____	159
8.2.1 Sistema de elevación del operador _____	159
8.2.2 Mesa de trabajo 1 _____	164
8.2.3 Mesa de trabajo 2 _____	168
8.3 Comparación de las condiciones de trabajo entre los equipos actuales y los equipos propuestos _____	171
8.3.1 Sistema de elevación del operador _____	171
8.3.2 Mesa de trabajo 1 _____	173
8.3.3 Mesa de trabajo 2 _____	173
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
Conclusiones _____	175
Recomendaciones _____	179
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181
BIBLIOGRAFÍA	183
ANEXOS	
Anexo I. Cotizaciones _____	185
Anexo II. Especificaciones técnicas _____	211
Anexo III. Métodos ergonómicos _____	293
Anexo IV. Planos de construcción _____	321
Anexo V. Selección de los componentes neumáticos _____	394



GLOSARIO

- Área de casamiento: Lugar de trabajo destinado a la instalación del tren motriz y tren trasero a la carrocería del vehículo.
- Conveyor 1: Término referido a la línea transportadora del tren motriz y del tren trasero.
- Conveyor 2: Término referido a la línea transportadora de las carrocerías.
- Mesa de trabajo 1: Equipo utilizado para el casamiento e instalación del tren motriz a la carrocería.
- Mesa de trabajo 2: Equipo utilizado para el casamiento e instalación del tren trasero a la carrocería.
- INPSASEL: El Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales, es un organismo autónomo encargado de vigilar y fiscalizar el cumplimiento de las normas establecidas Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.
- Postizos del conveyor 2: Brazo ajustable donde se apoya la carrocería para ser trasladada, es el punto más bajo de la estructura en movimiento.
- PowerClamp: Actuador neumático el cual consta de un accesorio acoplado en el vástago y cambia el sentido del movimiento de lineal a giratorio.
- Programa FluidSIM ®: Es un programa para la enseñanza, estudio, creación y simulación dinámica de alta eficiencia en tiempo real de circuitos neumáticos, hidráulicos y circuitos digitales, entre otros.
- Programa Autodesk® Inventor®: Es un programa de modelado paramétrico de sólidos en 3D especializado en el diseño mecánico, basado en la innovadora



tecnología de diseño adaptativo capaz de simular el ensamble en condiciones reales permitiendo su validación.

- Sistema de elevación del operador: Equipo utilizado para el ascenso y ubicación necesaria del operador, a fin de realizar el ajuste de los elementos de fijación del tren motriz por la parte superior de la carrocería.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AWS. (16 de Enero de 2006). *Jervis B. Web Company*. Recuperado el 2 de Agosto de 2011, de <http://www.jervisbwebb.com/Categories/AGVs.aspx?cid=3>
- Bessis, J. (1984). *La evaluacion de la probabilidad y el riesgo*. Paris: Masson.
- Google Earth. (2 de Febrero de 2006). *Google Earth*. Recuperado el 2 de Agosto de 2011, de <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- Guelaud, F., Beauchesne, M., Gautrat, J., & G., R. (1997). *Pour une analyse des conditions du travail ouvrier dans l'entreprise*. Paris: A. Colin.
- Guerra, V., Gonzalez, I., Ettetdgui, C., & Giugni, I. (2009). *Evaluación de proyectos de inversión*. Valencia: Universidad de Carabobo.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (21 de 2 de 2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 201-205.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (23 de Abril de 1987). *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Recuperado el 8 de Agosto de 2011, de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_330.pdf
- Kaiserkraft. (6 de Junio de 1999). *Kaiserkraft*. Recuperado el 2 de Agosto de 2011, de <http://www.kaiserkraft.es/shop/nav/63946-KK/4294954101/Dispositivos+y+aparatos+elevadores/Mesas+elevadoras.html>
- McCauley, C., & Iqbal, M. (2006). *Manual del taller para estudiantes y operarios*. Mexico: Limusa.



- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. (1993). NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. España.
- Shigley, J., & Mischke, C. (2002). *Diseño en ingeniería mecánica*. México: McGraw-Hill.
- Singer, F., & Pytel, A. (1985). *Resistencia de materiales*. Bogotá: Alfaomega.
- SKF. (1962). *Rodamientos un manual para escuelas*. Colombia: Compañía Sudamericana.
- Snook, S., & Ciriello, V. (1991). The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics* , 1197-1213.
- Vila, F. (21 de Marzo de 2004). *Nautilus21*. Recuperado el 2 de Agosto de 2011, de http://www.nautilus21.com/catalog/index.php?cPath=108_163_167
- Vilorio, J. (1993). *Neumática, hidráulica y electricidad aplicada*. Madrid: Paraninfo.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se presentan a continuación las conclusiones de mayor importancia:

1. Los tres equipos propuestos que constituyen el sistema para la instalación del tren motriz y el tren trasero a la carrocería en una empresa automotriz, eliminan las situaciones de riesgo diagnosticadas, a saber, riesgo de lesión en los operadores, riesgo de volcamiento de los equipos de trabajo, daños a los parachoques y a los componentes del tren motriz.
2. El sistema de elevación del operador y las dos mesas de trabajo propuestas cumplen con las normas COVENIN 3132-2001 en cuanto a seguridad y COVENIN 2245-1990 en cuanto al diseño, Método LEST en cuanto a evaluación global del puesto de trabajo, ergonomía y prevención de riesgos laborales, Sistema NTP 330 de evaluación de riesgos y accidentes y las Tablas de evaluación ergonómica de Snook y Ciriello.
3. La validación del diseño de los equipos se realizó mediante el uso del programa Auto desk® Inventor®, tomando en cuenta las condiciones reales del sitio de trabajo.
4. La validación del sistema neumático de los tres equipos se realizó mediante el programa FluidSIM®, a fin de garantizar su correcto funcionamiento y el cumplimiento de las condiciones de seguridad exigidas.



5. La empresa tiene un presupuesto asignado a la inversión en equipos para el proyecto de BsF 860.000,00 y la inversión inicial de los equipos propuestos es de BsF. 640.000,00, representando aproximadamente un 25% menos del monto establecido.
6. La inversión en el sistema de elevación del operador se recupera en casi 4 días laborables, dado el monto de la multa establecida para las actuales condiciones de trabajo.
7. La inversión en las dos mesas de trabajo es factible desde el punto de vista económico, recuperándose en los primeros 11 meses de funcionamiento, cumpliendo así las exigencias de la empresa.
8. Las operaciones riesgosas en el proceso de casamiento se analizaron mediante el método de Ishikawa, siendo las causas más importantes, la falta de barandas y la forma de acople en el sistema de elevación del operador así como el consumo energético del operador en la escalera; la altura de la mesa de trabajo 1, la ausencia de un método de vinculación para el guiado entre la mesa de trabajo y la carrocería, grandes esfuerzos en el empuje y halado de ambas mesas de trabajo, así como la presencia de mangueras y materiales en el piso del área de trabajo.
9. El sistema de elevación propuesto posee barandas y un sistema de acople compuesto por un actuador neumático de sujeción integrado a la estructura del bastidor, que elimina los riesgos de caída del operador.
10. En el sistema de elevación propuesto se redujo de cinco a dos la cantidad de escalones que deben subir los operarios, lo que permitirá realizar las operaciones con menor consumo energético, por lo tanto se requerirá menor metabolismo de trabajo por parte de los trabajadores. Adicionalmente, la huella y contrahuella cumplen con los valores fijados por la Norma COVENIN 2245-1990.
11. La altura de la plataforma de la mesa 1 propuesta fue reducida de 1,20 m a 0,93 m, lo que eliminará las actuales posibilidades de impacto entre el tren motriz y el parachoques, y entre el tren motriz y los postizos, evitándose rayaduras y choques que traen como consecuencia costos de pintura y sustitución de la referida pieza; además, la nueva altura permitirá la posibilidad de que junto con



el tren motriz venga incorporado el sistema de suspensión, lo cual corresponde a un plan futuro de la empresa de integrar esta operación en dicha área, ya que es la forma más apropiada según lo establece el sistema global de manufactura.

12. Un innovador sistema de vinculación XY entre la mesa de trabajo 1 propuesta y la carrocería, permitirá la instalación del tren motriz de forma guiada sin importar lo desalineada que pueda venir la carrocería en el conveyer, eliminando el método de ensayo y error con el cual es instalado actualmente, descartándose así posibles impactos a los componentes del mismo, sea cual fuere el modelo de vehículo que se esté ensamblando, con lo cual se eliminarán gastos por reposición de componentes.
13. La empresa estará en posibilidad de aumentar la productividad de la línea al redistribuir las operaciones en el área de casamiento, dado que al disminuir los pesos de las mesas de trabajo 1 y 2 propuestas en un 30% y 50% aproximadamente, disminuir en un 33% los tiempos de elevación de las mismas y tener el nuevo sistema de frenado propuesto, se minimizarán los esfuerzos actuales de empuje y halado hasta tal punto que los equipos propuestos podrán ser trasladados por un solo operario (actualmente se requieren dos), cumpliendo con la normativa exigida.
14. El sistema móvil de suministro de aire con porta-manguera retráctil plantea una solución innovadora que aumenta la vida útil de las mangueras al evitar el contacto con el piso y su consecuente impacto con las ruedas de los equipos, dejando de ser un obstáculo para los operadores, lo que a diferencia de las condiciones actuales permite desarrollar un traslado cómodo y seguro, eliminando el riesgo tanto de posibles caídas de los operarios como el de volcamiento debido el bloqueo de las ruedas.
15. La implementación de cajas apilables en cada uno de los equipos propuestos, permite eliminar la presencia de materiales en el suelo, lo que desde un punto de vista económico refleja ahorros para la empresa y por otro lado mejora las condiciones del medio ambiente para el traslado de los mismos; además ofrece a los operarios mayor autonomía en cuanto a la disponibilidad de material, ya que



reduce la frecuencia de ir a buscarlos hasta los estantes, disminuyendo así estos recorridos.

16. Los equipos propuestos constan de un porta-herramienta, mejorando así las condiciones ergonómicas y de seguridad, ya que el operario deberá usarla y ponerla en su sitio, sin necesidad de estar cargando con ella o bien colocándola en lugares que puedan atentar contra su integridad.



Recomendaciones

- Se recomienda la construcción inmediata del sistema de elevación del operador a los fines de dar cumplimiento al levantamiento realizado por INPSASEL con fecha máxima de 15/12/2011.
- Se recomienda la construcción a la brevedad posible de las mesas de trabajo de tal manera de mejorar las condiciones de trabajo de los operadores y aumentar la eficiencia de la línea.
- Se recomienda la construcción a la brevedad posible del sistema móvil de suministro de aire con porta-manguera retráctil.
- Se recomienda cambiar las planchas de acero que conforman el suelo actual, debido a la presencia de desniveles, abolladuras y demás consecuencias del deterioro apreciable que dificultan el traslado de los equipos a lo largo de las estaciones pertenecientes al proceso de casamiento, por lo que se propone la implementación de dos planchas de acero de 12.000 mm x 2.400 mm de calidad ASTM A-36 de espesor 10 mm , con una sola unión entre ambas, lo que permite una mejor superficie para el traslado de los equipos; otra solución resulta cubrir toda el área con un revestimiento industrial de gran dureza tales como sistemas epóxicos, sistemas de poliuretano, entre otros, quedando en manos de la empresa su selección.
- Se recomienda retirar los rieles que se encuentran adheridos al suelo a lo largo del área de casamiento, ya que no realizan ninguna función y representan un obstáculo para los operadores, lo que representa un borde filoso que genera un riesgo mecánico por golpe y posibilidad de caída para el operario.