



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de Investigación

**TEMA:**

---

“JIG’S DE SOLDADURA PARA EL ENSAMBLAJE DE LA ESTRUCTURA LATERAL DE LAS CARROCERÍAS TIPO URBANO E INTERPROVINCIAL, Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE EN LA EMPRESA MIRAL AUTOBUSES EN EL CANTÓN AMBATO”.

---

**AUTOR:** Fernando Roberto Guerra Pérez

**TUTOR:** Ing. Cristian Pérez, Mg

**Ambato – Ecuador**

**2014-2015**

## **APROBACIÓN POR EL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema “JIG´S DE SOLDADURA PARA EL ENSAMBLAJE DE LA ESTRUCTURA LATERAL DE LAS CARROCERÍAS TIPO URBANO E INTERPROVINCIAL, Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE EN LA EMPRESA MIRAL AUTOBUSES EN EL CANTÓN AMBATO” presentado por el sr. Fernando Roberto Guerra Pérez, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo.

Ambato, agosto del 2015

Ing. Cristian Pérez, Mg

EL TUTOR

## **AUTORÍA DE LA TESIS**

Declaro que el contenido del trabajo de investigación: “JIG´S DE SOLDADURA PARA EL ENSAMBLAJE DE LA ESTRUCTURA LATERAL DE LAS CARROCERÍAS TIPO URBANO E INTERPROVINCIAL, Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE EN LA EMPRESA MIRAL AUTOBUSES EN EL CANTÓN AMBATO”, así como sus ideas, opiniones, resultados, interpretación, análisis, conclusiones, recomendaciones y propuesta; excepto las citas bibliográficas, son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor.

Ambato, agosto del 2015

**EL AUTOR**

.....

**Fernando Roberto Guerra Pérez**

**C.I: 180396331-1**

## DEDICATORIA

*Este trabajo está dedicado a mis padres, Edgar y Ligia, amados por siempre, ejemplos de vida; todo el amor, la educación, el sacrificio y la voluntad puesta en mí, sus consejos y enseñanzas para hacerme un hombre de bien, les debo este y todos mis logros,*

*A todos mis hermanos Juan, Pamela, Andrea, Katherine, Anita y especialmente a Jorge, quién se forjó en las mismas aulas y estuvo hasta el final acompañándome y como amigo siempre,*

*A Carolina, por su inmenso amor, cariño, comprensión y constancia, quién me da el aliento para elevar el espíritu bien alto.*

*A Alicia Pérez, mujer incansable, apasionada con su familia,*

*Yo, Fernando Guerra,*

*Dedico estas páginas de estudio y fantasía.  
En Ambato, 30 de Julio del 2015.*

*Si es deseo o placer tuyo, toma mi nada, píntala de mil colores,  
irísala de oro, hazla ondear al viento y extenderse por el cielo en  
múltiples maravillas...*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, que me ha dado vida, los motivos, toda la fuerza y la voluntad para terminar este proyecto.*

*Al ingeniero José Eduardo Miranda Albán, por su apoyo incondicional en la empresa MIRAL AUTOBUSES.*

*Al ingeniero Fernando Quinteros, por su apoyo incondicional en la empresa MIRAL AUTOBUSES.*

*Al ingeniero Cristian Pérez, por la guía, la paciencia, el apoyo como maestro, docente y amigo.*

*Al ingeniero César Arroba, por las enseñanzas impartidas, la paciencia, maestro, docente y amigo.*

*Al ingeniero Braulio Atacúsí, por sus consejos, guías y correcciones, gran persona compañero.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A.- PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
APROBACIÓN POR EL TUTOR.....	II
AUTORÍA DE LA TESIS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS .....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XX
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XXII
SIMBOLOGÍA.....	XXIV
RESUMEN EJECUTIVO .....	XXVIII

## **B.- TEXTO INTRODUCCIÓN**

### **ÍNDICE**

CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1. TEMA .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.1. Contextualización .....	1
1.2.1.1. Macro .....	1
1.2.1.2. Meso.....	2
1.2.1.3. Micro.....	3
1.2.2. Análisis crítico .....	3
1.2.3. Prognosis .....	4
1.2.4. Formulación del problema .....	5
1.2.5. Preguntas directrices .....	5
1.2.6. Delimitación del problema.....	5
1.2.6.1. De contenido .....	5
1.2.6.2. Espacial .....	5
1.2.6.3. Temporal .....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	6
1.4. OBJETIVOS .....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos .....	8
CAPÍTULO II .....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	9
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	10

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	10
2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	11
2.4.1. JIG´S de soldadura .....	11
2.4.1.1. Tipos de JIG´S de soldadura .....	12
2.4.1.2. Aplicación de JIG´S de soldadura.....	13
2.4.2. Carrocerías metálicas .....	13
2.4.2.1. Clasificación de los vehículos de transporte de pasajeros .....	13
2.4.2.2. Tipos de carrocerías y bastidores .....	16
2.4.2.3. Elementos que componen una carrocería.....	16
2.4.3. Estructuras laterales .....	17
2.4.3.1.Importancia de las estructuras laterales.....	17
2.4.4. Proceso de fabricación.....	18
2.4.4.1. Ensamblaje o montaje .....	18
2.4.4.2. Procedimiento básico para el estudio del trabajo.....	19
2.4.4.3. Ensamblaje de una carrocería autoportante.....	20
2.4.4.4. Proceso de fabricación de la estructura lateral.....	22
2.4.5. Métodos de ensamblaje y unión.....	24
2.4.5.1. Ensamblado por soldadura .....	24
2.4.5.2. Ensamblado por atornillado .....	26
2.4.5.3. Uniones con pernos .....	27
2.4.5.4. Otros métodos .....	27
2.4.6. Productividad.....	28
2.4.6.1. Métodos y tiempos .....	28
2.4.7. Estudio de tiempos .....	29
2.4.7.1. Estándar de tiempo.....	30
2.4.7.2. Tiempo observado.....	30

2.4.7.3. Tiempo representativo (TR).....	31
2.4.7.4. El factor de ritmo (FR).....	31
2.4.7.5. Tiempo normal (TN).....	31
2.4.7.6. Tiempo tipo (Tp).....	31
2.4.7.7. Cronometraje.....	32
2.4.7.8. Tiempo suplemento (K) .....	32
2.4.7.9. Técnicas para toma de tiempos .....	33
2.5. HIPÓTESIS.....	33
2.5.1. Variables .....	33
2.5.1.1. Variable independiente.....	33
2.5.1.2. Variable dependiente.....	33
2.5.1.3. Término de relación .....	33
CAPÍTULO III.....	34
METODOLOGÍA .....	34
3.1. ENFOQUE.....	34
3.2. MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.2.1. Modalidad de investigación .....	34
3.2.2. Tipo de investigación .....	35
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
3.3.1. Población o universo (n) .....	36
3.3.2. Muestra.....	36
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	42
3.4.1. Variable independiente .....	42
3.4.2. Variable dependiente.....	43
3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	40
3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	40

CAPÍTULO IV .....	41
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	41
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	41
4.1.1. Parámetros de funcionamiento .....	42
4.1.1.1. Parámetros de diseño.....	42
4.1.1.2. Parámetros funcionales .....	42
4.1.2. Descripción del JIG de soldadura .....	42
4.1.2.1. Proyección y selección de las alternativas de solución.....	42
4.1.2.2. Diseño del JIG de soldadura .....	73
4.1.3. Estudio de tiempos en el proceso de construcción de estructuras laterales.....	130
4.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	143
CAPÍTULO V .....	148
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
5.1. CONCLUSIONES .....	148
5.2. RECOMENDACIONES .....	149
CAPÍTULO VI.....	150
PROPUESTA.....	150
6.1. DATOS INFORMATIVOS .....	150
6.1.1. Título .....	150
6.1.2. Institución ejecutora .....	150
6.1.3. Beneficiarios .....	150
6.1.4. Ubicación .....	150
6.1.5. Costo .....	150
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	150
6.3. JUSTIFICACIÓN .....	151

6.4. OBJETIVOS .....	152
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	152
6.5.1. Factibilidad técnica .....	152
6.5.2. Factibilidad económica .....	152
6.6. FUNDAMENTACIÓN .....	152
6.6.1. Requerimientos técnicos del AMFE .....	152
6.6.2. Funcionamiento del JIG de soldadura.....	156
6.6.3. Diagrama sistemático funcional de los sub sistemas del JIG de soldadura..	157
6.6.4. Análisis modal de fallos y efectos del JIG .....	159
6.6.5. Análisis de criticidad del JIG de soldadura.....	160
6.7. METODOLOGÍA O MODELO OPERATIVO.....	193
6.8. ADMINISTRACIÓN.....	198
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	198
6.9.1. Conclusiones .....	199
6.9.2. Recomendaciones.....	199
BIBLIOGRAFÍA .....	201
LINKOGRAFÍA .....	203

## C.- ANEXOS

ANEXOS A.....	204
Anexo 1. Propiedades mecánicas del Acero ASTM A500 .....	204
Anexo 2. Propiedades mecánicas del Acero ASTM A36 y F15544 .....	204
Anexo 3. Sistema guía parante lateral (juego cremallera, piñones).....	205
Anexo 4. Sistema guía parante lateral (juego cremallera macho-hembra) .....	205
Anexo 5. Sistema guía parante lateral (juego riel rodamientos) .....	205
Anexo 6. Resultados FEM Análisis Armadura simple .....	206
Anexo 7. Resultados FEM Análisis Armadura simple .....	207
Anexo 8. Resultados FEM Análisis Armadura simple .....	208
Anexo 9. Resultados FEM Análisis Pórtico A (bastidor principal).....	209
Anexo 10. Resultados FEM Análisis Pórtico A (bastidor principal).....	210
Anexo 11. Hoja de especificación para el JIG de soldadura estático .....	211
Anexo 12. Hoja de especificación para el JIG de soldadura móvil .....	212
Anexo 13. Diagrama de carga, cortante y momento para apoyos simples con carga uniforme; dos luces continuas .....	213
Anexo 14. Propiedades físicas de ángulos de alas iguales.....	215
Anexo 15. Propiedades físicas de tubo cuadrado estructural.....	216
Anexo 16. Cargas de tensión en concreto de densidad normal.....	217
Anexo 17. Factores de ajuste de carga ( <b>fc</b> )para anclajes en concreto de densidad normal .....	218
Anexo 18. Tensión de separación ( <b>fs</b> ) para anclajes en concreto de densidad normal, Modelos de Tornillos de anclaje para servicio pesado .....	219
Anexo 19. Resultados CAE Análisis de pernos de anclaje .....	220
Anexo 20. Dimensiones normalizadas de las guías cola de milano (dovetail) ...	221
Anexo 21. Catálogo de Cilindros neumáticos E-MC.....	222

Anexo 22. Esquema de funcionamiento de cilindros neumáticos (accionados secuencialmente) para posicionamiento de faldón.....	223
Anexo 23: Diagrama de consumo de aire .....	224
Anexo 24: Consumo de aire en los cilindros .....	225
Anexo 25. Sistemas guía instalados en dispositivo actual .....	226
Anexo 26. Costos para construir el JIG de soldadura .....	227
Anexo 27. Detalles constructivos del JIG de soldadura.....	230
Anexo 28. Conceptos de Cv y Kv .....	231
ANEXO B PLANOS MECÁNICOS .....	232

## ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Procedimiento básico para el estudio del trabajo.....	20
Tabla 2. Operacionalización de variable independiente .....	42
Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente.....	43
Tabla 4. Valores asignados para la tabulación de ponderaciones.....	43
Tabla 5. Evaluación del peso específico de cada criterio .....	45
Tabla 6. Base pórtico estático costo estimado .....	46
Tabla 7. Sistema guía costo estimado .....	46
Tabla 8. Sistema sujeción costo estimado.....	47
Tabla 9. Costo total estimado del dispositivo de ensamblaje estático .....	47
Tabla 10. Base pórtico móvil costo estimado .....	47
Tabla 11. Sistema giratorio de pórtico móvil costo estimado.....	48
Tabla 12. Costo total estimado del dispositivo de ensamblaje móvil .....	48
Tabla 13. Evaluación del peso específico del criterio costo .....	48
Tabla 14. Evaluación de parámetros para reducir tiempos de ensamblaje (JIG estático) .....	49
Tabla 15. Evaluación de parámetros para reducir tiempos de ensamblaje (JIG móvil).....	49
Tabla 16. Evaluación del peso específico del criterio Tiempo de ensamblaje.....	50
Tabla 17. Evaluación de la funcionalidad tomando como criterio el sub ensamblaje de las partes (JIG estático) .....	50
Tabla 18. Evaluación de la funcionalidad tomando como criterio el sub ensamblaje de las partes (JIG móvil) .....	51
Tabla 19. Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad.....	51
Tabla 20. Evaluación de la complejidad del diseño (JIG estático) .....	52
Tabla 21. Evaluación de la complejidad del diseño (JIG giratorio).....	52

Tabla 22. Evaluación del peso específico del criterio complejidad de diseño.....	52
Tabla 23. Evaluación del peso específico del criterio tecnología .....	53
Tabla 24. Dimensiones generales del JIG de soldadura estático .....	53
Tabla 25. Dimensiones generales del JIG de soldadura móvil .....	54
Tabla 26. Evaluación del peso específico del criterio espacio.....	54
Tabla 27. Evaluación del peso específico del criterio manejo .....	54
Tabla 28. Conclusión para evaluar el mejor criterio de selección .....	55
Tabla 29. Evaluación del peso específico de cada criterio .....	58
Tabla 30. Costo estimado del sistema de elevación mecánica.....	59
Tabla 31. Costo estimado del sistema de elevación neumática .....	59
Tabla 32. Costo estimado del sistema de elevación hidráulica.....	59
Tabla 33. Evaluación del peso específico del criterio costo .....	60
Tabla 34. Evaluación del peso específico del criterio elevar carga .....	61
Tabla 35. Evaluación del peso específico del criterio precisión .....	62
Tabla 36. Evaluación del peso específico del criterio seguridad del operario .....	62
Tabla 37. Evaluación del peso específico del criterio complejidad de diseño.....	63
Tabla 38. Conclusión para evaluar el mejor criterio de selección .....	64
Tabla 39. Evaluación del peso específico de cada criterio .....	67
Tabla 40. Evaluación del peso específico del criterio precisión .....	68
Tabla 41. Costo estimado del sistema guía Piñón cremallera.....	69
Tabla 42. Costo estimado del sistema guía por rodamientos .....	69
Tabla 43. Evaluación del peso específico del criterio costo .....	69
Tabla 44. Evaluación del peso específico del criterio desplazamiento longitudinal .....	70
Tabla 45. Evaluación del peso específico del criterio mantenibilidad.....	71
Tabla 46. Evaluación del peso específico del criterio complejidad de instalación	72

Tabla 47. Conclusión para evaluar el mejor criterio de selección .....	72
Tabla 48. Propiedades físicas de la sección compuesta, en programa CAD.....	82
Tabla 49. Propiedades del estudio CAE Armadura Simple .....	94
Tabla 50. Propiedades del material .....	94
Tabla 51. Sujeciones del modelo de análisis Armadura simple.....	94
Tabla 52. Cargas del modelo de análisis Armadura simple .....	95
Tabla 53. Tipo de malla del modelo Armadura simple.....	95
Tabla 54. Fuerzas resultantes del modelo Armadura simple .....	96
Tabla 55. Fuerzas internas, cortantes y momentos flexionantes en los elementos	96
Tabla 56. Tensiones en vigas, Esfuerzos flexionantes en los elementos .....	96
Tabla 57. Tensión axial y de flexión en el límite superior de los elementos .....	97
Tabla 58. Tensión de Von Mises.....	98
Tabla 59. Deflexión máxima, desplazamientos resultantes .....	99
Tabla 60. Factor de seguridad de diseño mínimo .....	100
Tabla 61. Propiedades del estudio FEM pórtico A .....	103
Tabla 62. Sujeciones del modelo de análisis.....	103
Tabla 63. Cargas del modelo de análisis .....	104
Tabla 64. Tipo de malla del modelo Armadura simple.....	104
Tabla 65. Fuerzas resultantes del modelo Armadura simple .....	104
Tabla 66. Fuerzas internas, cortantes y momentos flexionantes en los elementos .....	105
Tabla 67. Tensiones en vigas, Esfuerzos flexionantes en los elementos .....	105
Tabla 68. Tensión axial y de flexión en el límite superior de los elementos .....	106
Tabla 69. Tensión de Von MISSES .....	107
Tabla 70. Deflexión máxima, desplazamientos resultantes .....	108
Tabla 71. Factor de seguridad de diseño mínimo .....	109

Tabla 72. Dimensiones de las guías cola de milano.....	116
Tabla 73. Selección de los cilindros neumáticos y consumo para posición de ventana .....	126
Tabla 74. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Quantum-Urbano.....	131
Tabla 75. Diagrama de operaciones para construir Arriostre de laterales Quantum-Urbano.....	132
Tabla 76. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Interprovincial.....	133
Tabla 77. Diagrama de operaciones para construir Arriostre de laterales Interprovincial.....	134
Tabla 78. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Quantum-Urbano (PROPUESTO JIG DE SOLDADURA) .....	135
Tabla 79. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Quantum-Urbano (PROPUESTO UNA VEZ PROGRAMADO JIG SOLDADURA).....	136
Tabla 80. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Infinity-Interprovincial (PROPUESTO JIG DE SOLDADURA).....	137
Tabla 81. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Infinity-Interprovincial (PROPUESTO UNA VEZ PROGRAMADO EL JIG DE SOLDADURA).....	138
Tabla 82. Estudio de tiempos de producción para el ensamblaje de estructuras laterales Método tradicional del autobús urbano Quantum.....	139
Tabla 83. Estudio de tiempos de producción para el ensamblaje de estructuras laterales Método JIG del autobús urbano-Quantum.....	140
Tabla 84. Estudio de tiempos de producción para el ensamblaje de estructuras laterales Método tradicional del autobús urbano-Quantum .....	141
Tabla 85. Estudio de tiempos de producción para el ensamblaje de estructuras laterales Método JIG del autobús interprovincial-Infinity .....	142

Tabla 86. Reducción de tiempo total entre el método tradicional y con el JIG de soldadura del autobús urbano - Quantum.....	145
Tabla 87. Reducción de tiempo total entre el método tradicional y con el JIG de soldadura del autobús interprovincial-Infinity .....	146
Tabla 88. Clasificación de la gravedad de la causa de fallo .....	154
Tabla 89. Clasificación de la frecuencia de la causa de fallo.....	155
Tabla 90. Clasificación de la detectabilidad de la causa de fallo .....	156
Tabla 91. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema Estático.....	160
Tabla 92. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de faldón .....	161
Tabla 93. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de ventana .....	165
Tabla 94. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de parantes .....	169
Tabla 95. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de frente .....	171
Tabla 96. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de arriostre .....	172
Tabla 97. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema de ajuste .....	175
Tabla 98. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema de Desacople .....	178
Tabla 99. Resumen del Análisis Modal de Fallos y Efectos del JIG de soldadura .....	181
Tabla 100. Criterios para Evaluar Frecuencia de Fallas.....	182
Tabla 101. Criterios para Evaluar Impacto Operacional .....	182
Tabla 102. Criterios para Evaluar Flexibilidad Operacional .....	182
Tabla 103. Criterio para Evaluar Costo de Mantenimiento .....	183
Tabla 104. Criterio para Evaluar Impacto de Seguridad Ambiental y Humana..	183
Tabla 105. Cálculo de criticidad del Sistema estático.....	184

Tabla 106. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de faldón .....	185
Tabla 107. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de ventana.....	186
Tabla 108. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de parantes.....	187
Tabla 109. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de frente.....	188
Tabla 110. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de arriostre.....	189
Tabla 111. Cálculo de criticidad del Sistema de Ajuste.....	190
Tabla 112. Cálculo de criticidad del Sistema de Desacople .....	191
Tabla 113. Resumen del Análisis de criticidad del JIG de soldadura.....	192
Tabla 114. Costo de rubros humanos para el Análisis AMFE.....	198
Tabla 115. Costo de rubros materiales para el Análisis AMFE.....	198
Tabla 116. Costo Total para la realización del Análisis AMFE .....	198

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red de categorías fundamentales.....	11
Figura 2. Dispositivo móvil para chapistería y pernos de auto Focus .....	12
Figura 3. JIG de soldadura estático para ensamblaje de araña balancela.....	13
Figura 4. Estructura lateral de un autobús.....	17
Figura 5. Carga torsional provocada por una fuerza vertical en laterales.....	18
Figura 6. Diagrama del esqueleto para facilitar el trabajo de soldadura.....	25
Figura 7. Miembros longitudinales tienen prioridad sobre los verticales .....	25
Figura 8. Método para soldar uniones que entrarán en contacto con los paneles externos .....	26
Figura 9. Unión de empalme hecha con soldaduras de filetes continuos.....	26
Figura 10. Tamaño del perno y ajuste en las uniones con pernos.....	27
Figura 11. Oportunidades de relación de economía mediante la aplicación de la ingeniería de métodos y estudio de tiempos. ....	29
Figura 12. Sistema guía Piñón cremallera para posicionamiento de los parantes	65
Figura 13. Sistema guía por rodamientos para posicionamiento de los parantes..	66
Figura 14. Esquema de posición de carga en el perfil porta faldón .....	73
Figura 15. Diagrama del cuerpo libre de cargas actuantes del lateral estructural.	74
Figura 16. Diagrama de cargas distribuidas sobre el perfil cuadrado .....	76
Figura 17. Diagrama del cuerpo libre del perfil cuadrado .....	77
Figura 18. Diagrama de cargas puntuales en apoyos del perfil cuadrado .....	78
Figura 19. Esquema de configuración y distancias de la sección compuesta .....	79
Figura 20. Diagrama de cargas puntuales en apoyos del perfil porta ventana.....	85
Figura 21. Esquema de posición de carga en el perfil superior porta larguero .....	87
Figura 22. Diagrama del cuerpo libre del ángulo base principal .....	88
Figura 23. Esquema de posición de ángulo L100x100x8 mm.....	89

Figura 24. Propiedades geométricas, centro de gravedad del ángulo L100x100x8 .....	90
Figura 25. Esquema de fuerzas y sujeciones del estudio de armadura simple.....	93
Figura 26. Fuerzas y momentos presentes en la armadura que se transmiten al pórtico .....	101
Figura 27. Esquema de fuerzas y sujeciones del estudio de armadura simple....	102
Figura 28. Esquema de dimensionamiento de la placa base .....	110
Figura 29. Esquema del sistema de anclaje con tornillos de servicio pesado .....	114
Figura 30. Diagrama de fuerzas presentes en los cilindros.....	117
Figura 31. Esquema interno de una válvula neumática distribuidora .....	123
Figura 32. Diagrama de fuerzas presentes en el cilindro .....	125
Figura 33. Circuito neumático y de control eléctrico secuencial, posición de faldón .....	127
Figura 34. Circuito neumático y de control eléctrico secuencial, posición de ventana .....	129
Figura 35. Diagrama sistemático del JIG de soldadura .....	157
Figura 36. Diagrama sistemático del Sistema Estático .....	157
Figura 37. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de faldón.....	158
Figura 38. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de ventana .....	158
Figura 39. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de parantes .....	158
Figura 40. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de frente curvo	159
Figura 41. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de arriostre .....	159
Figura 42. Diagrama sistemático del Sistema de ajuste.....	159
Figura 43. Diagrama sistemático del Sistema de desacople .....	159
Figura 44. Guía de posición piñon cremallera .....	226
Figura 45. Guía de posición sistema rodamientos .....	226
Figura 46. Guía de posición cremallera macho-hembra .....	226

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de estado de acción vertical del cilindro para faldón .....	128
Gráfico 2. Diagrama de estado de acción horizontal del cilindro para faldón....	128
Gráfico 3. Diagrama de estado de acción vertical del cilindro para ventana.....	130
Gráfico 4. Tiempos para el ensamblaje de estructuras laterales Método tradicional del autobús urbano - Quantum .....	143
Gráfico 5. Tiempos para el ensamblaje de estructuras laterales Método JIG del autobús urbano - Quantum.....	143
Gráfico 6. Tiempos para el ensamblaje de estructuras laterales Método tradicional del autobús interprovincial – Infinity .....	144
Gráfico 7. Tiempos para el ensamblaje de estructuras laterales Método JIG del autobús interprovincial-Infinity .....	144
Gráfico 8. Comparación de tiempos de producción entre el método tradicional y con el JIG de soldadura del autobús urbano - Quantum .....	145
Gráfico 9. Ahorro de tiempos de producción con la implementación del JIG de soldadura del autobús urbano - Quantum.....	146
Gráfico 10. Comparación de tiempos de producción entre el método tradicional y con el JIG de soldadura del autobús interprovincial-Infinity.....	147
Gráfico 11. Ahorro de tiempos de producción con la implementación del JIG de soldadura del autobús interprovincial-Infinity .....	147
Gráfico 12. Matriz de Criticidad .....	183
Gráfico 13. Matriz de Criticidad del Sistema Estático .....	184
Gráfico 14. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de faldón.....	185
Gráfico 15. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de ventana .....	186
Gráfico 16. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de ventana .....	187
Gráfico 17. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de frente.....	188
Gráfico 18. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de arriostre.....	189
Gráfico 19. Matriz de Criticidad del Sistema de Ajuste .....	190

Gráfico 20. Matriz de Criticidad del Sistema de Desacople .....	191
Gráfico 21. Matriz de Criticidad de los Sistemas del JIG de soldadura .....	192

## SIMBOLOGÍA

### ALFABÉTICA

<b>A<sub>1</sub></b>	Área de la placa base, [pulg <sup>2</sup> ]
<b>A<sub>2</sub></b>	Área de la zapata de concreto, [pulg <sup>2</sup> ]
<b>A<sub>t</sub></b>	Área de la sección transversal de un elemento [m <sup>2</sup> ].
<b>AMFE</b>	Análisis Modal de Fallos y Efectos.
<b>ASD</b>	Método de diseño por esfuerzos Admisibles (Admissible Stress Design).
<b>B</b>	Ancho de la placa base, [pulg]
<b>b</b>	Base de una sección rectangular, [m]
<b>bar</b>	Unidad de presión equivalente a 1 atmósfera.
<b>b<sub>f</sub></b>	Medida interior para cálculo de placas, [m]
<b>C</b>	Capacidad de carga del rodamiento [N]; distancia entre centros de las poleas [m]; relación de rigideces [adimensional].
<b>C<sub>act</sub></b>	Factor de eficiencia reducida para la distancia al borde (pernos de anclaje) [pulg].
<b>CAE</b>	Ingeniería asistida por computadora (Computer Aided Engineering).
<b>C<sub>c</sub></b>	Relación de esbeltez crítica o límite [adimensional].
<b>d</b>	Diámetro menor o interior de un elemento [m].
<b>D</b>	Diámetro mayor o exterior de un elemento [m]; índice de detección del fallo.
<b>E</b>	Módulo de elasticidad del material [GPa]; profundidad de empotramiento mínimo para pernos de anclaje [pulg].
<b>f</b>	Coefficiente de fricción [adimensional]; tasa de inflación [%].
<b>f<sub>c</sub>'</b>	Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días [ksi].
<b>f<sub>c</sub>C1</b>	Factor de ajuste de carga para anclajes en concreto [adimensional].
<b>f<sub>s</sub>S1</b>	Factor de eficiencia reducida para la separación (pernos de anclaje) [adimensional].
<b>F</b>	Fuerzas, cargas o tensiones que actúan sobre un elemento cualquiera [N]. Índice de frecuencia del fallo.
<b>F<sub>empuje</sub></b>	Fuerza de empuje nominal del cilindro neumático [N].

<b>F<sub>tracción</sub></b>	Fuerza de tracción nominal del cilindro neumático [N].
<b>G</b>	Índice de gravedad del fallo.
<b>g</b>	Aceleración de la gravedad [9,81 m/s <sup>2</sup> ].
<b>h</b>	Altura de una sección rectangular, [m]
<b>i</b>	Relación de transmisión ductor [adimensional]; tasa de interés [%].
<b>I</b>	Momento de inercia de área [m <sup>4</sup> ].
<b>IPR</b>	Índice de prioridad de riesgos
<b>INFINITY</b>	Bus de tipo interprovincial producido en la empresa MIRAL.
<b>JIG</b>	Dispositivo o matriz de ensamblaje.
<b>k</b>	Factores que modifican el límite de fatiga [adimensional].
$\frac{k \cdot l}{r}$	Relación de esbeltez [adimensional].
<b>L</b>	Carrera del pistón neumático, [m].
<b>l<sub>B</sub></b>	Longitud de un elemento [m].
<b>L<sub>10h</sub></b>	Duración nominal del rodamiento [h].
<b>m</b>	Masa de uno o varios elementos [kg]; factor de espesor propuesto por Thornton, [pulg].
<b>ṁ</b>	Capacidad de carga o flujo másico de uno o varios elementos [ton/día].
<b>M</b>	Momento flexionante máximo de un elemento [N*m].
<b>M<sub>max_xz</sub></b>	Momento flexionante máximo de un elemento en el plano x-z [N*m].
<b>M<sub>max_yz</sub></b>	Momento flexionante máximo de un elemento en el plano y-z [N*m].
<b>M<sub>x</sub></b>	Momento estático con respecto al eje x.
<b>M<sub>y</sub></b>	Momento estático con respecto al eje y.
<b>n</b>	Velocidad angular o de rotación de un elemento giratorio [rpm]; factor de diseño [adimensional]; período de recuperación de la inversión [años]; muestra [estructuras laterales]; factor de espesor propuesto por Thornton, [pulg].
<b>n</b>	Factor de seguridad [adimensional].
<b>N</b>	Fuerza normal [N]; población [estructuras laterales]; Longitud de la placa base, [pulg].

<b>NPR</b>	Número de prioridad de riesgos.
<b>P</b>	Potencia de un elemento [W o hp]; carga equivalente de rodamientos [N]; carga crítica permisible de una columna [N].
<b>psi</b>	Unidad de presión en el sistema inglés [lb/pulg <sup>2</sup> ].
<b>P<sub>abs</sub></b>	Presión absoluta, [mbar].
<b>P<sub>atm</sub></b>	Presión atmosférica en condiciones normales, [1,013 mbar].
<b>P<sub>m</sub></b>	Presión manométrica, (la que se mide con el manómetro) [mbar].
<b>P<sub>trabajo</sub></b>	Presión neumática de trabajo [lb/pulg <sup>2</sup> ].
<b>Pu</b>	Carga axial de compresión, [klb]
<b>Q</b>	Consumo de aire, [ cm <sup>3</sup> /min].
<b>q</b>	Carga por unidad de longitud de una viga [N/m].
<b>q<sub>t1</sub></b>	Carga por unidad de longitud de una viga en el plano X-Z.
<b>q<sub>t2</sub></b>	Carga por unidad de longitud de una viga en el plano Y-Z.
<b>QUANTUM</b>	Bus modelo urbano producido en la empresa MIRAL.
<b>R</b>	Radio de una superficie cilíndrica, [m].
<b>r</b>	Radio de giro de una columna, o distancia radial [m].
<b>S<sub>a</sub></b>	Esfuerzo alternante [MPa].
<b>S<sub>act</sub></b>	Separación entre pernos de anclaje, [pulg].
<b>S<sub>e</sub></b>	Límite de fatiga de un elemento de máquina [MPa].
<b>S<sub>e'</sub></b>	Límite de fatiga de una probeta de viga rotatoria [MPa].
<b>S<sub>p</sub></b>	Esfuerzo permisible o límite de prueba [MPa].
<b>S<sub>x</sub></b>	Módulo resistente de una sección [m <sup>3</sup> ].
<b>S<sub>y</sub></b>	Límite de fluencia de los materiales [MPa].
<b>S<sub>ut</sub></b>	Resistencia a la tracción (límite de rotura) de los materiales [MPa].
<b>t</b>	Tiempo de análisis de un proyecto [años], espesor de un material [m].
<b>T</b>	Torque o momento torsor en un elemento [N*m].
<b>T<sub>per</sub></b>	Tensión permisible de diseño, [klb].

$T_{\text{per/anclaje}}$	Tensión permisible por anclaje, [lb].
$T_{\text{per sin influencia}}$	Tensión permisible sin influencia, [lb].
$T_{\text{req}}$	Tensión requerida de diseño, [klb].
<b>URES</b>	(desplazamientos software CAE).
$V$	Volumen del cilindro [ $\text{m}^3$ ].
$V_{\text{av}}$	Volumen del cilindro en el avance [ $\text{m}^3$ ].
$V_{\text{re}}$	Volumen del cilindro en el retroceso, [ $\text{m}^3$ ].
$V_{\text{cil}}$	Volumen total del ciclo de trabajo, [ $\text{cm}^3$ ].
$V_{\text{cn}}$	Volumen total del ciclo a condiciones normales, [ $\text{cm}^3$ ].
<b>VON</b>	Criterio de falla de Von Misses para software CAE.
$W$	Peso que soporta un elemento [N];
$x_g$	Centro de gravedad con respecto al eje x.
$y$	Deflexión máxima [m].
$y_g$	Centro de gravedad con respecto al eje y.
$\#$	Cantidad existente o necesaria de un elemento [adimensional].

## **GRIEGA**

$\lambda n'$	Factor de espesor propuesto por Thornton, [pulg].
$t$	Criterio selección espesor de placas sometidas a compresión (máximo), [pulg].
$\mu$	Coefficiente de fricción estática [adimensional].
$\sigma$	Esfuerzo fluctuante o normal por flexión, compresión o tensión [MPa].
$\tau$	Esfuerzo cortante por fuerza cortante o torsión [MPa].
$v$	Velocidad lineal de los elementos mecánicos [m/s].
$\omega$	Velocidad angular o de rotación de un elemento giratorio [rad/s].
$\varphi_c$	Factor de resistencia por aplastamiento del concreto, [adimensional].

TEMA:“JIG´S DE SOLDADURA PARA EL ENSAMBLAJE DE LA ESTRUCTURA LATERAL DE LAS CARROCERÍAS TIPO URBANO E INTERPROVINCIAL, Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE EN LA EMPRESA MIRAL AUTOBUSES EN EL CANTÓN AMBATO”.

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto de investigación se realizó debido a que en la empresa MIRAL AUTOBUSES no existe un JIG de soldadura normalizado para el ensamblaje de las estructuras laterales.

Se recogió toda información relacionada en cuanto a JIG´S de soldadura y al proceso actual de ensamblaje de las estructuras laterales para estudiar todas las alternativas de solución y la proyección del diseño, con el fin de obtener todos los defectos y limitaciones que existían con la utilización de un bastidor improvisado.

Se identificó cuántos y cuáles son las estructuras laterales que se construyen en la empresa.

Identificados todos los defectos y el alcance del proyecto se procedió a realizar el diseño mecánico, neumático y eléctrico de las partes constitutivas y sistemas de un JIG de soldadura para el ensamblado de las estructuras laterales de servicio urbano e interprovincial, mediante cálculos y estudio de normativa, así como la selección de algunos de ellos para la construcción de dicho sistema.

Se realizó un análisis comparativo entre los tiempos obtenidos antes y después de la implementación del dispositivo de ensamblaje y se demostró las mejoras que se alcanzaron al realizar este proyecto, se presentó información del costo total de la construcción del JIG de soldadura.

Se efectuó un Análisis Modal de Fallas y Efectos además una matriz de criticidad de los sistemas críticos del dispositivo en funcionamiento como propuesta de la investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. TEMA**

JIG'S DE SOLDADURA PARA EL ENSAMBLAJE DE LA ESTRUCTURA LATERAL DE LAS CARROCERÍAS TIPO URBANO E INTERPROVINCIAL, Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE EN LA EMPRESA MIRAL AUTOBUSES EN EL CANTÓN AMBATO.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1. Contextualización**

##### **1.2.1.1. Macro**

A nivel mundial las empresas carroceras consideran a la producción un proceso de transformación de insumos en productos, bienes o servicios terminados, cumpliendo con todas las normas técnicas para su fabricación.

Los países pioneros en la fabricación de carrocerías han venido avanzado conforme a las exigencias de la población y la implementación de nuevas tecnologías, instalación de equipos modernos, automatizando los procesos, utilización de matrices, producción en serie, etc. Todas estas empresas realizan un control adecuado y permanente en los procesos, con el fin de satisfacer un alto rendimiento y elevados estándares técnicos, mediante la aplicación de Sistemas de Gestión de Calidad.

En su totalidad se enfocan a satisfacer a un mercado potencial, de acuerdo a las normas existentes internacionalmente y a las necesidades actuales de la población en la calidad del producto o servicio que se ofrece, entre las carrocerías internacionalmente conocidas tenemos a China, Japón, India, Estados Unidos, Alemania, Indonesia, Brasil y México. Entre las carroceras de los Estados Unidos

tenemos: Bus America, Carrocerías Ayats; y las brasileñas: Induscar, Marcopolo, Buscarr Onibus, Ciferal, Neobus, Comil, Mascarello.

### **1.2.1.2. Meso**

A nivel nacional se conocen todas las medidas a las que pueden estar sujetas las estructuras laterales de los autobuses urbanos e interprovinciales, pero se desconoce un proceso robótico o automatizado en el ensamblaje de la estructura lateral, algunas empresas cuentan con JIG´S de soldadura bastante estáticos y que son exclusivos para la fabricación de un solo tipo de modelo carrocerero, las carrocerías están ubicadas en varias provincias, todas tienen un objetivo en común, pero una visión y misión diferente entre sí.

La provincia de Tungurahua es una de las mayores productoras de carrocerías a nivel nacional, genera altos índices de ingresos económicos. Se inició en 1963 con la instalación de la primera empresa carrocerera VARMA. Con el paso del tiempo se crearon nuevas y actualmente ocupan los primeros lugares en fabricación de carrocerías, estas son: MIRAL AUTOBUSES, PICOSA, IBIMCO, CEPEDA, IMCE, IMPA, ECUABUSS.

En Tungurahua funcionan unos 20 talleres grandes y otros 25 entre medianos y pequeños. Allí se da empleo a cerca de 2500 personas. La producción provincial cubre el 65% del mercado nacional. (Velasquí Carlos. 2013. El comercio).

Para el desarrollo de la productividad en las carrocerías es primordial la innovación de procesos, actualización y capacitación a los empleados incluyendo el uso de software de alta calidad y sobre todo el cumplimiento de la gestión de calidad como políticas de la empresa.

Todas estas empresas de industria carrocerera cumplen con las normas técnicas y reglamentarias ecuatorianas (INEN), de acuerdo al tipo de carrocería que se desee fabricar.

Algunas empresas a nivel local cuentan con JIG´S de soldadura, diseñadas exclusivamente para la fabricación de cada modelo de bus como PICOSA, IMCE, IBIMCO.

### **1.2.1.3. Micro**

En la ciudad de Ambato, se encuentran la mayoría de carrocerías de gran trayectoria, centraremos nuestra atención en la empresa MIRAL AUTOBUSES y la forma de fabricar sus estructuras laterales; ésta cuenta con políticas claras de producción y calidad de sus productos y servicios, tanto en los buses de servicio urbano e interprovincial; la empresa se encuentra en una auge constante.

El proceso de ensamblaje de las estructuras laterales en la empresa MIRAL AUTOBUSES, es completamente manual y con técnicas antiguas de armado, se afirma que la empresa no cuenta con un JIG de soldadura para el ensamblaje de los laterales, a pesar de que la técnica de soldeo es moderna, ésta no garantiza la mejora del proceso.

Esta empresa durante los años ha fabricado varias carrocerías para las diferentes empresas de transporte nacional con los buses urbano, turismo, escolar e interprovinciales.

### **1.2.2. Análisis crítico**

La implementación de nuevas tecnologías y el rápido avance de la ciencia moderna, así como la competencia y la demanda que existe en el sector carrocerero en la provincia de Tungurahua han obligado a que las empresas busquen mejores recursos humanos, procesos, maquinarias y equipos para poder ofertar las necesidades de los clientes, para así poder competir con empresas que gastan miles de dólares en la implementación de los recursos antes mencionados, siendo estos de última generación, intentando automatizar todos los procesos en la producción de carrocerías.

Si bien es cierto, la Empresa MIRAL AUTOBUSES cuenta con una planificación estructurada, para realizar cada proceso, tanto operativo, como productivo, existen

falencias en ciertas áreas de la producción, y es en esta misma área con la fabricación estructural en la que centramos nuestra atención para la investigación, específicamente en las estructuras laterales, ya que no existe un JIG de soldadura, lo que conlleva a que el tiempo en la fabricación de estos elementos no sea constante.

La empresa consiente de que la bancada que se utiliza actualmente en el área de ensamblaje para la estructura lateral no ofrece ninguna garantía para disminuir los tiempos de producción y calidad en el proceso, por tal motivo optó por encargar el estudio del mismo para obtener información precisa, conociendo que es un punto crítico en la sección de diseño, y que debe cumplir con todas las normas nacionales e internacionales, decidieron también considerar la mejora continua en el proceso, así como la adecuación de todas las instalaciones, para lo que solicitaron primero su diseño y presupuesto.

El hecho de que en el proceso de ensamblaje de la estructura lateral, exista mayor uso de esfuerzo físico, que una matriz o JIG de soldadura que simplifique los procesos, significa que el operario tuvo que gastar demasiada energía; y en cuanto a los requerimientos de la empresa no existió un máximo rendimiento en dicho proceso.

El uso de una mesa de trabajo, deficiente en el proceso de ensamblaje de las estructuras laterales, provocó que esta sección sea considerada como crítica para la producción de toda la estructura del autobús, además de tiempos de producción elevados y por consiguiente la insatisfacción en la demanda de laterales funcionales. Lo que exigió un diseño adecuado para el JIG estructural lateral y una correcta instalación de toda el área de armado y ensamblaje, que garanticen altos rendimientos y seguridad en el proceso.

### **1.2.3. Prognosis**

Si no se realiza el estudio de JIG'S de soldadura para el ensamblaje de la estructura lateral en la Empresa MIRAL AUTOBUSES en el cantón Ambato, se expondría a que se mantenga el proceso artesanal deficiente, así como se limita el mejoramiento

en la calidad del armado y ensamblaje de la estructura lateral de forma permanente, debido a la falta de estandarización y errores humanos; como consecuencia podría existir una pérdida de tiempo en este proceso, considerando que es el primer paso y da el tiempo de inicio en la fabricación del autobús, además limita la oferta que podría producirse al ser eficiente el proceso.

#### **1.2.4. Formulación del problema**

¿El estudio de JIG'S de soldadura para el ensamblaje de la estructura lateral de las carrocerías urbano e interprovincial, permitirá mejorar los tiempos de producción en la empresa MIRAL AUTOBUSES?

#### **1.2.5. Preguntas directrices**

¿Qué tipos de JIG'S de soldadura serán los indicados para el ensamblaje de la estructura lateral en la empresa MIRAL AUTOBUSES?

¿Cómo se puede determinar los tiempos de producción en el proceso de ensamblaje de la estructura lateral en la empresa MIRAL AUTOBUSES?

¿Qué tipo de JIG de soldadura es el indicado para mejorar los tiempos de producción de la estructura lateral en la empresa MIRAL AUTOBUSES?

#### **1.2.6. Delimitación del problema**

##### **1.2.6.1. De contenido**

La presente investigación se establece en el campo de Ingeniería Mecánica las áreas comprendidas de diseño de elementos mecánicos, procesos de manufactura, automatización, control industrial y seguridad industrial.

##### **1.2.6.2. Espacial**

El tema propuesto se lo realizará en:

✓ La empresa MIRAL AUTOBUSES, ubicada en la Panamericana Norte (E35) km 7 ½, Sector El Pisque, Ambato, Tungurahua-Ecuador.

✓ En la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, mediante bibliografía que se relaciona con este estudio.

### **1.2.6.3. Temporal**

El presente trabajo investigativo se desarrollará en los meses comprendidos entre Enero del 2015 y Julio del 2015.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Con la presente investigación se aportó a la mejora productiva de la empresa en el área de producción, a través de la capacidad de producción, las ventajas y desventajas que presentaban las instalaciones existentes, y la implementación de un JIG de soldadura que permitió mejoras significativas en el proceso de ensamblaje de las estructuras laterales.

Las estructuras automotrices en la actualidad son una parte fundamental en los vehículos, ya que en ellas se ensamblan gran parte de los elementos que componen al autobús y de ella depende que el comportamiento en la distribución de cargas sea homogéneo, así como garantiza la seguridad de sus ocupantes en un posible accidente.

El diseño estructural de los laterales debe ser analizado antes de su fabricación para obtener un máximo rendimiento de estos elementos bajo cualquier tipo de condición, y que los costos de manufactura sean lo más bajo posible.

Es por ello que el diseño de las estructuras no serviría de mucho, si luego en el ensamblaje no se respetan las medidas, normas y procesos para la fabricación de las estructuras laterales; el uso de una matriz adecuada y eficiente, garantiza que el modelo diseñado sea el construido.

Con la mejora del proceso de ensamblaje de las estructuras laterales se evita la demora y desabastecimiento de dichos componentes estructurales.

La presente investigación es novedosa debido a que a nivel local no existe un JIG de soldadura mecánico o automatizado para la manufactura de estructuras laterales para los autobuses de servicio urbano e interprovincial.

Las normas de seguridad para fabricar carrocerías están en función de conservar la integridad de la vida humana por encima de los bienes materiales, por lo tanto internacionalmente las estructuras o bastidores de las carrocerías están diseñadas bajo altos índices de seguridad y a exigentes pruebas mecánicas, físicas, por lo que cuenta con un habitáculo de seguridad el que deberá soportar la mayor concentración de esfuerzos en un siniestro y precautelar la vida, la utilización de un JIG de soldadura ayuda a estandarizar el ensamblaje y a crear estructuras que pasen dichas pruebas.

MIRAL AUTOBUSES, consideró importante la investigación, porque con ésta se pretende mejorar u optimizar los tiempos en el proceso de ensamblaje de las estructuras laterales, eliminando las pérdidas de materiales y recursos así como tiempos improductivos.

Las industrias carroceras ecuatorianas buscan satisfacer la demanda en cuanto a cantidad, calidad, puntualidad y sobre todo precios justos y competitivos; optimizando todos los recursos posibles: humanos, la materia prima, insumos, equipos e instalaciones, herramientas para poder cumplir con los parámetros que demandan dichas empresas que son más competitivas y logran expandirse en el mercado nacional.

Se contó con recursos tecnológicos, además la empresa entregó los recursos económicos, así como a disposición sus instalaciones, equipos, herramientas, talento humano y toda información referente al tema de investigación para concluir la presente.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

✓ Realizar un estudio de JIG'S de soldadura para el ensamblaje de la estructura lateral de los autobuses urbano e interprovincial, en la empresa MIRAL AUTOBUSES en el cantón Ambato, para mejorar los tiempos en el ensamblaje.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el tipo de JIG de soldadura adecuado para el ensamblaje de la estructura lateral en la empresa MIRAL AUTOBUSES.
- ✓ Analizar los tiempos de producción en el proceso de ensamblaje de la estructura lateral de los autobuses urbano e interprovincial, en la empresa MIRAL AUTOBUSES.
- ✓ Diseñar un JIG de soldadura para mejorar los tiempos de producción de la estructura lateral en la empresa MIRAL AUTOBUSES.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Inicialmente las carrocerías eran sobre todo de madera, su construcción y manipulación estaba encargada a los carpinteros. Con el paso del tiempo la madera fue relegada a un segundo plano por el aluminio y acero.

Consecuentemente, fueron los chapistas los encargados de fabricar y reparar las carrocerías.

En 1927 se lanzó la primera carrocería construida completamente con estructura de acero, a inicios de los años treinta las grandes empresas dedicadas a la fabricación de automóviles empezaron con el uso de la chapa metálica de acero, emprendiendo su producción de forma masiva en las cadenas de montaje.

Con la implementación de nuevas tecnologías, apareció el primer vehículo auto portante, éste tipo de carrocería es la utilizada por la mayoría de los fabricantes actuales. Sobre un bastidor compuesto por largueros longitudinales y travesaños transversales, formando una estructura simple pero lo suficientemente resistente y rígida, se ensambla las chapas metálicas, elementos de fibra de vidrio y todos los elementos del autobús.

En la actualidad existen muchos documentos que nos ayudan a la elección de los parámetros de una matriz para el proceso de ensamblaje de la estructura lateral, esto en función del modelo de bus a ser construido.

Es importante señalar que no existen a nivel local antecedentes de investigación para JIG'S de soldadura, y mucho menos para el ensamblaje de la estructura lateral, por lo que fue una investigación interesante e innovadora para el sector carrocerero.

Existen investigaciones anteriores, que ayudaran de manera general al desarrollo del presente proyecto investigativo, así:

**“Diseño de una plataforma para ensayo de vuelco de carrocerías para autobuses según el RTE-INEN 1 323.”** Por Argoti J. y Pozo E. el objetivo de este trabajo es diseñar la plataforma capaz de satisfacer los requerimientos que exige los procedimientos de la norma 1323 en cuanto a robustez y sistema de giro, capacidad para probar todo tipo de carrocerías.

**“Propuesta de reducción del peso estructural de autobuses empleando herramientas de elemento finito”** Por Roberto Garza. En este trabajo se desarrolla una propuesta cuyo objetivo es reducir el peso estructural de un autobús empleando herramientas de elemento finito.

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

El presente proyecto de investigación, filosóficamente se ubica en un paradigma crítico positivista, crítico por el hecho de poder observar problemas, todo lo que está afectando directamente al medio en donde se desarrolla el estudio, para de un punto de vista positivo aportar para dar soluciones científicas encaminadas al cumplimiento de los objetivos, los que describen con claridad las metas y recursos para el cumplimiento del proyecto.

## **2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

El presente proyecto de investigación estará fundamentado en las normas y reglamentos siguientes:

- ✓ American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- ✓ American Society of Testing and Materials (ASTM)
- ✓ American Gear Manufacturers Association (AGMA)
- ✓ Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 03:1989 Código de Dibujo Técnico - Mecánico, referente a normas técnicas que se emplearán para realizar planos.
- ✓ NTE-INEN 1 323:2009 Vehículos Automotores. Carrocerías de buses. Requisitos.

- ✓ NTE ISO 3833-2008 primera revisión Vehículos automotores, Tipos, Términos y Definiciones.
- ✓ NTE-INEN 2205:2010 Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos.
- ✓ RTE-INEN 038:2010 Bus Urbano.
- ✓ RTE-INEN 043:2010 Bus Interprovincial e Intraprovincial.
- ✓ AWS D 1.3/D1.3M:2008 Structural Welding Code - Sheet Steel.
- ✓ Decreto Ejecutivo 2393: Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

## 2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

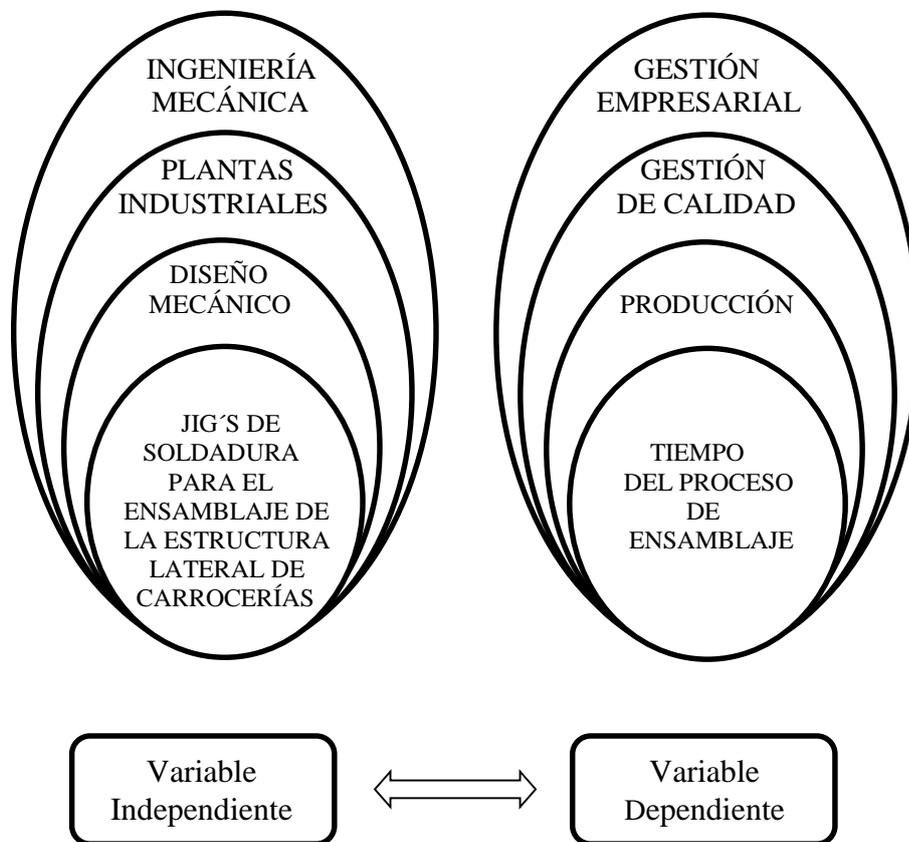


Figura 1. Red de categorías fundamentales

Autor: Fernando Guerra

### 2.4.1. JIG'S de soldadura

Son dispositivos que sirven de soporte para ensamblar y estandarizar una estructura, este dispositivo tiene como objetivo alcanzar la producción de elementos en masa, gracias a un proceso repetitivo y a una matriz de generación, esta matriz es el

elemento más importante o básico en un JIG; los otros elementos pueden facilitar el ensamblaje.

El acero es uno de los materiales de construcción más resistentes y económicos y ofrece todas las ventajas para crear carrocerías seguras, individuales, estéticas y variables; por lo que el JIG de soldadura debe ser fuerte para cumplir con las solicitaciones de operación.

Las matrices estructurales permiten, de forma ideal, ajustarse a las máximas exigencias de fabricación y ensamblaje de una estructura lateral.

#### **2.4.1.1. Tipos de JIG'S de soldadura**

##### **JIG'S de soldadura estáticos**

Son dispositivos para ensamblaje de estructuras en los que el bastidor o bancada permanece estático, es decir no tiene ninguna clase de movimiento.

##### **JIG'S de soldadura móviles**

Son dispositivos para ensamblaje de estructuras en los que el bastidor o bancada tiene movimiento para facilitar la soldadura, este movimiento puede ser horizontal, vertical o de rotación, así ocurre en una bancada universal para reparación de carrocerías de un automóvil.



Figura 2. Dispositivo móvil para chapistería y pernos de auto Focus

Fuente: <http://www.metriunvirato.com/pernos/pernos.htm>

### 2.4.1.2. Aplicación de JIG'S de soldadura

Por lo general en el sector carrocerero la fabricación de las estructuras metálicas para la carrocería de un autobús, se la realiza mediante la utilización de una Matriz o JIG de soldadura, es poco frecuente que se utilice un sistema robotizado para dicha fabricación.



Figura 3. JIG de soldadura estático para ensamblaje de araña balancera

Fuente: <http://www.metriunvirato.com/aranas/arana.htm#>

### 2.4.2. Carrocerías metálicas

La carrocería de autobús es el sistema estructural que cumple las solicitudes de carga, rigidez, soporte, fijación y forma, pero sobre todo brinda seguridad a los pasajeros y tripulación.

Conocida también como superestructura o estructura de esqueleto, es el sistema estático que provee resistencia, rigidez y soporte físico a la carrocería; está diseñada para absorber y dispersar la energía proveniente de pesos muertos, condiciones de manejo, irregularidades, impactos y colisiones mediante el direccionamiento de la misma desde miembros expuestos hacia miembros menos solicitados a través de juntas rígidas, consiguiendo su disipación.

#### 2.4.2.1. Clasificación de los vehículos de transporte de pasajeros

De acuerdo con las normas NTE ISO 3833-2008 primera revisión: Vehículos automotores, Tipos, Términos y Definiciones, publicado en el Registro Oficial No. 133 de 1999-02-22, existen categorizaciones para vehículos automotor, los alcances se muestran por categorías de vehículos, pero algunos de ellos pueden ser limitados

a una subcategoría o clase específica a un peso mínimo o máximo dentro de la categoría.

Delimitaremos nuestro estudio para los tipos de bus (3.1.2). Las cuales incluyen las unidades de transporte de pasajeros, dentro de las cuales se numeran:

**Bus:** Un vehículo automotor, el cual por razón de su diseño y designación, está considerado para transportar personas y equipaje y que tiene más de 5 asientos incluyendo el del conductor. Puede tener uno o dos pisos y un remolque.

✓ **Minibús:** Bus de un solo piso que no tiene más de 17 asientos incluyendo el del conductor.

✓ **Bus urbano:** Un bus, el cual es diseñado y equipado para uso urbano y suburbano; esta clase de vehículo tiene asientos y espacios considerados para pasajeros de pie y parados.

Unidades diseñadas para su circulación en centros urbanos densamente poblados, con espacios considerados para pasajeros de pie. En el Ecuador la norma técnica INEN 2 205:2010 segunda revisión provee las especificaciones necesarias para la homologación de unidades de transporte urbano, existiendo las denominaciones de TIPO 1 y TIPO 2, cuyas diferencias consisten en longitud del chasis, tipo de transmisión, posición del motor, frenos, largo total mínimo externo, etc.

Servicio de Transporte Intracantonal (urbano), Es el que opera dentro de los límites cantonales, pudiendo ser un servicio urbano (entre parroquias urbanas), servicio rural (entre parroquias rurales) o servicio combinado (entre parroquias urbanas y rurales). El perímetro urbano de un cantón, según sea el caso para el servicio de transporte, será determinado por los GADs en coordinación con las Unidades Administrativas Regionales o Provinciales; o directamente por los GADs que hubieren asumido las competencias en materia de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial. Será responsable de este registro en donde se preste el servicio, la Unidad Administrativa o el GADs que haya asumido la competencia en el correspondiente territorio.

Ley s/n de 2011. De los ámbitos de operación del transporte terrestre. Junio 2012 25. RO S N° 731.

✓ **Coche inter urbano:** Un bus, el cual es diseñado y ocupado para transporte interurbano. Este vehículo no tiene espacio que sea considerado específicamente para pasajeros de pie, pero puede tener pasajeros de pie por cortas distancias en el corredor.

Transporte Interprovincial: unidades no diseñadas para el transporte de pasajeros de pie, dotadas de gran comodidad y de espacios para carga (cajuelas) que los hacen aptos para recorrer grandes distancias.

El servicio de transporte público interprovincial, se presta dentro de los límites del territorio nacional, entre provincias de diferentes regiones, o entre provincias de una región y las provincias del resto del país o viceversa, o entre provincias que no se encuentren dentro de una región. Será responsable de este registro, únicamente, la ANT.

Ley s/n de 2011. De los ámbitos de operación del transporte terrestre. Junio 2012 25. RO S N° 731.

✓ **Coche largas distancias:** Un bus, el cual es diseñado y equipado para viajes a largas distancias, este vehículo está considerado para la comodidad de sus pasajeros sentados y no lleva pasajeros de pie.

✓ **Bus articulado:** un bus, el cual está compuesto de dos secciones rígidas conectadas por una junta articulada. En este tipo de vehículos los espacios destinados a los pasajeros en cada sección rígida deben comunicarse.

La libre circulación de los pasajeros de una sección rígida a la otra está asegurada a través de la junta articulada.

La conexión entre las dos secciones y la desconexión de las dos secciones solamente puede realizarse en el taller de fabricación.

✓ **Trolebús:** Un bus, que es propulsado eléctricamente mediante una línea de trole.

Puede ser asignado a los servicios y equipado como se indica en (bus urbano, bus inter urbano, articulado).

✓ **Bus especial:** Un bus, cuyas características no están incluidas en ninguna de las categorías mencionadas anteriormente.

#### 2.4.2.2. Tipos de carrocerías y bastidores

Los tipos de carrocerías y bastidores existentes se pueden clasificar en cuatro grupos:

Dependiendo del *método de unión de la carrocería al chasis*, puede ser:

✓ **Carrocería independiente:** cuando la instalación se efectúa empernando la carrocería al chasis, pudiendo ser desmontada cuando sea necesario. Esta tecnología de unión no se utiliza en la actualidad porque las uniones empernadas no aseguran mantener la carrocería como una unidad rígida.

✓ **Autoportante:** cuando la instalación se efectúa mediante unión soldada entre la carrocería y el chasis, no es desmontable y asegura el comportamiento del vehículo como una unidad rígida. Aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico.

Según los *materiales empleados en su construcción*, pueden ser:

✓ **Monocasco:** cuando la diferencia entre el chasis y la carrocería es difusa, ya que el chasis forma parte de la carrocería.

✓ **Tubular:** son los que las se emplean en la construcción de unidades de transporte por la facilidad de adquirir materiales y por la factibilidad de construcción. En este proyecto se analizarán este tipo de estructuras.

El presente proyecto se centrará en el estudio de carrocerías autoportantes tubulares para unidades de transporte de pasajeros.

#### 2.4.2.3. Elementos que componen una carrocería

En general, una unidad de transporte de pasajeros se compone de dos partes fundamentales:

- ✓ Chasis o bastidor
- ✓ Estructuras laterales

- ✓ Carrocería piso
- ✓ Techo
- ✓ Frontal y posterior
- ✓ Paneles externos o forros
- ✓ Juntas
- ✓ Interior
- ✓ Instrumentación

### 2.4.3. Estructuras laterales

Brindan soporte estructural lateral formando el cuerpo de la carrocería. Comprenden espacios para ventanas y puertas y forman entre sí (derecha e izquierda) arcos uniformes conocidos como pórticos, que son las unidades estructurales fundamentales de soporte de la estructura.

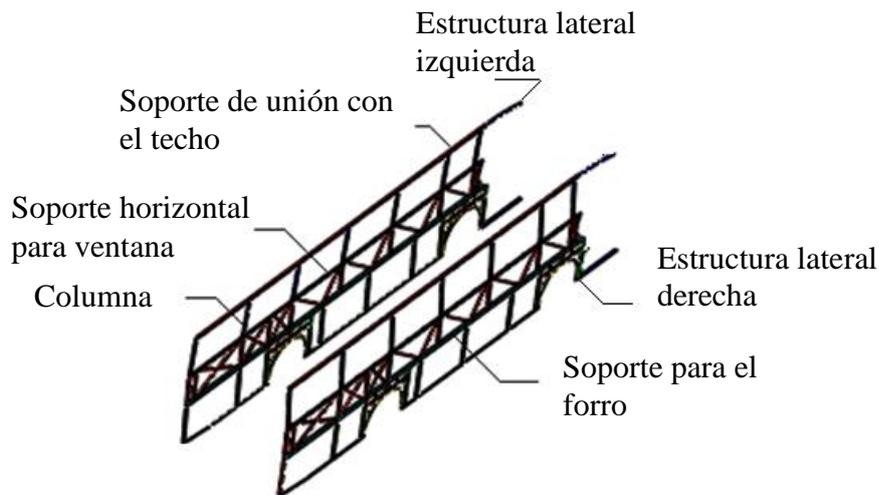


Figura 4. Estructura lateral de un autobús

Fuente: Manual para montaje de carrocerías común para todos los modelos HINO

#### 2.4.3.1. Importancia de las estructuras laterales

Mediante estudios se ha comprobado que la mayoría de la fuerza de combamiento que actúa sobre el bus está soportada por la rigidez del esqueleto de las estructuras laterales del lado derecho e izquierdo.

La carga torsional transmitida vía bastidor del chasis también actúa sobre las estructuras del lado derecho e izquierdo respectivamente, en forma de cargas de

combamamiento hacia arriba y hacia abajo de diferentes fases. Es por lo tanto, extremadamente importante incrementar la rigidez al combamiento de las estructuras laterales izquierda y derecha a fin de asegurar la rigidez al combamiento, y la rigidez torsional de la estructura como un todo.

Las estructuras del armazón debajo del lado de las ventanas proveen alta rigidez contra las fuerzas verticales de combamiento.

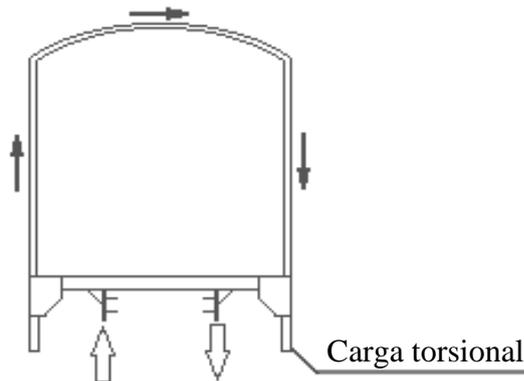


Figura 5. Carga torsional provocada por una fuerza vertical en laterales

Fuente: Manual para montaje de carrocerías común para todos los modelo HINO

#### 2.4.4. Proceso de fabricación

“Proceso es cualquier serie de actividades desempeñadas por una organización que acepta insumos y los transforma en productos o servicios, idealmente de un valor mayor para la organización que los insumos originales” **Donna (2006, p. 132).**

##### 2.4.4.1. Ensamblaje o montaje

Componer el producto a partir de piezas y componentes. Comprende inserciones, uniones y operaciones de comprobación, ajuste, llenado, inicialización y verificación.

El montaje es una etapa que tiene un carácter integrador por excelencia en el que se detecta de forma inmediata una parte muy importante de los defectos de concepción de un producto y de fabricación de sus piezas.

En el montaje confluyen, pues, un conjunto complejo de operaciones que hay que analizar cuidadosamente para su optimización y aplicación del diseño de

fabricación y ensamblaje (DFMA). Así, será necesario analizar las siguientes operaciones:

- ✓ La manipulación y composición de piezas y componentes.
- ✓ La unión entre piezas.
- ✓ El ajuste.
- ✓ La puesta a punto.
- ✓ La verificación del montaje.

Es habitual encontrar dificultades a la hora de automatizar la fabricación de productos y sistemas que no han sido concebidos a tal fin, especialmente en lo que se refiere a la manipulación, que se confía a la habilidad humana. El diseño de fabricación y ensamblaje desarrolla nuevas concepciones y metodologías para minimizar el uso de estas capacidades del hombre, como pueden ser:

- ✓ Componentes con simetrías.
- ✓ Ordenación de las piezas.
- ✓ Paletización.
- ✓ Cadenas de montaje integradas.

#### **2.4.4.2. Procedimiento básico para el estudio del trabajo**

El procedimiento básico para el estudio del trabajo, es el que se detalla en la tabla siguiente, aquí se describen las etapas en orden progresivo, desde el proceso que se va a estudiar hasta concluir con el control del proceso y verificando el cumplimiento de los objetivos.

Tabla 1. Procedimiento básico para el estudio del trabajo

ETAPA	DESARROLLO
Seleccionar	El proceso o trabajo que se va a estudiar.
Registrar	Es la recolección de todos los datos informativos de mayor relevancia con relación a la tarea o proceso, para luego disponer de los mismos para su análisis.
Examinar	Todos los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, el lugar donde se lleva a cabo, el propósito de la actividad, el orden en que se ejecuta, quien la ejecuta y los medios empleados.
Establecer	Métodos más económicos y efectivos tomando en cuenta las circunstancias y utilizando las diferentes técnicas de gestión, debe analizarse y discutirse los enfoques de especialistas, supervisores y trabajadores.
Evaluar	Los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo modelo.
Definir	El nuevo método y el tiempo correspondiente, presentar dicho método sea verbalmente o por medio escrito, a todas las personas a quienes concierne.
Implantar	El nuevo método formando a las personas interesadas, como práctica general con el tiempo fijado
Controlar	La aplicación de la nueva norma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos.

Fuente: Tesis. López C y Paucar M. 2009

#### 2.4.4.3. Ensamblaje de una carrocería autoportante

El armado, montaje o ensamblaje de los subconjuntos es la unión de un número determinado de piezas, de acuerdo a un anterior esquema de trabajo, para formar una unidad superior.

Estos montajes pueden ser automáticos o semiautomáticos, referidos tanto al proceso de alimentación de los diversos componentes destinados a la bancada de referencia y ajuste, como al sistema empleado para su unión. En la actualidad es de uso cada vez más generalizado la adopción de robots para la soldadura.

Un sistema de control automático facilita la posición de la pinza para cada punto que debe ser soldado. Se sustituye pues el sistema de soldadores para múltiples situaciones y se adopta el sistema unitario, que permite variar los programas según el tipo de vehículo, con idéntica maquinaria, mediante control por ordenador.

El ensamblaje final de la carrocería presupone unir en una última fase todos los subconjuntos, no desmontables, obtenidos con anterioridad. Es importante indicar que en general el proceso de fabricación de la estructura del autobús se realizará de

forma modular e independiente: laterales, frontal, trasero, piso y techo, para, posteriormente, proceder a la unión de todos los módulos. Las uniones y ensamblajes se realizan mediante soldadura, creando una estructura autoportante a la que se fijan los conjuntos mecánicos; por último, se panela y reviste, tanto exterior como interiormente.

El revestimiento y el panelado se realizan con materiales como acero, aluminio, resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio, tableros de prodema (madera estratificada), moqueta, lunas, etc.

Los materiales del lateral exterior son, en la mayor parte de los vehículos, acero y aluminio, como en el lateral bajo las ventanas, donde se panelará la estructura con planchas de acero, en muchas ocasiones superiores a los 10 metros de longitud. Por debajo de esta zona se encuentran las trampillas y portones de pase de rueda, bodega de equipaje, acceso a conjuntos mecánicos, etc. En su mayoría, el material utilizado para construir estos elementos es el aluminio, formando un conjunto con un bastidor unido a la estructura. En el frente, la trasera y el techo se combinan diversos materiales, predominando la resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio, haciéndose notar también la presencia de otros como el aluminio.

La unión de todos los elementos que visten y cierran la estructura se realiza por distintos sistemas: atornillados, remachados, soldados o con adhesivo. Este último sistema de unión está muy presente en todo el proceso de fabricación del autobús. A excepción de la construcción de la estructura y de la fijación de las butacas, el adhesivo estructural interviene en la unión de todos los elementos de estos grandes vehículos, garantizando la resistencia de dicha unión y asumiendo las dilataciones producidas por torsiones y cambios de temperatura.

A continuación se le añaden los elementos desmontables como serán puertas, guardabarros, etc., y se procede a una revisión global para descubrir desperfectos o fallos ocasionados durante el proceso de ensamblado, que consistirán principalmente en eliminar rayas o limaduras, antes de proceder a su envío a la fase de pintado.

En el interior del vehículo están presentes diversos elementos plásticos: consolas portaobjetos y, camufladas bajo ellas, las canalizaciones de aire y luz. El piso es de madera estratificada y sobre él, se disponen las líneas de asientos.

#### **2.4.4.4. Proceso de fabricación de la estructura lateral**

La fabricación de un autobús comienza por la construcción de una estructura constituida por perfiles de acero, que se convertirá en el esqueleto del vehículo.

**Proceso de protección** Para la realización de este proceso, primero se debe verificar que tipo de material es el que se cuenta en bodega, ya sea este un acero estructural negro, o si bien este es un acero galvanizado, ya que necesariamente el primero debe ser protegido químicamente y el segundo no.

Para proteger el acero estructural negro, primero se limpia exteriormente las caras de los tubos con thinner, para eliminar cualquier residuo de grasa, luego se realiza la protección en sí, mediante la aplicación de un antioxidante, interiormente se coloca el líquido antioxidante y se lo esparce manualmente por la tubería, y exteriormente se coloca un anticorrosivo, la protección se realiza con el uso de un soplete que opera con aire comprimido; inmediatamente las estructuras pasan a un proceso de secado el cual puede tardar 5 horas, pero por seguridad el acero estructural negro es utilizado al día siguiente de haber sido protegido químicamente.

**Proceso de corte y preparación** Para este proceso se cortarán todos los perfiles, ángulos, etc. con tronzadora a la medida de ensamblaje, nos referimos a preparación cuando algunos elementos estructurales sean barolados, doblados, esmerilados, soldados, eliminación de filos, formación de otros elementos estructurales con complejidad, etc., en fin cualquier proceso diferente de corte.

**Proceso de ensamblaje** El proceso comienza con el armado del larguero superior de la estructura, el cual consta de la unión de dos perfiles cuadrados de 50x50x3 mm, este larguero es el elemento base de la estructura, ya que en este se sueldan los puntales y parantes verticales; el larguero superior es soldado por puntos al bastidor o mesa dónde será ensamblada la estructura lateral.

Posteriormente se sujetan al bastidor los puntales de estructura lateral, tanto anterior como posterior con la ayuda de alicates de presión; y se unen al larguero principal, con soldadura.

Se deben soldar los parantes verticales al larguero principal con las especificaciones de los planos estructurales.

Se coloca el inicio de arriostre a la estructura lateral, es decir el larguero para faldón se une con los puntales verticales.

Para nivelar verticalmente la estructura se amarra una piola a los puntales y se sueldan los parantes con el larguero para faldón, si es necesario se colocan alzas entre el larguero y el bastidor hasta el nivel; y para nivelar horizontalmente se sujeta otra piola entre las caras interiores de los puntales, ahora para conseguir el nivel se toma la ayuda de templadores que se sueldan al bastidor y los parantes; una vez conseguido el nivel horizontal y vertical, se comprueban las medidas y se completa los cordones de soldadura, entre el larguero para faldón y los parantes.

Mediante la técnica anterior, se sujeta piola y se nivela verticalmente los parantes.

El paso siguiente es apuntar con suelda las estructuras longitudinales medias según planos de diseño, estas van soldadas entre los parantes, debe asegurarse de que sean colocadas a escuadra.

Se colocan los parantes secundarios que van entre el larguero medio y el larguero para faldón, una vez más debe asegurarse de que sean colocadas a escuadra y con las medidas que establecen los planos.

Se coloca una estructura frontal curva, que ha sido construida anteriormente, esta se ha fabricado mediante el cumplimiento de algunas tareas y actividades, entre las cuales mencionaremos: el corte para formar la curvatura, soldadura de cortes, eliminación de escoria o suelda, pulimiento de estructura, etc. Todo esto para formar el elemento estructural curvo, que se ve en la parte de la cabina del chofer del autobús.

Una vez colocado el elemento anterior, se procede al ensamblaje de todos los refuerzos que dan rigidez y seguridad al pórtico estructural lateral donde se ubica la cabina del chofer, estos se colocan tanto horizontal como verticalmente y tienen un espesor menor que los elementos estructurales principales.

Posteriormente, el proceso concluye con la colocación de los elementos estructurales de refuerzo del lateral, estos son conocidos como los cruzados y son colocados diagonalmente entre el encuadre de las estructuras longitudinales medias y el larguero para faldón, tienen una tolerancia de 2 milímetros, pero se deben verificar dichas tolerancias en los planos.

Finalmente se deberá unir con soldadura todo el pórtico que conforma la estructura lateral.

#### **2.4.5. Métodos de ensamblaje y unión**

Se entiende por ensamblado la unión de las distintas piezas que forman una carrocería. En este aspecto, se distinguen tres tipos:

- ✓ Por soldadura.
- ✓ Por atornillado.
- ✓ Otros procedimientos.

##### **2.4.5.1. Ensamblado por soldadura**

Para conseguir un sólido ensamblaje de las chapas de que consta la carrocería la soldadura es el sistema más utilizado y de entre todos los sistemas de soldadura el llamado soldadura eléctrica por puntos que es una variante de la soldadura por resistencia.

El procedimiento que se sigue en este tipo de soldadura por puntos es el siguiente: en primer lugar hay que destacar que este tipo de soldadura solamente es indicado para llevarlo a cabo en planchas superpuestas y que sean de un espesor como mínimo de 0,30 mm y como máximo de unos 3 mm; es decir, un sistema muy adecuado para su utilización en el tipo de trabajo que reúne las características de una carrocería. Las dos planchas se colocan superpuestas y se aprisionan entre dos

electrodos (que pueden estar refrigerados, o no, según la potencia que se tenga que desarrollar) en el mismo punto en el que se quiera hacer la soldadura.

Los dos electrodos ejercen presión entre las dos planchas como si se tratara de las puntas de una mordaza y en este momento se hace pasar un impulso de corriente a través de los electrodos, la cual al atravesar las planchas, desarrolla una temperatura tan elevada que se produce la fusión de la plancha.

Aún si los materiales por si mismos estén bien escogidos y apropiadamente dispuestos, aparecerán problemas de resistencia y rigidez, si las juntas (uniones) entre los elementos estructurales están débiles.

Las uniones entre dos tubos de sección cuadrada deben realizarse con filetes continuos de sueldas alrededor de su circunferencia. Cuando se diseñe la estructura, asegúrese que el diagrama no presente dificultades para soldar, lo cual conduce a soldaduras incompletas de las uniones.

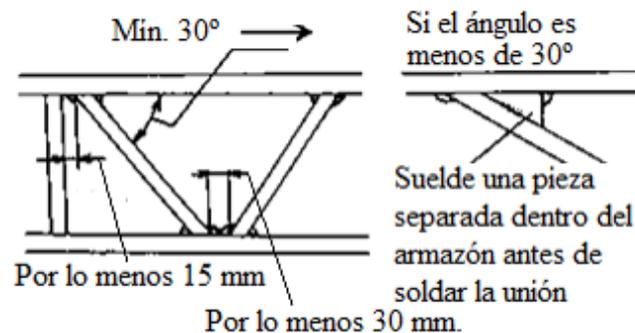


Figura 6. Diagrama del esqueleto para facilitar el trabajo de soldadura  
Fuente: Manual para montaje de carrocerías común para todos los modelo HINO

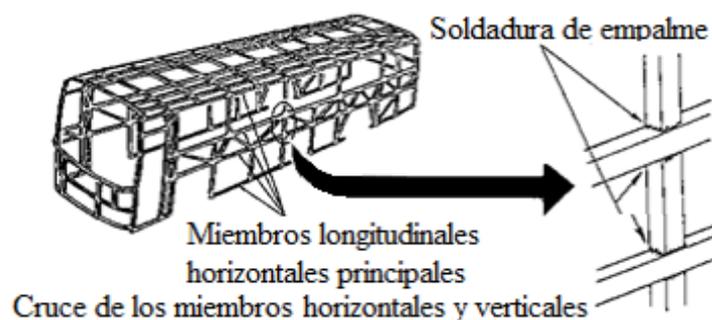


Figura 7. Miembros longitudinales tienen prioridad sobre los verticales  
Fuente: Manual para montaje de carrocerías común para todos los modelo HINO

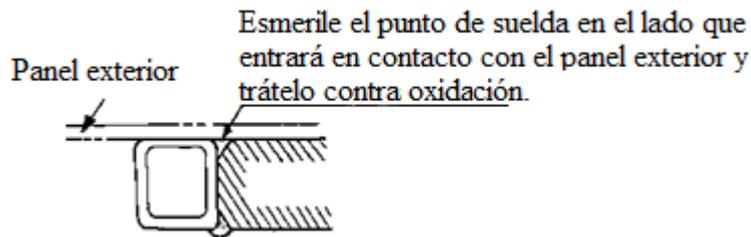


Figura 8. Método para soldar uniones que entrarán en contacto con los paneles externos

Fuente: Manual para montaje de carrocerías común para todos los modelo HINO

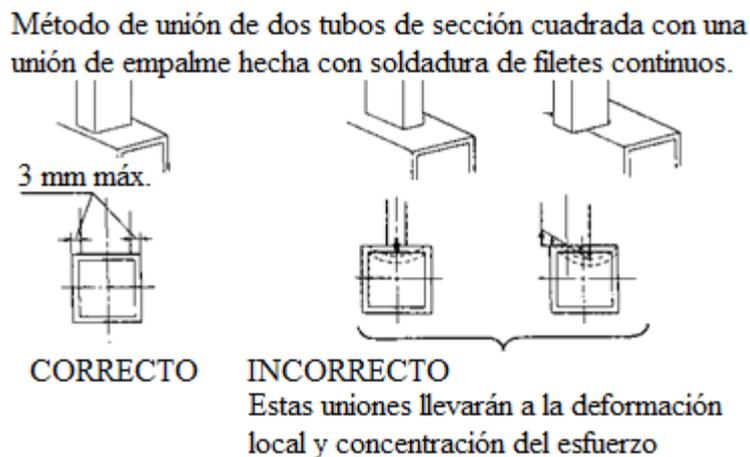


Figura 9. Unión de empalme hecha con soldaduras de filetes continuos

Fuente: Manual para montaje de carrocerías común para todos los modelo HINO

#### 2.4.5.2. Ensamblado por atornillado

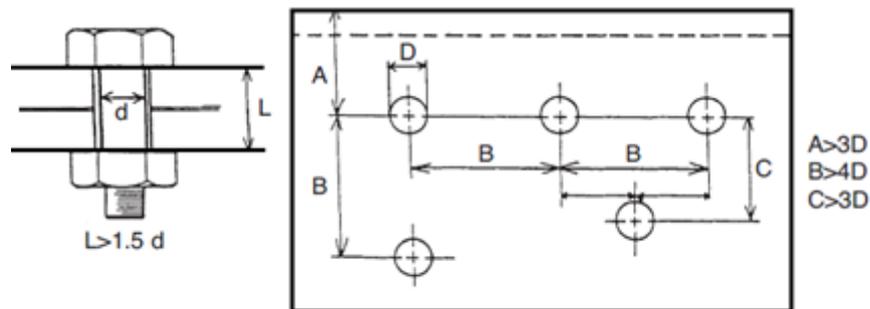
Las piezas que no tienen un compromiso de rigidez en el diseño o que habitualmente pueden ser desmontadas se suelen montar a veces por medio de un atornillado con la otra plancha con la que se ajusta. También las puertas, al ser órganos móviles de la carrocería, se han de montar sobre bisagras, las cuales van atornilladas a los pilares; y del mismo todo podemos hablar de las puertas del maletero y del capó. Así pues, también hay que considerar que existan piezas atornilladas sobre todo cuando éstas no ejercen una labor de resistencia en la carrocería. Otro tipo de uniones es realizado con tornillos de paso estrecho, pero provistos de grapas de sujeción. Las grapas pueden ser sencillas o dobles.

La variedad de las grapas de sujeción es muy grande y en carrocería se utiliza para sujetar piezas de tapicería y embellecedores, muchos de los cuales han de desmontarse algunas veces para tener acceso a algunos mecanismos interiores.

### 2.4.5.3. Uniones con pernos

Este tipo de unión es más débil que las uniones soldadas, se recomienda usarlas solo cuando el trabajo de mantenimiento requiere el desmontaje de un componente, y cuando la rigidez de la unión no es esencial para la resistencia estructural.

El tamaño del perno y su ajuste deben estar de acuerdo con los principios que se muestran en la figura siguiente, no más de dos placas deben ser unidas con pernos.



**Nota:** La diferencia entre L y d debe ser lo más pequeña posible.

Figura 10. Tamaño del perno y ajuste en las uniones con pernos

Fuente: Manual para montaje de carrocerías común para todos los modelo HINO

### 2.4.5.4. Otros métodos

#### Uniones pegadas

Actualmente, es grande la aplicación de adhesivos en la carrocería del automóvil, utilizándose con asiduidad en juntas de goma para proporcionar hermeticidad, guarnecidos de techos y puertas, paneles de revestimiento insonorizante, paneles exteriores, etc.

Entre las propiedades principales con que cuenta este tipo de unión se encuentran la afinidad para unir elementos heterogéneos, no altera ni deforma las chapas como hace la soldadura, ni las debilita como el remachado. Garantiza, además la hermeticidad de las juntas y reparte uniformemente los esfuerzos.

## **Remaches**

Nos referimos al uso de remaches que se utiliza mucho en la fabricación de grandes carrocerías para autobuses y autocares, y también tiene su aplicación de diversas partes de la carrocería de los automóviles.

## **Uniones engatilladas o plegadas**

Permite unir los bordes de dos piezas de chapa doblándolos sobre si mismos una o dos veces. Por lo general, se aplica en chapas delgadas de un espesor 0,5 mm y 0,9 mm.

### **2.4.6. Productividad**

“Productividad es la capacidad de los diversos factores de producción para incrementar el producto total” Enciclopedia pymes (2006, p. 920).

El instrumento fundamental que genera mayor productividad es la utilización de métodos, el estudio de tiempos, junto con un sistema de pagos de salarios.

#### **2.4.6.1. Métodos y tiempos**

Comprende las actividades como diseño, formulación, herramientas, procesos diversos y especialidades necesarias para manufacturar un producto después de haber realizado, estudios, cálculos, diseños, planos en la sección de ingeniería de trabajo.

El método seleccionado debe tener entonces las mejores técnicas y habilidades disponibles, a fin de lograr una buena interrelación hombre-máquina.

Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la repartición del trabajo en diversas operaciones, el análisis de todas estas para determinar los procedimientos de fabricación más económicos según la producción considerada, la utilización de tiempos apropiados y las acciones necesarias para asegurar que el método prescrito sea puesto en operación de la manera planificada.

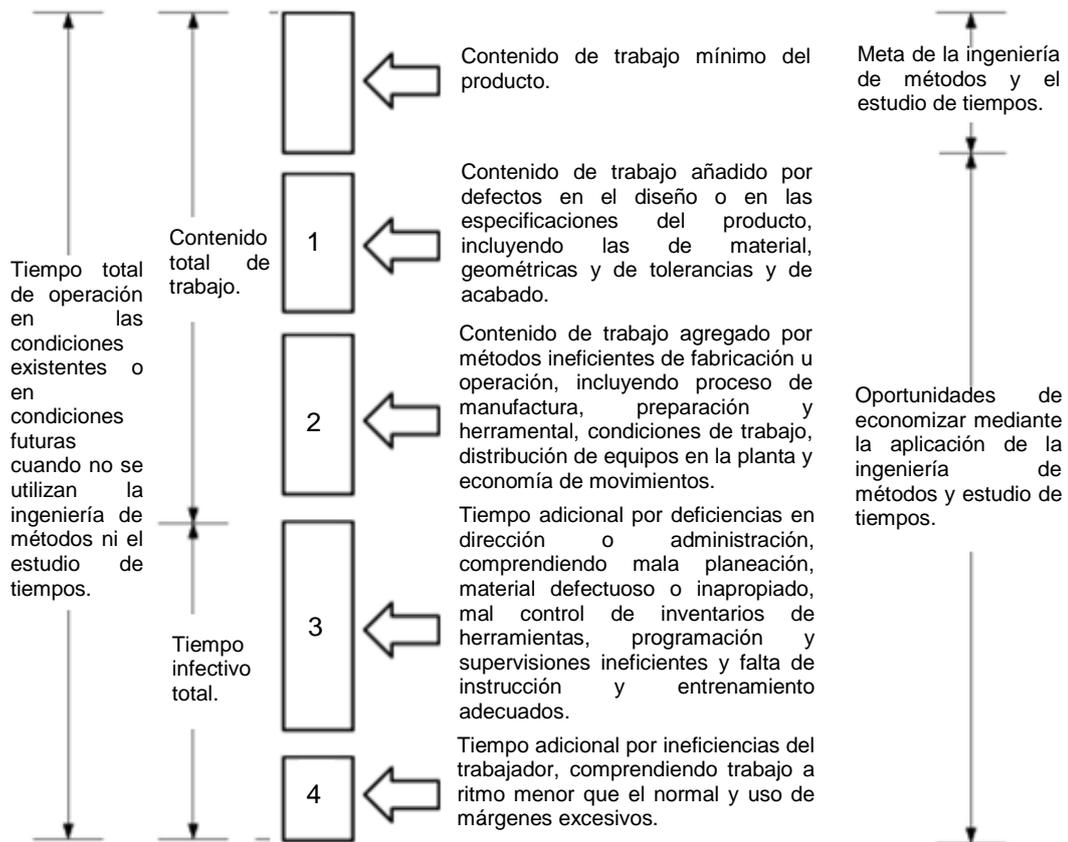


Figura 11. Oportunidades de relación de economía mediante la aplicación de la ingeniería de métodos y estudio de tiempos.

Fuente: Apuntes sobre métodos y tiempos de la Universidad de Talca.pdf

#### 2.4.7. Estudio de tiempos

Es la técnica que establece un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base de mediciones de tiempo de trabajo con método prescrito, con las consideraciones de fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables. El análisis de estudio de tiempos tiene varias técnicas que se usan para establecer un estándar como:

- ✓ Estudio cronométrico de tiempos.
- ✓ Datos estándares.
- ✓ Datos de movimientos fundamentales.
- ✓ Muestreo del trabajo.
- ✓ Estimaciones basadas en datos históricos.

Los objetivos principales de estas actividades es aumentar la productividad y reducir el costo de producto por unidad, permitiendo de esta manera que se aumente la producción de bienes para un número mayor de personas. La capacidad para producir más con menos horas dará como resultado más trabajo para más personas durante un mayor número de horas por año.

Al realizar el estudio de tiempos se logra:

- ✓ Minimizan el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- ✓ Conservar los recursos y minimizar costos especificando los materiales directos e indirectos más apropiados para la producción de bienes y servicios.
- ✓ Efectúan la producción sin perder de vista la disponibilidad de energía.
- ✓ Proporcionan un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.
- ✓ Maximiza la seguridad, la salud y el bienestar de todos los trabajadores.
- ✓ Realizan la producción considerando cada vez más la protección necesaria de las condiciones ambientales.
- ✓ Aplican un programa de administración según un alto nivel humano.

#### **2.4.7.1. Estándar de tiempo**

Un estándar se puede definir formalmente como una cantidad de tiempo que se requiere para ejecutar una tarea o actividad, cuando un operador capacitado trabaja a un paso normal con un método preestablecido.

El procedimiento técnico empleado para calcular los tiempos de trabajo consiste en determinar el denominado tiempo tipo o tiempo estándar, entendiendo como tal, el tiempo que necesita un trabajador cualificado para ejecutar la tarea a medir según un método definido.

#### **2.4.7.2. Tiempo observado**

Esta técnica de Organización, sirve para calcular el tiempo que necesita un operario calificado para realizar una tarea determinada siguiendo un método preestablecido.

Conocer el tiempo que se necesita para la ejecución de un trabajo, es tan necesario en la industria, como lo es para el hombre en su vida social; de la misma manera, la

empresa, para ser productiva, necesita conocer los tiempos que permitan resolver problemas relacionados con los procesos de fabricación.

#### **2.4.7.3. Tiempo representativo (TR)**

Es el tiempo que el operario está trabajando en la ejecución de la tarea encomendada y que se mide con el reloj. (No se cuentan los paros realizados por el productor, tanto para atender sus necesidades personales como para descansar de la fatiga producida por el propio trabajo).

#### **2.4.7.4. El factor de ritmo (FR)**

Este nuevo concepto sirve para corregir las diferencias producidas al medir el TR, al existir operarios rápidos, normales y de ritmo bajo, en la ejecución de la misma tarea.

El coeficiente corrector, FR, queda calculado al comparar el ritmo de trabajo desarrollado por el productor que realiza la tarea, con el que desarrollaría un operario capacitado normal y conocedor de dicha tarea.

#### **2.4.7.5. Tiempo normal (TN)**

Es el TR que un operario capacitado, conocedor del trabajo y desarrollándolo a un ritmo «normal», emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio.

Su valor se determina al multiplicar TR por FR: y, debe ser constante por ser independiente del ritmo de trabajo que se ha empleado en su ejecución.

$$TN = TR \times FR = Cte.$$

#### **2.4.7.6. Tiempo tipo (Tp)**

Este tiempo tipo, (Tp), comprende no sólo el necesario para ejecutar la tarea a un ritmo normal; sino además, las interrupciones de trabajo que precisa el operario para recuperarse de la fatiga que le proporciona su ejecución y para sus necesidades personales.

El cálculo de tiempo de trabajo por medio del cronómetro, es el sistemas más utilizado en las industrias.

Es preciso calcular los siguientes factores:

TR = Tiempo medido con el reloj, que en este caso será el cronómetro

FR = Factor de Ritmo,

TN = Tiempo Normal, y

K = Suplementos de trabajo.

#### **2.4.7.7. Cronometraje**

El cronometraje es el procedimiento más utilizado por las industrias para calcular los tiempos tipo de las diversas tareas.

La técnica empleada para calcular el tiempo tipo de una tarea determinada consiste, en descomponerla en las diversas partes que la forman, denominadas elementos, y calcular cada uno de ellos. La suma de los tiempos tipo elementales determinan el valor del tiempo de la tarea. Su determinación se realiza según la conocida expresión:

$$T_p = TR \times FR \times (1 + K)$$

Posteriormente emplearemos el factor TN = Tiempo Normal cuyo valor es:

$$TN = TR \times FR$$

#### **2.4.7.8. Tiempo suplemento (K)**

Como el operario no puede estar trabajando todo el tiempo en forma presencial por su misma condición de ser humano, es preciso realizar algunas pausas que le permitan recuperarse de la fatiga producida por trabajo; y, para atender sus necesidades personales. Estos períodos de inactividad, calculados según un K% del TN se valoran según las características propias del trabajador y de las dificultades que presenta la ejecución de la tarea.

En la realidad, esos períodos de inactividad se producen cuando el operario lo desea.

Suplementos = TN x K = TR x FR x K

#### **2.4.7.9. Técnicas para toma de tiempos**

##### **Diagrama de operaciones**

Es la representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de procesos, identificándolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además toda la información que se considera necesaria para su análisis. Toda organización debe conocer todas las operaciones que le agregan valor a la consecución del producto final, para normalizar e implementar las mejores prácticas.

Los diagramas reúnen todos los hechos necesarios relacionados con la operación o el proceso en forma clara, a fin de que se puedan examinar de modo crítico y así poder implementar el método más práctico, económico y eficaz, a través de un instructivo de trabajo.

#### **2.5. HIPÓTESIS**

El estudio de JIG´S de soldadura para el ensamblaje de la estructura lateral de las carrocerías urbano e interprovincial, permitirá mejorar los tiempos en el ensamblaje de la estructura lateral en la empresa MIRAL AUTOBUSES.

##### **2.5.1. Variables**

###### **2.5.1.1. Variable independiente**

JIG´S de soldadura para el ensamblaje de la estructura lateral de las carrocerías urbano e interprovincial.

###### **2.5.1.2. Variable dependiente**

Los tiempos en el ensamblaje de la estructura lateral en la empresa MIRAL AUTOBUSES.

###### **2.5.1.3. Término de relación**

Permitirá mejorar.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE**

En la investigación prevaleció lo cualitativo de lo cuantitativo, debido a que el proceso de ensamblaje de estructuras laterales en los autobuses, da prioridad a la calidad de acabado, los procesos requeridos, así como el cumplimiento de normas básicas de construcción, a pesar de ello, no se dejó de lado el interés por el enfoque cuantitativo, ya que un análisis efectivo de la influencia del JIG de soldadura en el proceso brindó información y resultados eficientes para producir mayor número de estas estructuras en el menor tiempo posible.

El enfoque cuantitativo utilizó la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar la hipótesis establecida previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en el ensamblaje de estructuras laterales.

El enfoque cualitativo por lo común, se utiliza primero para descubrir y refinar preguntas de investigación. A veces, pero no necesariamente, se prueban hipótesis. Con frecuencia se basa en métodos de recolección de datos sin medición numérica, como las descripciones y las observaciones.

#### **3.2. MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1. Modalidad de investigación**

Se estableció los siguientes tipos de investigación:

**De campo.-** Mediante la manipulación de una variable externa no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o

porque causas se debe desarrollar un proceso eficiente del ensamblaje de las estructuras laterales de los autobuses.

Para la investigación propuesta, utilizando el método científico, permitió obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad, con el propósito de diagnosticar necesidades y problemas en el ensamblaje de estructuras laterales aplicando soluciones prácticas o investigación aplicada.

Como la investigación se realizó en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio, es también conocida como investigación in situ. Esto permitió el conocimiento más a fondo del investigador; se manejó los datos con más seguridad y se soportó en diseños exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control al proceso mismo del ensamblaje de las estructuras laterales de los autobuses.

**Bibliográfica.-** Los datos e información recogida por el investigador concerniente al problema de investigación en textos, libros, fichas bibliográficas, catálogos e internet ayudaron a la elaboración estructurada del tema de investigación.

**Experimental.-** Este tipo de investigación se recomienda en el estudio del problema planteado, ya que intervinieron varios factores internos y externos y procesos mecánicos, químicos, manuales, etc., en el ensamblaje de las estructuras laterales de los autobuses, mediante la observación, experimentación y análisis minucioso y continuo utilizando un JIG de soldadura; y se logró establecer los efectos que éste produce sobre la producción de autobuses funcionales, se consiguió dar validez al estudio realizado porque se alcanzaron los objetivos planteados.

### **3.2.2. Tipo de investigación**

La presente investigación se basó en los siguientes tipos:

**Exploratoria.-** Debido a que el problema de investigación, planteó la utilización de un JIG de soldadura en el ensamblaje de las estructuras laterales de los autobuses y que es un tema desconocido o poco estudiado a nivel local, y se pueden dejar bases y conocimientos para una futura investigación acerca del problema planteado.

**Descriptiva.**-Porque se basó en la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas que intervinieron directamente en el problema propuesto; es decir, para conocer las situaciones, prácticas y actitudes predominantes en el ensamblaje de estructuras laterales de los autobuses con la utilización de un JIG de soldadura, no se limitó a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existieron en el momento entre las variables de estudio.

**Correlación.**- Es importante indicar que para esta investigación se utilizó la relación que existió entre las variables en cuestión, ya que el estudio de JIG'S de soldadura para el ensamblaje de las estructuras laterales de los autobuses está íntimamente vinculada con los tiempos de producción en la empresa, e incidió en el grado en que tienden a variar conjuntamente, en el mismo sentido o el opuesto, para la resolución del problema planteado.

**Explicativa.**- En el presente proyecto se explicó de manera específica el porqué del fenómeno a investigarse así como de cada situación en particular, además de las condiciones en las que se desarrolla el proceso, con el fin de establecer las relaciones causas efecto del tema planteado.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1. Población o universo (n)**

La carrocería de un bus está compuesto por dos estructuras laterales una derecha y la otra izquierda, por lo tanto obtenemos que la población total es el número de carrocerías que deseamos ingresen en análisis por dos, esto se lo debería realizar en un tiempo periódico, esto dependiendo del tipo de investigación y cual brindaría mejores resultados, para este tipo de investigación se recomienda la capacidad de producción en tiempos de análisis cortos, (unidades, decenas, días, etc.).

#### **3.3.2. Muestra**

En el estudio propuesto se ha seleccionado una muestra pequeña, con el criterio del investigador, es decir un muestreo no probabilístico conocido como muestra intencional, y no requiere de fórmulas para el cálculo de la misma; ya que el tiempo

promedio ocupado para el ensamblaje de cada estructura lateral es relativamente alto y constante, debido a que el proceso es conocido y repetitivo, se calcula que se tarda un promedio de dos días y medio para ensamblar el par de laterales, con lo cual se cree importante no tomar demasiadas muestras, y decir que cada elemento será esencial para la toma de datos, e información, etc., por lo tanto la población total de estructuras laterales que se producen en un mes es de veinte y cuatro, y la muestra a estudiar será de 5.

$$P = 24$$

$$n = 5$$

Muestreo no probabilístico, no requieren fórmulas.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.4.1. Variable independiente

Tabla 2. Operacionalización de variable independiente

JIG'S de soldadura para el ensamblaje de la estructura lateral de las carrocerías de un autobús

CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS/ INSTRUMENTOS
Son <u>dispositivos</u> en forma de <u>matriz</u> que sirven de soporte para ensamblar y <u>estandarizar</u> una estructura lateral metálica.	Dispositivos	Fijos	¿Qué tipos de JIG'S de soldadura existen según su movimiento?	Bibliografía/Ficha bibliográfica
		Móviles		
	Matriz de fabricación	Estructural	¿Cuántos tipos de matriz de fabricación existen?	Bibliografía/Ficha bibliográfica
		Chapistería		
		Forja		
	Estándar	Simplificación	¿Cuáles son los objetivos de la estandarización?	Bibliografía/Ficha bibliográfica
Unificación				
Especificación				

Autor: Fernando Guerra

### 3.4.2. Variable dependiente

Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente

Los tiempos de producción en el ensamblaje de la estructura lateral

CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS/ INSTRUMENTOS
Los tiempos de producción: el <u>tiempo necesario para llevar a cabo el ensamblaje</u> de la estructura lateral con arreglo a una <u>norma de rendimiento</u> preestablecido.	Tiempo de ensamblaje	Mayores a un día Iguales a un día Menores a un día	¿Cuánto tiempo tarda el ensamblaje de una estructura lateral?	Observación/Formulario de estudio de tiempo
	Norma de rendimiento	Tiempos cronometrados	¿Existen normas de rendimiento en el ensamblaje de estructuras?	Observación/Ficha de campo

Autor: Fernando Guerra

### **3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Para la obtención de información real y confiable acerca del problema propuesto en su mayoría se utilizó la observación y análisis directa del proceso, manejo de herramientas, manejo de instalaciones, operación del empleado e inconvenientes que se generan en la utilización de un JIG de soldadura y un proceso manual para el ensamblaje de las estructuras laterales en la empresa MIRAL AUTOBUSES del cantón Ambato.

Los instrumentos que nos ayudaron en el detalle de la información fueron cuaderno de notas, fichas de campo, formulario de estudio de tiempo, registros específicos, información bibliográfica.

### **3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

La información tomada antes, durante y después del proceso de ensamblaje de las estructuras laterales tanto manualmente, así como con la utilización de un JIG de soldadura; se clasificó según el tipo de información que proporcione y brinde mayores beneficios; se utilizó representación escrita, tabular, gráfica entre otras, destacando las características que sobresalen en el proceso.

Se procesó la información obtenida en la ejecución del estudio de JIG'S de soldadura, con datos e información relevante de las necesidades que urgen solución en el área de producción de estructuras laterales, que solo se tiene con la pericia y el tiempo en cargo de funciones como supervisor de diseño, sin dejar de lado al operador.

Se comparó la producción de las estructuras laterales para los autobuses antes y después de la implementación de una alternativa de solución; se tabularon los datos numéricos de acuerdo a la información obtenida.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

A partir del correcto procesamiento de la información recolectada se podrá analizar los resultados obtenidos, es decir determinar cómo incide directa o indirectamente una solución propuesta, en la mejora de los tiempos de producción en el ensamblaje de estructuras laterales para los tipos de autobuses urbano e interprovincial.

Además de observar cuales son las fallas notorias en el proceso, a través de cambios oportunos tanto en el análisis, optimización, diseño y control para mejorar el mismo; y se podrá eliminar cualquier inconsistencia encontrada en la verificación e interpretación de resultados.

Para el análisis y proyección de diseño se tomó la información bibliográfica y experimental de JIG´S de soldadura, se establecieron parámetros importantes para la construcción del modelo o matriz como son:

Costo

Tecnología

Facilidad de construcción

Funcionalidad

Espacio

Manejo

#### **4.1.1. Parámetros de funcionamiento**

El JIG de soldadura para el ensamblaje de estructuras laterales debe cumplir con las solicitaciones establecidas de funcionalidad y diseño, así como la facilidad en el uso de este dispositivo de ensamblaje.

##### **4.1.1.1. Parámetros de diseño**

Los parámetros más importantes que se consideraron en la fase de diseño del JIG de soldadura para el ensamblaje de estructuras laterales son:

- ✓ Debe servir como matriz para el ensamble de las estructuras laterales.
- ✓ Debe soportar una carga de dos estructuras laterales completas.
- ✓ Debe servir para el remate de soldadura en la estructura lateral.
- ✓ Los elementos deben soportar temperaturas moderadas.

##### **4.1.1.2. Parámetros funcionales**

El JIG de soldadura que se diseñó debe cumplir con los requerimientos establecidos como:

- ✓ Trabajo continuo.
- ✓ Para el ensamblaje de estructuras laterales tanto izquierda como derecha.
- ✓ Para el ensamblaje de estructuras laterales de los autobuses interprovincial (INFINITY) y urbano (QUANTUM).
- ✓ De fácil utilización y mantenimiento.

#### **4.1.2. Descripción del JIG de soldadura**

##### **4.1.2.1. Proyección y selección de las alternativas de solución**

Se ha utilizado el Método ordinal corregido de criterios ponderados según, RIBA CARLES (2002), Diseño Concurrente, Universitat Politècnica de Catalunya, (226 páginas).

Los criterios seleccionados se confortan entre ellos, para realizar las tablas se asignan la siguiente escala de valores.

Tabla 4. Valores asignados para la tabulación de ponderaciones

1 Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas
0,5 Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas
0 si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas

Fuente: RIBA R. CARLES (2002), Diseño Concurrente

#### **4.1.2.1.1. Selección de la estructura principal**

La estructura principal del JIG de soldadura es un elemento esencial en los requerimientos y beneficios de una adecuada selección, basándose en la tabla 3, en el criterio de selección del dispositivo por su movimiento se consideró aspectos como el costo, tiempo de ensamblaje, funcionalidad, complejidad de diseño, tecnología, espacio utilizado, manejo.

#### **Dispositivo de ensamblaje por su movimiento**

El JIG de soldadura debe ser funcional en el ensamblaje de estructural laterales, y que pueda desmontarse con facilidad, debe permitir el remate de soldadura en la estructura y debe ser cómodo para el operario en su utilización.

En base a estos criterios, las posibles soluciones para el JIG de soldadura por su movimiento son:

- ✓ Solución A: JIG de soldadura estático
- ✓ Solución B: JIG de soldadura móvil (giratorio)

#### **A. JIG DE SOLDADURA ESTÁTICO**

##### **Ventajas**

- ✓ De fácil utilización, pueden utilizarla algunos operarios a la vez.
- ✓ Facilidad para implementar modificaciones.
- ✓ Puede ensamblar varios tipos de estructura lateral.
- ✓ Mayor rigidez en el bastidor del JIG.
- ✓ Montaje y mantenimiento realizado por personal calificado.

### **Desventajas**

- ✓ Su ubicación en la planta es permanente.
- ✓ No se puede aplicar el remate de soldadura a toda la estructura lateral.
- ✓ Soldadura sobre cabeza es frecuente.
- ✓ Estructura extra pesada.

## **B. JIG DE SOLDADURA MÓVIL (GIRATORIO)**

### **Ventajas**

- ✓ Es de construcción desmontable.
- ✓ De fácil utilización.
- ✓ Se puede aplicar el remate de soldadura a la mayoría de la estructura lateral.
- ✓ No existe soldadura sobre cabeza.
- ✓ Eficiente para un solo modelo de ensamblaje.

### **Desventajas**

- ✓ Debería utilizarla solo un operario por turno.
- ✓ Elevado costo en su construcción.
- ✓ Diseño complejo.
- ✓ Disposición por lo general para un solo modelo.
- ✓ Estructura extra pesada.
- ✓ Montaje y mantenimiento realizado solo por expertos.
- ✓ Existen muchas y grandes cargas de flexión en la estructura principal.
- ✓ Existen grandes cargas de torsión en la estructura principal.
- ✓ Complejidad en implementar modificaciones.

### **Características**

Para dar validez a los criterios más representativos en la selección del JIG de soldadura por su movimiento, tenemos los siguientes:

**Costo (A):** El dispositivo de ensamblaje a diseñarse debe tener un costo total moderado e inferior al costo de adquisición del mismo por importación.

**Tiempo de ensamblaje (B):** El dispositivo debe brindar la mayor eficiencia en cuanto al tiempo requerido para producir una estructura lateral.

**Modelos a ensamblar (C):** El número de modelos que se puedan construir en este dispositivo es de vital importancia en el criterio de selección.

**Complejidad de diseño (D):** El diseño propuesto no debe ser muy complejo.

**Tecnología (E):** El dispositivo de ensamblaje debe contar con componentes tecnológicos que faciliten y mejoren el proceso de ensamblaje de la estructura lateral.

**Espacio (F):** No se debe extralimitar en el espacio destinado para la ubicación del dispositivo de ensamblaje, este es muy pesado y va a permanecer en un sitio fijo en la planta.

**Manejo (G):** Debe ser de fácil manejo por el operario.

Tabla 5. Evaluación del peso específico de cada criterio

Costo > Tiempo de ensamblaje > Funcionalidad > Complejidad de diseño > Tecnología > Espacio > Manejo									
Criterio	A	B	C	D	E	F	G	$\Sigma + 1$	Ponderado
A	1	1	1	1	1	1	1	7	0,250
B	0	1	1	1	1	1	1	6	0,214
C	0	0	1	1	1	1	1	5	0,179
D	0	0	0	1	1	1	1	4	0,143
E	0	0	0	0	1	1	1	3	0,107
F	0	0	0	0	0	1	1	2	0,071
G	0	0	0	0	0	0	1	1	0,036
<b>Suma total</b>								<b>28</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### **COSTO:**

El costo dependerá de los equipos y mecanismos que tengan cada uno de los JIG'S de soldadura.

**Solución A (JIG de soldadura estático):** Los equipos y mecanismos que forman parte de este modelo son los siguientes base pórtico, sistema guía, sistema sujeción.

**Base Pórtico:** Sujeta la estructura principal del JIG de soldadura, los elementos estructurales más importantes son: Perfil estructural rígido laminado de tipo U, I, H, W, placas base, perfil estructural de geometría cuadrada o rectangular.

Tabla 6. Base pórtico estático costo estimado

Descripción	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Placas base (1/4")	maquinado	112	1	112
Perfil estructural laminado UPN	compra	104	4	416
Perfil estructural rectangular	compra	50	12	600
Pernos de fijación	compra	1100	1	1100
Soldadura	proceso	90	2	180
Suma total				2408

Autor: Fernando Guerra

**Sistema guía:** Es el sistema donde se colocaran las restricciones o guías, topes, acoplamientos fijos, etc. Los componentes están descritos en los Anexos 3 y 4.

Tabla 7. Sistema guía costo estimado

Descripción	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Cremallera	maquinado	100	54	5400
Piñones rectos	maquinado	84	15	1260
Pernos de fijación	compra	150	1	150
Bloque guía	maquinado	40	42	1680
Suma total				8490

Autor: Fernando Guerra

**Sistema sujeción:** Este sistema está encargado de colocar las sujeciones cuando la estructura lateral este posicionada para soldar, estos elementos pueden ser clamp se sujeción, tensores, playos de presión, etc.

Tabla 8. Sistema sujeción costo estimado

Descripción	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Clamp de sujeción	compra	25	42	1050
Tensores	compra	20	10	200
Playos de presión	compra	8	10	80
Suma total				1330

Autor: Fernando Guerra

Costo total estimado del dispositivo estático: Para este costo estimado se deben sumar todos los valores estimados anteriores

Tabla 9. Costo total estimado del dispositivo de ensamblaje estático

Descripción	Valor (\$)
Base pórtico	2408
Sistema guía	8490
Sistema sujeción	1330
<b>Total (\$)</b>	<b>12228</b>

Autor: Fernando Guerra

**Solución B (JIG de soldadura móvil):** Los equipos y mecanismos que forman parte de este modelo son los siguientes base pórtico, sistema giratorio, sistema guía, sistema sujeción.

**Base Pórtico:** Sujeta la estructura principal del JIG de soldadura móvil, los elementos estructurales más importantes son: Perfil estructural rígido laminado de tipo U, I, H, Placas base.

Tabla 10. Base pórtico móvil costo estimado

Descripción	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Placas base (1/2")	maquinado	245	1	245
Perfil estructural laminado UPN	compra	104	3	312
Pernos de fijación	compra	1,5	20	30
Soldadura	proceso	90	2	180
Suma total				767

Autor: Fernando Guerra

**Sistema giratorio:** Este sistema está configurado para que toda la estructura gire un ángulo total de 360° con un motoreductor de 22 kW de potencia y acoples.

Tabla 11. Sistema giratorio de pórtico móvil costo estimado

Descripción	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad (u)	Total (\$)
Reductor Potencia 22 kW	compra	25645	1	25645
Motor trifásico	compra	7600	1	7600
Rodamientos cilíndricos	compra	104	4	416
Eje de transmisión d = 60 mm	maquinado	110	2	220
Pernos de fijación	compra	1,5	20	30
Soldadura	proceso	90	2	180
<b>Suma total</b>				<b>34091</b>

Autor: Fernando Guerra

**Sistema guía:** Este sistema es idéntico al sugerido en la Tabla 7.

**Sistema sujeción:** Este sistema es idéntico al sugerido en el JIG estático similar a la Tabla 8.

Tabla 12. Costo total estimado del dispositivo de ensamblaje móvil

Descripción	Valor (\$)
Base pórtico	767
Sistema giratorio	34091
Sistema guía	8490
Sistema sujeción	1330
<b>Total (\$)</b>	<b>44678</b>

Autor: Fernando Guerra

Tabla 13. Evaluación del peso específico del criterio costo

<b>SOL A &gt; SOL B</b>				
Criterio	SOL A	SOL B	$\Sigma + 1$	Ponderado
SOL A		1	2	0,667
SOL B	0		1	0,333
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

## TIEMPO DE ENSAMBLAJE:

El tiempo requerido para ensamblar una estructura lateral estará en función de los siguientes parámetros: facilidad para ensamblar, facilidad para soldar facilidad para rematar uniones soldadas.

**Solución A (JIG de soldadura estático):** En el JIG de soldadura estático el tiempo necesario para ensamblar la estructura está medido en la facilidad con la que se realiza el proceso, considerándolo fácil y rápido; la facilidad con la que se sueldan las uniones, considerándolo fácil y rápido y la facilidad con la que se rematan las uniones soldadas, considerándola facilidad y velocidad media.

Tabla 14. Evaluación de parámetros para reducir tiempos de ensamblaje (JIG estático)

<b>Facilidad ensamble = Facilidad suelda &gt; Facilidad de remate de soldadura</b>					
<b>Criterio</b>	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderado
A		0,5	1	2,5	0,417
B	0,5		1	2,5	0,417
C	0	0		1	0,167
				<b>6</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

**Solución B (JIG de soldadura móvil):** En el JIG de soldadura giratorio por su configuración el tiempo necesario para ensamblar la estructura está medido en la facilidad con la que se realiza el proceso, la facilidad con la que se sueldan las uniones y la facilidad con la que se rematan las uniones soldadas, considerándolas a todas fáciles y rápidas.

Tabla 15. Evaluación de parámetros para reducir tiempos de ensamblaje (JIG móvil)

<b>Facilidad ensamble = Facilidad suelda = Facilidad de remate de soldadura</b>					
<b>Criterio</b>	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderado
A		0,5	0,5	2	0,333
B	0,5		0,5	2	0,333
C	0,5	0,5		2	0,333
				<b>6</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

Tabla 16. Evaluación del peso específico del criterio Tiempo de ensamble

<b>SOL B &gt; SOL A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>SOL A</b>	<b>SOL B</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
SOL A		0	1	0,333
SOL B	1		2	0,667
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### **FUNCIONALIDAD:**

En la empresa MIRAL AUTOBUSES se construyen varios modelos de autobuses por lo que este dispositivo será funcional, mientras se considere la adaptabilidad del JIG a los cambios del mercado local, es decir que se pueda programar para la construcción de la mayoría de modelos de estructura lateral. Por tal motivo la funcionalidad del JIG de soldadura estará en función de la adaptación de cada parte del lateral estructural tanto derecho como izquierdo, se ha dividido en los siguientes parámetros: adaptación de faldón, adaptación de parantes, adaptación de frente, adaptación de ventanas, adaptación de puertas y adaptación de arriostre.

**Solución A (JIG de soldadura estático):** Los mecanismos que forman parte de este modelo son los siguientes posicionador de faldón, bases para parantes, matriz para el frente, posicionador de ventanas, base para puertas, matriz de arriostre.

Tabla 17. Evaluación de la funcionalidad tomando como criterio el sub ensamble de las partes (JIG estático)

<b>Ensamblaje de faldón &gt; Ensamblaje de frente &gt; Ensamblaje de parantes = Ensamblaje de puertas &gt; Ensamblaje de ventanas &gt; Ensamblaje de arriostre</b>								
<b>Criterio</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
A		1	1	1	1	1	6	0,286
B	0		1	1	1	1	5	0,238
C	0	0		0,5	1	1	3,5	0,167
D	0	0	0,5		1	1	3,5	0,167
E	0	0	0	0		1	2	0,095
F	0	0	0	0	0		1	0,048
<b>Suma total</b>							<b>21</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

**Solución B (JIG de soldadura móvil):** Los mecanismos que forman parte de este modelo son los siguientes matriz de faldón estático, bases para parantes, matriz para el frente, matriz de ventanas, base para puertas, matriz de arriostre.

Tabla 18. Evaluación de la funcionalidad tomando como criterio el sub ensamblaje de las partes (JIG móvil)

<b>Ensamblaje de faldón = Ensamblaje de frente = Ensamblaje de parantes = Ensamblaje de puertas = Ensamblaje de ventanas = Ensamblaje de arriostre</b>								
<b>Criterio</b>	A	B	C	D	E	F	$\Sigma + 1$	Ponderado
A		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	3,5	0,167
B	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	3,5	0,167
C	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	3,5	0,167
D	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	3,5	0,167
E	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	3,5	0,167
F	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		3,5	0,167
<b>Suma total</b>							<b>21</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

Las alternativas indican la adaptabilidad en el ensamblaje de cada una de las partes por lo que se establece que en el JIG estático tiene mejor adaptación al cambio y se pueden ensamblar mayores modelos de autobuses, tanto derecho como izquierdo, la evaluación se muestra a continuación.

Tabla 19. Evaluación del peso específico del criterio funcionalidad

<b>SOL A &gt; SOL B</b>				
<b>Criterio</b>	SOL A	SOL B	$\Sigma + 1$	Ponderado
SOL A		1	2	0,667
SOL B	0		1	0,333
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### **COMPLEJIDAD DE DISEÑO:**

El diseño final propuesto no debe ser muy complejo, debido a que la empresa solicita como urgente el estudio. Es así que se piensa en realizar un diseño simple pero eficiente, con lo que el criterio de complejidad se basa en la dificultad para construir cada una de las partes del JIG de soldadura.

**Solución A (JIG de soldadura estático):** Las partes constitutivas del JIG estático son principalmente la estructura, el bastidor y sistema matriz.

Tabla 20. Evaluación de la complejidad del diseño (JIG estático)

<b>Complejidad sistema matriz &gt; Complejidad bastidor = Complejidad estructura</b>					
<b>Criterio</b>	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderado
A		1	1	3	0,500
B	0		0,5	1,5	0,250
C	0	0,5		1,5	0,250
<b>Suma total</b>				<b>6</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

**Solución B (JIG de soldadura móvil):** Las partes constitutivas del JIG móvil giratorio son principalmente la estructura, el sistema giratorio, el bastidor y sistema matriz.

Tabla 21. Evaluación de la complejidad del diseño (JIG giratorio)

<b>Complejidad sistema matriz &gt; Complejidad sistema giratorio &gt; Complejidad bastidor = Complejidad estructura</b>						
<b>Criterio</b>	A	B	C	D	$\Sigma + 1$	Ponderado
A		1	1	1	4	0,400
B	0		1	1	3	0,300
C	0	0		0,5	1,5	0,150
D	0	0	0,5		1,5	0,150
<b>Suma total</b>					<b>10</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

Tabla 22. Evaluación del peso específico del criterio complejidad de diseño

<b>SOL B &gt; SOL A</b>				
<b>Criterio</b>	SOL A	SOL B	$\Sigma + 1$	Ponderado
SOL A		0	1	0,333
SOL B	1		2	0,667
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

## **TECNOLOGÍA:**

La tecnología implementada en cada uno de los dispositivos de ensamblaje dependerá de los equipos, mecanismos, sistemas que forman parte de los mismos.

**Solución A (JIG de soldadura estático):** El JIG de soldadura estático estará compuesto por un sistema posicionador de faldón y ventanas, mecanismos guía de posicionamiento, dispositivos mecánicos de sujeción, matrices fijas y móviles, sensores de posición, controles mecánicos en general.

**Solución B (JIG de soldadura móvil):** El JIG de soldadura móvil estará compuesto por un sistema giratorio controlando su velocidad y posición (sensores de posición), dispositivos mecánicos de sujeción, matrices fijas y móviles, controles mecánicos en general.

Tabla 23. Evaluación del peso específico del criterio tecnología

SOL A = SOL B				
Criterio	SOL A	SOL B	$\Sigma + 1$	Ponderado
SOL A		0,5	1,5	0,500
SOL B	0,5		1,5	0,500
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### ESPACIO:

El espacio que ocupa cada dispositivo de ensamblaje depende de la longitud y altura útiles, para la construcción de la estructura lateral, a estas dimensiones se les agregará las medidas para que el JIG de soldadura estático y móvil sean funcionales.

**Solución A (JIG de soldadura estático):** Las dimensiones generales se indican en el Anexo 11, la longitud total será aquella en la que se incluyen la longitud útil y la correspondiente al bastidor del JIG de soldadura, las medidas finales se anotan en la tabla a continuación.

Tabla 24. Dimensiones generales del JIG de soldadura estático

Alto (m):	Ancho (m):	Largo (m):
3,89	2,39	13,2

Autor: Fernando Guerra

**Solución B (JIG de soldadura móvil):** Las dimensiones generales se indican en el Anexo 12, y se anotan en la tabla a continuación.

Tabla 25. Dimensiones generales del JIG de soldadura móvil

Alto (m):	Ancho (m):	Largo (m):
2,58	2,1	13,2

Autor: Fernando Guerra

Tabla 26. Evaluación del peso específico del criterio espacio

<b>SOL A = SOL B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>SOL A</b>	<b>SOL B</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
SOL A		0,5	1,5	0,500
SOL B	0,5		1,5	0,500
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### **MANEJO:**

Para que el sistema se considere como de fácil operación, este debe contener la mayor información posible de funcionamiento, la menor cantidad de botones posibles, el sistema matriz de ensamble debe ser claramente identificado para construir cada estructura lateral.

**Solución A (JIG de soldadura estático):** Para el posicionador de faldón existirá una botonera de control y pasadores de seguridad; cada tope, clamp de sujeción, tensor mecánico específico para el ensamblaje de un modelo de estructura en particular irá identificado con un color en específico también, por ejemplo, todos los topes utilizados para el ensamblaje de la estructura lateral del bus modelo urbano irá pintado de color naranja.

**Solución B (JIG de soldadura móvil):** El manejo del JIG de soldadura estático difiere en JIG móvil en el movimiento giratorio, por lo que el manejo de este último sistema incluirá una botonera para el giro controlado del motoreductor. Por lo que ambos sistemas se consideran de un manejo fácil para el operario.

Tabla 27. Evaluación del peso específico del criterio manejo

<b>SOL A = SOL B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>SOL A</b>	<b>SOL B</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
SOL A		0,5	1,5	0,500
SOL B	0,5		1,5	0,500
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

Con los valores calculados en las tablas anteriores se realiza el análisis para seleccionar el dispositivo más eficiente para la construcción de estructuras laterales, por su movimiento:

Tabla 28. Conclusión para evaluar el mejor criterio de selección

Conclusión	Costo	Tiempo de ensamble	Funcionalidad	Complejidad de diseño	Tecnología	Espacio	Manejo	$\Sigma$	PRIORIDAD
Solución A	0,667x0,25	0,333x0,214	0,667x0,179	0,667x0,143	0,5x0,107	0,5x0,071	0,5x0,036	0,56	1
Solución B	0,333x0,25	0,667x0,214	0,333x0,179	0,333x0,143	0,5x0,107	0,5x0,071	0,5x0,036	0,44	2

Autor: Fernando Guerra

Como conclusión se elige a la solución A como la mejor alternativa, ya que de acuerdo al Método ordinal corregido de criterios ponderados, se ha comparado cada criterio con los restantes y se ha dado un valor cualitativo y cuantitativo a dichos criterios, obteniendo una sumatoria mayor en la Solución A.

#### 4.1.2.1.2. Selección del sistema de elevación

El sistema de elevación se refiere al mecanismo utilizado para subir y posicionar un elemento estructural para ensamblar el faldón de la estructura lateral, ya que el estudio brindado de los diferentes modelos de autobuses existentes en la empresa MIRAL Autobuses, indica que el faldón para los modelos INFINITY, QUANTUM y escolar no se ubican en la misma posición, en la figura que mostraremos a continuación se especifica las distancias exactas a las que se debe ubicar el faldón para la construcción de cada modelo en particular.

El sistema debe ser de fácil aplicación, y que pueda ser montado y desmontado rápidamente así también debe asegurar una rigidez en el elemento estructural, también debe moverse alineadamente ya que se trata de una matriz de ensamble y debe garantizar que puede elevar el peso de la estructura lateral completa sin dificultad.

En base a estos criterios, las posibles soluciones para un sistema de elevación son:

- ✓ Solución A: Moto-reductor, embrague cónico, junta universal, tornillo de potencia.
- ✓ Solución B: Sistema neumático, cilindros neumáticos, electroválvulas de posición
- ✓ Solución B: Implantación hidráulica, cilindros hidráulicos, electroválvulas.

## **A. ELEVACIÓN MECÁNICA (MOTOREDUCTOR-TORNILLO)**

### **Ventajas**

- ✓ Ventaja mecánica de accionamiento.
- ✓ Es precisa.
- ✓ Puede ser auto bloqueante.
- ✓ Sistema muy rígido.
- ✓ Es resistente a elevadas temperaturas.
- ✓ Montaje y mantenimiento realizado por personal calificado.

### **Desventajas**

- ✓ Su implementación es costosa.
- ✓ Brinda un solo movimiento a lo largo de un eje.
- ✓ Diseño un tanto complejo.
- ✓ Se requiere de un sistema adicional para mover en otra dirección perpendicular.
- ✓ Instalación compleja.

## **B. ELEVACIÓN NEUMÁTICA (SISTEMA NEUMÁTICO)**

### **Ventajas**

- ✓ Es de construcción desmontable.
- ✓ De fácil utilización.
- ✓ De fácil instalación.
- ✓ Diseño mecánico y neumático sencillo.
- ✓ Montaje y mantenimiento realizado por personal calificado.
- ✓ Se pueden implementar modificaciones.

- ✓ El sistema es económico.
- ✓ Se puede posicionar en la ubicación deseada únicamente con cilindros, sin la necesidad de otro sistema de posicionamiento.

### **Desventajas**

- ✓ Desventaja mecánica para elevadas cargas.
- ✓ No es muy precisa.
- ✓ Puede sufrir alteraciones con la temperatura.
- ✓ Dificultad para alinear la salida del vástago para más de un cilindro.

## **C. ELEVACIÓN HIDRÁULICA (SISTEMA HIDRÁULICO)**

### **Ventajas**

- ✓ Ventaja hidráulica para elevar cargas.
- ✓ Es de construcción desmontable.
- ✓ De fácil utilización.
- ✓ Diseño mecánico sencillo.
- ✓ Es muy preciso para la aplicación deseada.
- ✓ Se puede posicionar en la ubicación deseada únicamente con cilindros, sin la necesidad de otro sistema de posicionamiento.
- ✓ Se pueden implementar modificaciones.

### **Desventajas**

- ✓ Elevado costo en su implementación.
- ✓ Diseño hidráulico complejo.
- ✓ Montaje y mantenimiento realizado por personal experto.
- ✓ Complejidad en la instalación.

### **Características**

Para dar validez a los criterios más representativos en la selección del sistema de elevación para el posicionador de faldón de la estructura lateral, tenemos los siguientes:

**Costo (A):** El sistema de elevación debe tener un costo total moderado así como su mantenimiento.

**Elevar la carga (B):** El sistema deberá cumplir con la elevación de las cargas solicitadas por el dispositivo.

**Precisión (C):** Este sistema deberá ser lo más preciso posible en cuanto a la ubicación, pero debemos saber que no servirá de soporte total, sino únicamente de posicionador.

**Complejidad de diseño (D):** El diseño propuesto no debe ser muy complejo, ni en la instalación del sistema.

**Seguridad y control (E):** El sistema debe brindar todas las seguridades y controles para el operario al momento de funcionamiento.

Tabla 29. Evaluación del peso específico de cada criterio

<b>Costo &gt; Elevar carga &gt; Precisión &gt; Seguridad y control &gt; Complejidad de diseño</b>							
<b>Criterio</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>Σ + 1</b>	<b>Ponderado</b>
A		1	1	1	1	5	0,333
B	0		1	1	1	4	0,267
C	0	0		1	1	3	0,200
D	0	0	0		1	2	0,133
E	0	0	0	0		1	0,067
<b>Suma total</b>						<b>15</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### **COSTO:**

El costo dependerá de los equipos y mecanismos que tengan cada uno de los sistemas de elevación para ubicación de faldón.

**Solución A (ELEVACIÓN MECÁNICA):** Los equipos y mecanismos que forman parte de este modelo son los siguientes Motoreductor, embrague cónico, junta universal, tornillo de potencia, tuerca de potencia.

Tabla 30. Costo estimado del sistema de elevación mecánica

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor (\$)
Motoreductor 1hp	2	1035	2070
Embrague cónico	4	50	200
Junta de cardán universal	4	65	260
Tornillo de potencia	4	45	180
Tuerca de potencia	4	15	60
		<b>Total (\$)</b>	<b>2710</b>

Autor: Fernando Guerra

**Solución B (ELEVACIÓN SISTEMA NEUMÁTICO):** Los equipos y mecanismos necesarios para implementar este sistema son compresor, cilindros neumáticos, electroválvulas, guías cola de milano macho y hembra, placas base.

Tabla 31. Costo estimado del sistema de elevación neumática

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor (\$)
Compresor 150 psi	1	1000	1000
Cilindros neumáticos	4	210	840
Electroválvulas 5/3	8	40	320
Guías cola de milano macho-hembra	8	120	960
Placas base	8	110	880
		<b>Total (\$)</b>	<b>3120</b>

Autor: Fernando Guerra

**Solución C (ELEVACIÓN SISTEMA HIDRÁULICO):** Los equipos y mecanismos necesarios para implementar este sistema son tanque de almacenamiento de aceite, cilindros hidráulicos, electroválvulas, guías cola de milano macho y hembra, placas base.

Tabla 32. Costo estimado del sistema de elevación hidráulica

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor (\$)
Tanque de almacenamiento	1	600	600
Bomba	1	900	900
Cilindros hidráulicos	4	290	1160
Válvulas de presión	4	110	440
Electroválvulas 5/3	8	160	1280
Guías cola de milano macho-hembra	8	120	960
Placas base	8	110	880
		<b>Total (\$)</b>	<b>5340</b>

Autor: Fernando Guerra

Tabla 33. Evaluación del peso específico del criterio costo

<b>SOL A &gt; SOL B &gt; SOL C</b>					
<b>Criterio</b>	<b>SOL A</b>	<b>SOL B</b>	<b>SOL C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
SOL A		1	1	3	0,500
SOL B	0		1	2	0,333
SOL C	0	0		1	0,167
<b>Suma total</b>				<b>6</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### **ELEVAR LA CARGA REQUERIDA:**

De acuerdo a cálculos estimados la carga máxima que debe elevar el mecanismo o sistema es el necesario para vencer la carga de una estructura lateral completa, un elemento estructural compuesto de 12,19 m, todo el sistema de guía para los parantes de ventana, el cual se estima en 6400 N.

**Solución A (ELEVACIÓN MECÁNICA):** Los motoredutores aumentan considerablemente el torque de un accionamiento motor-reductor, en este sistema se acciona un tornillo de potencia mediante una junta universal debido al ángulo presente entre el tornillo y el eje motriz, por lo que los reductores son una buena elección para vencer la carga de empuje, hace falta calcular la potencia requerida.

**Solución B (ELEVACIÓN SISTEMA NEUMÁTICO):** A pesar de que la ventaja de empuje para elevadas cargas en un sistema neumático, es menor que la mencionada anteriormente; realizando los cálculos necesarios se puede seleccionar unos cilindros con un diámetro exterior que logre vencer la carga de empuje y asegurar que el sistema neumático cumpla las solicitudes de diseño.

**Solución C (ELEVACIÓN SISTEMA HIDRÁULICO):** Este sistema es el más utilizado actualmente para vencer cargas elevadas, por lo que la mayoría de maquinaria pesada dispone de estos sistemas para su funcionamiento.

Las tres alternativas de solución cumplen con las solicitudes de diseño en cuanto a vencer la carga de empuje necesaria para ubicar el larguero para el ensamblaje del faldón.

Tabla 34. Evaluación del peso específico del criterio elevar carga

<b>SOL A = SOL B = SOL C</b>					
<b>Criterio</b>	<b>SOL A</b>	<b>SOL B</b>	<b>SOL C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
SOL A		0,5	0,5	2	0,333
SOL B	0,5		0,5	2	0,333
SOL C	0,5	0,5		2	0,333
<b>Suma total</b>				<b>6</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### **PRECISIÓN:**

La precisión en este mecanismo es muy importante ya que se trata de una matriz de fabricación, es decir este mecanismo debe estar ubicado lo más preciso posible, es por esto que se ha diseñado que esta precisión no dependa del sistema de elevación, ya que pueden estar involucrados ciertos factores que eliminen esta precisión y falle la alineación del larguero del faldón como: la vibración del sistema mecánico, fallas en la construcción del tornillo de potencia, fallas en la calibración de la junta de cardán, la longitud del larguero es bastante considerable, el mecanismo neumático puede no empujar a la misma velocidad por fugas internas, incluso el sistema hidráulico puede no tener la precisión requerida para esta aplicación.

**Solución A (ELEVACIÓN MECÁNICA):** La precisión en este sistema depende de la exactitud en los procesos de construcción de los elementos mecánicos y la instalación de los mismos, el sistema de tornillo-tuerca de potencia para el empuje hacia la posición requerida, la instalación del acople junta de cardán universal es complicado para que gire el tornillo de potencia, la vibración producida por la transmisión del motoreductor, etc.

**Solución B (ELEVACIÓN SISTEMA NEUMÁTICO):** La precisión en este sistema depende de la calidad de la instalación neumática, que no exista fugas y además de la calidad de los elementos neumáticos y los elementos de guía para elevar el larguero para ensamble de faldón.

**Solución C (ELEVACIÓN SISTEMA HIDRÁULICO):** Este sistema es muy utilizado en cuanto a mecanismos que requieran precisión en su ubicación o movimiento lineal.

Tabla 35. Evaluación del peso específico del criterio precisión

<b>SOL C &gt; SOL B &gt; SOL A</b>					
<b>Criterio</b>	<b>SOL A</b>	<b>SOL B</b>	<b>SOL C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
SOL A		0	0	1	0,167
SOL B	1		0	2	0,333
SOL C	1	1		3	0,500
<b>Suma total</b>				<b>6</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### **SEGURIDAD DEL OPERARIO Y CONTROL:**

La seguridad del operario es un criterio muy importante en cualquier diseño, por lo que se detallarán los mecanismos de control en cada sistema de elevación.

**Solución A (ELEVACIÓN MECÁNICA):** Este sistema contará con un botón de paro de emergencia para detener inmediatamente el accionamiento del motor-reductor, se implementarán todas las advertencias necesarias.

**Solución B (ELEVACIÓN SISTEMA NEUMÁTICO):** Este sistema contará con detectores eléctricos de seguridad, para que el sistema neumático se accione únicamente cuando estén liberados los pasadores que sujetan el mecanismo, y además tendrá un caudal pequeño, para que la velocidad de salida del vástago sea pequeña, contará con todas las advertencias de uso necesarias.

**Solución C (ELEVACIÓN SISTEMA HIDRÁULICO):** Este sistema debe ser muy seguro ya que aquí se presentan presiones muy grandes de trabajo, por lo que se contará con válvulas de presión, sistemas de paro de emergencia, detectores eléctricos de seguridad para liberación de pasadores para puesta en marcha y caudales de trabajo pequeños.

Tabla 36. Evaluación del peso específico del criterio seguridad del operario

<b>SOL A = SOL B = SOL C</b>					
<b>Criterio</b>	<b>SOL A</b>	<b>SOL B</b>	<b>SOL C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
SOL A		0,5	0,5	2	0,333
SOL B	0,5		0,5	2	0,333
SOL C	0,5	0,5		2	0,333
<b>Suma total</b>				<b>6</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

## COMPLEJIDAD DE DISEÑO:

**Solución A (ELEVACIÓN MECÁNICA):** La complejidad de este sistema se presenta en cuanto a que para elevar el elemento estructural este debe moverse a lo largo de dos ejes tanto para x y para y, por lo que sería necesario diseñar por separado un mecanismo que primero se accione a lo largo del eje vertical y luego se accione a lo largo del eje horizontal, esto exigiría el diseño de dos sistemas mecánicos.

**Solución B (ELEVACIÓN SISTEMA NEUMÁTICO):** Es por el contrario un sistema muy sencillo de diseñar, la complejidad se presenta en la instalación y las pruebas finales de funcionamiento.

**Solución C (ELEVACIÓN SISTEMA HIDRÁULICO):** Este sistema no es tan fácil de diseñar como el anterior, e igualmente la complejidad se presenta en la instalación y las pruebas finales de funcionamiento.

Tabla 37. Evaluación del peso específico del criterio complejidad de diseño

<b>SOL B = SOL C &gt; SOL A</b>					
<b>Criterio</b>	<b>SOL A</b>	<b>SOL B</b>	<b>SOL C</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
SOL A		0	0	1	0,167
SOL B	1		0,5	2,5	0,417
SOL C	1	0,5		2,5	0,417
<b>Suma total</b>				<b>6</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

Con los valores calculados en las tablas anteriores se realiza el análisis para seleccionar el mecanismo más idóneo para la elevación del larguero para el ensamblaje del faldón de las estructuras laterales.

Tabla 38. Conclusión para evaluar el mejor criterio de selección

Conclusión	Costo	Elevar la carga	Precisión	Seguridad y control	Complejidad de diseño	$\Sigma$	PRIORIDAD
Solución A	0,5x0,333	0,333x0,267	0,167x0,2	0,333x0,133	0,167x0,067	0,34	2
Solución B	0,333x0,333	0,333x0,267	0,333x0,2	0,333x0,133	0,417x0,067	0,34	1
Solución C	0,167x0,333	0,667x0,267	0,5x0,2	0,333x0,133	0,417x0,067	0,32	3

Autor: Fernando Guerra

Debido a que brinda mejores ventajas el sistema neumático para elevar la carga se selecciona esta solución como la alternativa de diseño.

#### 4.1.2.1.3. Selección del sistema guía posición de parantes

El sistema guía de posición es el mecanismo utilizado para ubicar los parantes de la estructura, el sistema debe ser preciso, fácil y rápido de manejar, debe asegurar una rigidez en el elemento estructural, este mecanismo será móvil y se desplazará longitudinalmente a lo largo del eje x, debido a que la configuración de los parantes para los diferentes modelos de autobuses son distintos entre sí, en la figura que mostraremos a continuación se especifica las distancias exactas a las que se deben ubicar los parantes para la construcción de cada modelo en particular.

En base a estos criterios, las posibles soluciones para el sistema guía de posición de parantes son:

- ✓ Solución A: Mecanismo Piñón cremallera, bloque.
- ✓ Solución B: Mecanismo Rodamientos, bloque.

## A. SISTEMA GUÍA PIÑÓN CREMALLERA

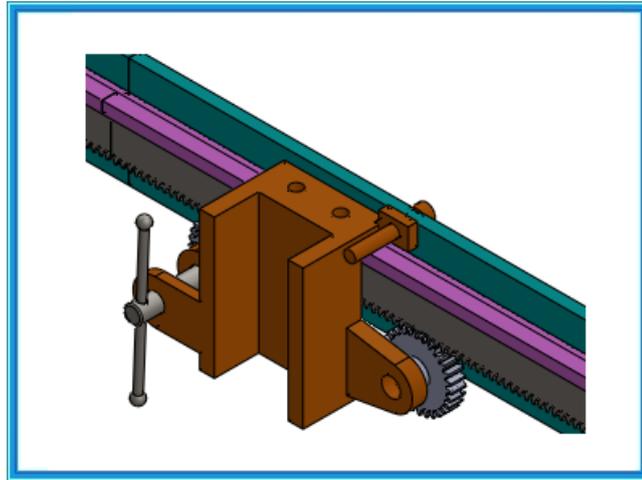


Figura 12. Sistema guía Piñón cremallera para posicionamiento de los parantes

Autor: Fernando Guerra

### **Ventajas**

- ✓ Buena transmisión de movimiento uniforme, silencioso y sin vibraciones.
- ✓ Es muy precisa.
- ✓ Gran capacidad de carga radial.
- ✓ Resistente a temperaturas elevadas.
- ✓ Es de construcción desmontable.
- ✓ De fácil utilización.

### **Desventajas**

- ✓ Su implementación es costosa.
- ✓ Instalación compleja y por personal calificado.
- ✓ Mantenimiento costoso realizado por personal calificado.
- ✓ Disponibilidad de repuestos escasa.
- ✓ Velocidad de movimiento media.
- ✓ Costo de mantenimiento correctivo elevado.

## B. SISTEMA GUÍA POR RODAMIENTOS

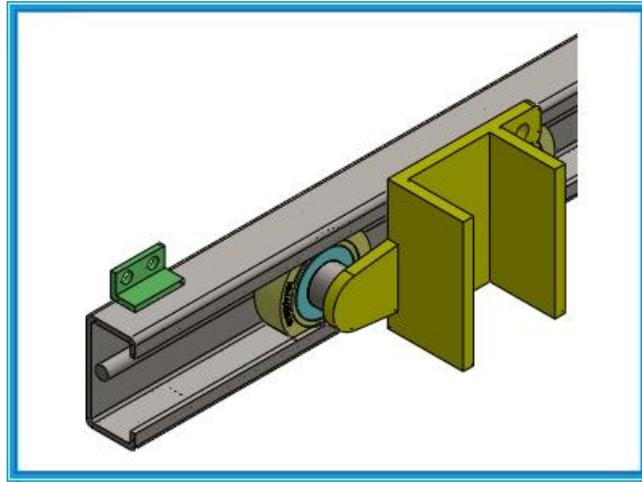


Figura 13. Sistema guía por rodapiés para posicionamiento de los parantes

Autor: Fernando Guerra

### Ventajas

- ✓ Buena transmisión de movimiento uniforme, silencioso y sin vibraciones.
- ✓ Es precisa.
- ✓ Gran capacidad de carga radial y axial.
- ✓ Resistente a temperaturas elevadas.
- ✓ Montaje y mantenimiento realizado por personal calificado.
- ✓ El sistema es económico.
- ✓ Es de construcción desmontable.
- ✓ De fácil utilización.
- ✓ Disponibilidad de repuestos.
- ✓ Costo de mantenimiento correctivo bajo.

### Desventajas

- ✓ Mantenimiento preventivo frecuente.
- ✓ No es muy exacta como el sistema piñón cremallera.
- ✓ Puede sufrir alteraciones con la temperatura.
- ✓ Acumulación de salpicadura de soldadura.

## Características

Para dar validez a los criterios más representativos en la selección del sistema guía de posicionamiento para los parantes de la estructura lateral, tenemos los siguientes:

**Precisión (A):** Este sistema deberá ser lo más preciso posible en cuanto a la ubicación, pero debemos aclarar que no servirá de soporte total, sino únicamente de posicionador.

**Costo (B):** El sistema guía de posición debe tener un costo total moderado.

**Desplazamiento longitudinal (C):** Este sistema deberá cumplir con el desplazamiento horizontal, este movimiento deberá ser continua y rápido, evitando que se trabe o atranque.

**Mantenibilidad (D):** El mantenimiento preventivo del sistema debe ser no frecuente y de bajo costo; y el correctivo debe ser poco frecuente, fácil, los accesorios o repuestos deben estar en stock en el mercado y el personal no debe ser necesariamente un experto.

**Complejidad de instalación (E):** El diseño propuesto no debe ser muy complejo, ni en la instalación del sistema.

Tabla 39. Evaluación del peso específico de cada criterio

<b>Precisión &gt; Costo &gt; Desplazamiento longitudinal &gt; Mantenibilidad &gt; Instalación</b>							
<b>Criterio</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
A		1	1	1	1	5	0,333
B	0		1	1	1	4	0,267
C	0	0		1	1	3	0,200
D	0	0	0		1	2	0,133
E	0	0	0	0		1	0,067
<b>Suma total</b>						<b>15</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

## PRECISIÓN:

La precisión en este mecanismo es muy importante ya que se trata de una matriz de fabricación, es decir este mecanismo guía debe desplazarse horizontalmente y posicionarse fijamente tal que brinde una precisión muy exacta en cuanto a la separación entre parantes; esta guía se moverá según la configuración necesaria y se fijara durante el ensamblaje para la colocación de los parantes de la estructura lateral.

**Solución A (SISTEMA GUÍA PIÑON CREMALLERA):** La precisión en este sistema depende de la exactitud en los procesos de construcción tanto de la cremallera como del piñón y la instalación de los mismos, pero por lo general la precisión obtenida es muy alta así, en el proceso por fresado se logra un error de paso individual de 0,01 mm máximo y en su longitud total de 0.15 mm; y por el rectificado, siendo el error de paso individual de 0,003 mm y el total de 0,035 mm.

**Solución B (SISTEMA GUÍA POR RODAMIENTOS):** La precisión en este sistema depende de la calidad de ajuste y tolerancias entre el rodamiento y la sección plana donde se deslizará en nuestro caso un perfil G. además el ajuste entre el rodamiento y los ejes que sujetan el bloque donde descansará el parante estructural.

Tabla 40. Evaluación del peso específico del criterio precisión

SOL A > SOL B				
Criterio	SOL A	SOL B	$\Sigma + 1$	Ponderado
SOL A		1	2	0,667
SOL B	0		1	0,333
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

## COSTO:

El costo dependerá del tratamiento, la calidad y el proceso de fabricación de los elementos, o si el elemento ya viene fabricado y se lo puede comprar.

**Solución A (SISTEMA GUÍA PIÑON CREMALLERA):** Los elementos mecánicos que se presentan en este mecanismo están avalados por metro lineal

de construcción, con un dispositivo guía piñón cremallera, ya que para todo el sistema se requieren de 48 dispositivos.

Tabla 41. Costo estimado del sistema guía Piñón cremallera

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor (\$)
Cremallera m=2	1	25	25
Piñón recto Z=30	2	15	30
Bloque principal	1	30	30
Eje de transmisión	2	6	12
Tornillos de ajuste	2	0,8	1,6
		<b>Total (\$)</b>	<b>97</b>

Autor: Fernando Guerra

**Solución B (SISTEMA GUÍA POR RODAMIENTOS):** El sistema guía de posición para los parantes cuenta con un perfil G donde se desplazarán los rodamientos rígidos, estos rodamientos se ajustaran en par con una tolerancia mínima, cuenta además con un bloque donde se colocará el parante, y un mecanismo de fijación.

Tabla 42. Costo estimado del sistema guía por rodamientos

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor (\$)
Perfil G 60x30x10x3	1	5	5
Rodamiento de bolas NTN56x22x16	2	4,5	9
Bloque principal	1	30	30
Eje de transmisión	2	8	16
Tornillos de ajuste	2	0,8	1,6
		<b>Total (\$)</b>	<b>60</b>

Autor: Fernando Guerra

Tabla 43. Evaluación del peso específico del criterio costo

SOL A < SOL B				
Criterio	SOL A	SOL B	$\Sigma + 1$	Ponderado
SOL A		0	1	0,333
SOL B	1		2	0,667
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

## DESPLAZAMIENTO LONGITUDINAL:

En cuanto a este criterio, nos estamos refiriendo a la funcionabilidad del diseño es decir si cumple con la disposición de moverse linealmente en ambos sentidos y que tan eficiente es el sistema.

**Solución A (SISTEMA GUÍA PIÑÓN CREMALLERA):** La configuración piñón cremallera está diseñada para cambiar el movimiento rotatorio en lineal, y el giro puede realizarse en ambos sentidos así el desplazamiento se asegura tanto para la derecha como para la izquierda, por lo que decimos que este sistema es funcional.

**Solución B (SISTEMA POR RODAMIENTOS):** Este sistema también transforma el movimiento rotatorio en lineal, y el desplazamiento de la guía se garantiza, el ajuste y la lubricación son los que indican la velocidad del movimiento, por lo demás el sistema guía por rodamientos cumple las solicitudes de movimiento.

Tabla 44. Evaluación del peso específico del criterio desplazamiento longitudinal

SOL A > SOL B				
Criterio	SOL A	SOL B	$\Sigma + 1$	Ponderado
SOL A		0,5	1,5	0,500
SOL B	0,5		1,5	0,500
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

## MANTENIBILIDAD:

El mantenimiento del sistema es un criterio muy importante, ya que si el sistema es barato, pero el mantenimiento es costoso y complicado de nada sirve; mientras que por el contrario si el sistema es costoso pero el mantenimiento es de bajo costo y no muy complicado en su ejecución, podría justificarse la inversión del sistema.

**Solución A (SISTEMA GUÍA PIÑÓN CREMALLERA):** Para un correcto análisis de mantenimiento del piñón cremallera se deben hacer pruebas de funcionamiento, ya que aquí se verán involucrados factores como el tratamiento o proceso de fabricación, el comportamiento que sufren los elementos a elevadas y

constantes cargas térmicas por la soldadura, las cargas de tracción y compresión constantes por los efectos de la soldadura, etc.

**Solución B (SISTEMA POR RODAMIENTOS):** De manera similar se deben hacer pruebas de funcionamiento, ya que los mismos factores involucrados en el inciso anterior se ven en el sistema de guía por rodamientos, se estudiará el efecto que produce la soldadura en los rodamientos y la salpicadura en el perfil guía de movimiento.

Tabla 45. Evaluación del peso específico del criterio mantenibilidad

<b>MANTENIBILIDAD</b>				
<b>Criterio</b>	<b>SOL A</b>	<b>SOL B</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderado</b>
SOL A		1	2	0,667
SOL B	0		1	0,333
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

### **COMPLEJIDAD DE INSTALACIÓN:**

**Solución A (SISTEMA GUÍA PIÑÓN CREMALLERA):** La complejidad de este sistema se presenta en la perfección del sistema fijo de cremallera y el sistema móvil piñón, la cremallera cuenta con una longitud total de 9,75 m y alinearla es la primera dificultad, acoplar la continuidad de los dientes, es decir, el paso de la cremallera como segundo ítem y luego para que el piñón no juegue con la cremallera se debe diseñar el mecanismo de ajuste, por lo que a nivel mecánico se considera una instalación compleja.

**Solución B (SISTEMA POR RODAMIENTOS):** Es por el contrario un sistema muy sencillo de diseñar e implementar, la instalación se considera fácil.

Tabla 46. Evaluación del peso específico del criterio complejidad de instalación

SOL A > SOL B				
Criterio	SOL A	SOL B	$\Sigma + 1$	Ponderado
SOL A		1	2	0,667
SOL B	0		1	0,333
<b>Suma total</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Autor: Fernando Guerra

De acuerdo al criterio ponderado con los valores obtenidos en las tablas anteriores se realiza el análisis para seleccionar el mecanismo guía de posición para los parantes más idóneo para el ensamblaje de las estructuras laterales.

Tabla 47. Conclusión para evaluar el mejor criterio de selección

Conclusión	Precisión	Costo	Desplazamiento	Mantenibilidad	Instalación	$\Sigma$	PRIORIDAD
Solución A	0,667x0,333	0,333x0,267	0,5x0,2	0,667x0,133	0,667x0,067	0,6287	1
Solución B	0,333x0,333	0,667x0,267	0,5x0,2	0,333x0,133	0,333x0,067	0,4545	2

Autor: Fernando Guerra

Debido a que brinda mejores ventajas a largo y corto plazo se selecciona el mecanismo guía de posición piñón cremallera para posicionar los parantes o puntales de la estructura como solución de la alternativa de diseño.

#### 4.1.2.2. Diseño del JIG de soldadura

##### Diseño del perfil porta faldón como base inferior principal



Figura 14. Esquema de posición de carga en el perfil porta faldón

Autor: Fernando Guerra

En la selección del elemento estructural que soporte la carga del lateral del autobús en la parte inferior del JIG, específicamente donde forma el faldón del autobús se utilizará el diseño de resistencia estática por existir únicamente cargas estáticas.

Primero se selecciona un tubo cuadrado estructural basándose en la configuración necesaria de apoyo, buscando la menor interferencia posible con la estructura lateral del autobús, ya que se necesita del mayor espacio posible para la soldadura, en base a estas exigencias se selecciona un tubo cuadrado 50x50x3 mm. Para verificar su resistencia Anexos 1 y 15.

Para el diseño se debe analizar la condición más extrema, en este caso se considera que el peso máximo a soportar por el perfil, es la estructura lateral interprovincial terminada, ( $W = 450 \text{ kg} = 4410\text{N}$ ).

Se realiza el diagrama del cuerpo libre para ver las cargas soportadas en los diferentes elementos estructurales.

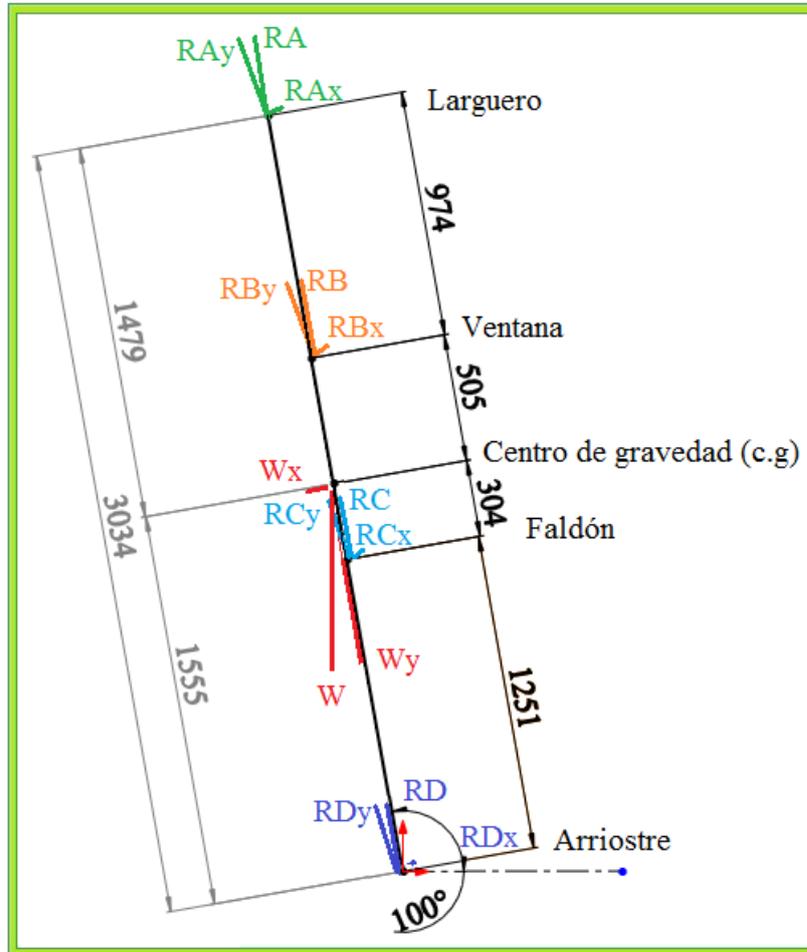


Figura 15. Diagrama del cuerpo libre de cargas actuantes del lateral estructural

Autor: Fernando Guerra

Se utilizan las ecuaciones de equilibrio para encontrar las fuerzas en los apoyos en A, B, C y D.

$$W_x = W * \text{Sen}10^\circ = 765,77 \text{ N}$$

$$W_y = W * \text{Cos}10^\circ = 4342,97 \text{ N}$$

$$+\rightarrow \sum F_x = 0 \Rightarrow R_{Ax} + R_{Bx} + R_{Cx} + R_{Dx} - W_x = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \Rightarrow R_{Ay} + R_{By} + R_{Cy} + R_{Dy} - W_y = 0$$

$$\textcircled{1} \quad R_{Ax} + R_{Bx} + R_{Cx} + R_{Dx} = 765,77 \text{ N}$$

$$\textcircled{2} \quad R_{Ay} + R_{By} + R_{Cy} + R_{Dy} = 4342,97 \text{ N}$$

La fuerza reactiva vertical del soporte en B (donde se ubicará el faldón de la estructura) se puede obtener tomando momentos alrededor de A.

$$+\zeta \sum MA = 0$$

$$\textcircled{3} \quad RB_x(974) + W_x(1479) + RC_x(1783) + RD_x(3034) = 0$$

$$+\zeta \sum MB = 0$$

$$\textcircled{4} \quad -RA_x(974) - W_x(505) + RC_x(809) + RD_x(2060) = 0$$

$$+\zeta \sum MC = 0$$

$$\textcircled{5} \quad -RA_x(1783) - RB_x(809) + W_x(304) + RD_x(1251) = 0$$

$$+\zeta \sum MD = 0$$

$$\textcircled{6} \quad -RA_x(3034) - RB_x(2060) + W_x(1555) - RC_x(1251) = 0$$

Resolviendo el sistema de 5 ecuaciones con 5 incógnitas tenemos:

$$RA_x = 18,821 \text{ kg} = 184,44 \text{ N}$$

$$RB_x = 19,301 \text{ kg} = 189,15 \text{ N}$$

$$RC_x = 19,7 \text{ kg} = 193,1 \text{ N}$$

$$RD_x = 20,317 = 199,11 \text{ N}$$

$$RA = \frac{RA_x}{\text{Sen}10^\circ} = 108,39 \text{ kg} = 1062,15 \text{ N}$$

$$RB = \frac{RB_x}{\text{Sen}10^\circ} = 111,15 \text{ kg} = 1089,27 \text{ N}$$

$$RC = \frac{RC_x}{\text{Sen}10^\circ} = 113,45 \text{ kg} = 1111,81 \text{ N}$$

$$RD = \frac{RDx}{\text{Sen}10^\circ} = 117 \text{ kg} = 1146,6 \text{ N}$$

$$RAy = RA * \text{Cos}10^\circ = 106,74 \text{ kg} = 1046,05 \text{ N}$$

$$RBy = RB * \text{Cos}10^\circ = 109,46 \text{ kg} = 1072,71 \text{ N}$$

$$RCy = RC * \text{Cos}10^\circ = 111,73 \text{ kg} = 1094,95 \text{ N}$$

$$RDy = RD * \text{Cos}10^\circ = 115,22 \text{ kg} = 1129,16 \text{ N}$$

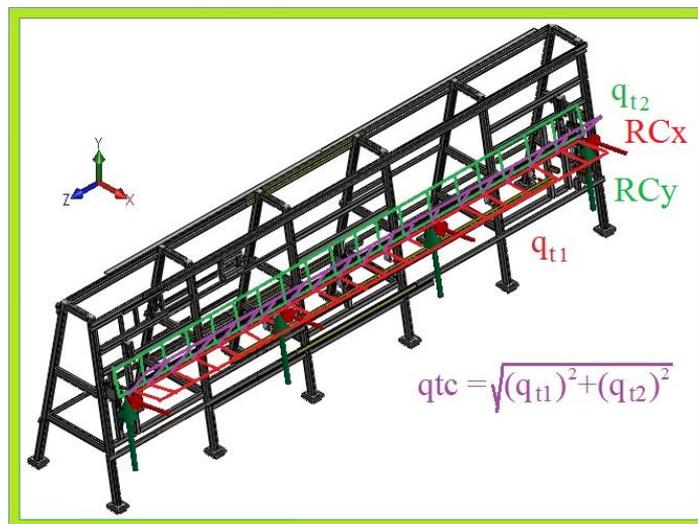


Figura 16. Diagrama de cargas distribuidas sobre el perfil cuadrado

Autor: Fernando Guerra

Se distribuye equitativamente en toda la longitud de contacto ( $l_c$ ). Así la carga máxima (RC) que soportará el tubo cuadrado estructural es 1111,81 N, la carga distribuida sobre el plano y-z ( $q_{t1}$ ) que ejerce la estructura lateral sobre el tubo cuadrado como base inferior principal será:

$$q = \frac{RXx}{l} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

$q$  = Carga por unidad de longitud en una viga, N/m

$RXx$  = Carga puntual, N

$l$  = Longitud total donde se distribuye la carga puntual, m

## PLANO X-Z

$$q_{t1} = \frac{RCx}{l_c} = 15,84 \frac{N}{m}$$

Dónde:

$q_{t1}$  = Carga distribuida plano X-Z en el tubo cuadrado (50x50x3 mm L = 12187 mm)

$l_c$  = Longitud de contacto para faldón de la estructura lateral, 12,187 m

$RCx$  = Carga horizontal ejercida por la estructura en el apoyo en C, 193,1 N = 19,7 kg.

La figura 17 muestra el diagrama de cuerpo libre del tubo cuadrado como base inferior de posicionamiento de faldón.

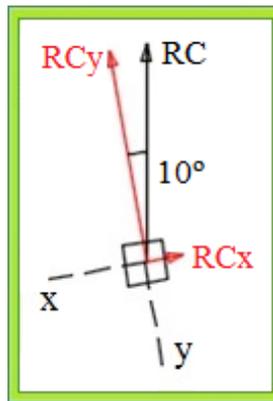


Figura 17. Diagrama del cuerpo libre del perfil cuadrado

Autor: Fernando Guerra

Al utilizar las ecuaciones para las reacciones cortantes y el momento máximo en el caso de apoyos simples con carga uniforme (ver Anexo 13 b), para este diseño se han colocado 3 apoyos simples a lo largo de los 12,187 metros, por lo que ahora la longitud de análisis será de 6,0435 metros, por lo que se tiene:

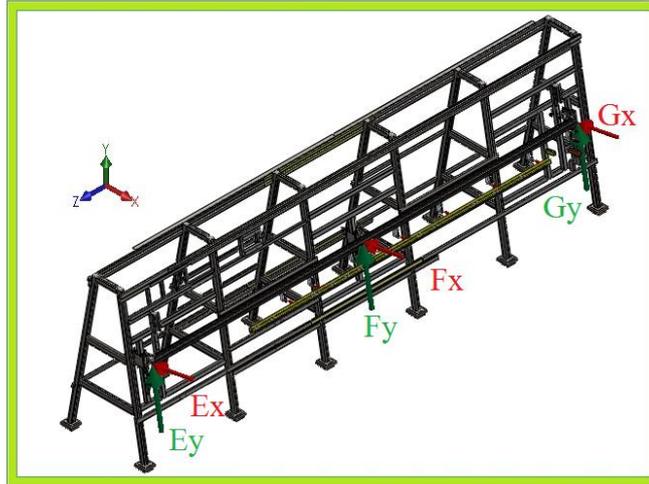


Figura 18. Diagrama de cargas puntuales en apoyos del perfil cuadrado

Autor: Fernando Guerra

$$E_x = F_x = G_x = \frac{q_{t1} * l_{A-B}}{2} \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$E_x = F_x = G_x = \frac{15,84 * 6,0435}{2} = 47,86 \text{ N}$$

$$M_{\max_{xz}} = \frac{q_{t1} * x}{2} * (l - x) = \frac{q_{t1} * l_{A-B}^2}{8} \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$M_{\max_{xz}} = \frac{15,84 * 6,0435^2}{8} = 72,32 \text{ Nm}$$

## PLANO Y-Z

$$q_{t2} = \frac{RCy}{l_c} = 89,85 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Dónde:

$q_{t2}$  = Carga distribuida plano Y-Z en el tubo cuadrado (50x50x3 mm L = 12187 mm)

$l_c$  = Longitud de contacto para faldón de la estructura lateral, 12,187 m

$RCy$  = Carga vertical ejercida por la estructura en el apoyo en B, 1094,95 N = 111,73 kg.

De igual manera al ítem anterior, ver Anexo 13, ecuación (2) y ecuación (3)

$$E_y = F_y = G_y = \frac{89,85 * 6,0435}{2} = 271,5 \text{ N}$$

$$M_{\max_{yz}} = \frac{89,85 * 6,0435^2}{8} = 410,21 \text{ Nm}$$

## MOMENTO MÁXIMO

$$M_{\max} = \sqrt{M_{\max_{xz}}^2 + M_{\max_{yz}}^2} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Reemplazando valores tenemos:

$$M_{\max} = \sqrt{72,32^2 + 410,21^2}$$

$$M_{\max} = 416,54 \text{ Nm}$$

## DISEÑO ESTÁTICO

Por motivos de diseño se considera una sección compuesta para evitar el pandeo, ya que mediante cálculos de prueba se ve que una sección simple rectangular no satisface el esfuerzo requerido; la sección compuesta está conformada por un perfil rectangular de 150x50x3 y un perfil cuadrado de 50x50x3, como muestra en la figura 19, para encontrar el momento de inercia de la sección compuesta se utiliza el teorema de Steiner.

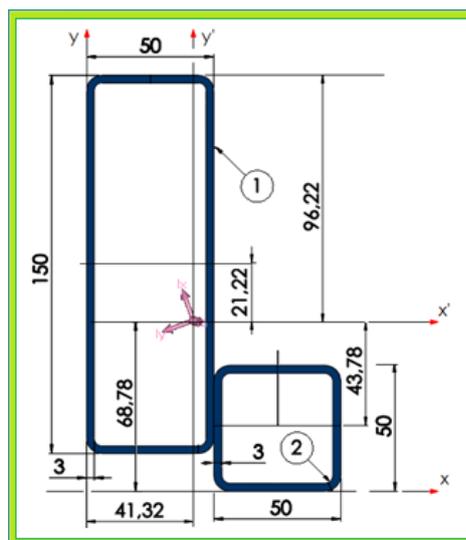


Figura 19. Esquema de configuración y distancias de la sección compuesta

Autor: Fernando Guerra

Se utilizará el momento de inercia menor con respecto al eje x o y:

$$I_x = \sum I_{EN} + \sum(A * d^2) \quad \text{Ecuación (5)}$$

Dónde:

$I_x$  = Momento de inercia del área, respecto al centro de gravedad,  $m^4$

$\sum I_{EN}$  = Momento de inercia del elemento geométrico,  $m^4$

A= Área de las secciones de cada elemento geométrico,  $m^2$

d = Distancia de traslación de los ejes, m (distancia desde el centro de gravedad)

### **Cálculo del área y del centroide de la sección compuesta**

Se procede al despiece de la sección compuesta en dos figuras sencillas, el rectángulo hueco (1) y el cuadrado hueco (2), tal y como se muestra en la figura 19.

En primer lugar se calculan las áreas individuales descritas y el área total,  $A_T$ .

$$A_1 = 150 \times 50 - 144 \times 44 = 1164 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 50 \times 50 - 44 \times 44 = 564 \text{ mm}^2$$

$$A_T = A_1 + A_2 = 1728 \text{ mm}^2$$

En segundo lugar, se calculan los momentos estáticos (respecto de los ejes x e y de la figura 19), como paso previo al cálculo del centroide de la sección compuesta.

$$M_x = A_1(90) + A_2(25) \quad \text{Ecuación (6)}$$

$$M_x = 118860 \text{ mm}^3$$

Utilizando la ecuación (6) tomando como referencia el eje y.

$$M_y = A_1(25) + A_2(75) = 71400 \text{ mm}^3$$

Finalmente, calculamos la posición del centroide mediante las siguientes expresiones.

$$x_g = \frac{My}{A_T} \quad \text{Ecuación (7)}$$

$$y_g = \frac{Mx}{A_T} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Dónde:

$x_g$  = Centro de gravedad con respecto al eje x, m

$y_g$  = Centro de gravedad con respecto al eje y, m

$Mx$  = Momento estático con respecto al eje x, m<sup>3</sup>

$My$  = Momento estático con respecto al eje y, m<sup>3</sup>

$A_T$  = Área total de la sección compuesta, m<sup>2</sup>

$$x_g = \frac{71400}{1728} = 41,319 \text{ mm}$$

$$y_g = \frac{118860}{1728} = 68,784 \text{ mm}$$

Resolviendo el teorema de Steiner con la ecuación (5) tenemos los momentos de inercia del área:

$$I_x = 4,8 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_y = 1,683 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

### **Cálculo de los momentos principales de inercia**

Los momento principales de inercia (máximo y mínimo) se dan cuando el producto de inercia se anula ( $I_{xy} = 0$ ), una situación que corresponde a la intersección del círculo Mohr con el eje horizontal.

El cálculo del producto de inercia, se detalla a continuación:

$$I_{xy}(1) = 0 + A_1(\bar{x} - x_g)(\bar{y} - y_g) \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$I_{xy}(1) = 0 + A_1(25 - 41,32)(90 - 68,78) = -403105,31 \text{ mm}^4$$

$$I_{xy}(2) = 0 + A_2(75 - 41,32)(25 - 68,78) = -831623,87 \text{ mm}^4$$

$$I_{xy} = I_{xy}(1) + I_{xy}(2) = -1239149,17 \text{ mm}^4$$

El centro,  $I_m$ , y el radio,  $R$ , del círculo de Mohr se obtienen:

$$I_m = \frac{I_x + I_y}{2} \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$I_m = 3,2415 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{I_y - I_x}{2}\right)^2 + I_{xy}^2} \quad \text{Ecuación (11)}$$

$$R = 1,239 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

Por lo tanto los momentos principales de inercia, del área, en el centro de gravedad:

$$I_x = 1,251 \times 10^{-6} \text{ m}^4 = 1251072,15 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 5,233 \times 10^{-6} \text{ m}^4 = 5233022,39 \text{ mm}^4$$

Por facilidad de cálculo se muestran las propiedades de sección de la cara del elemento de la sección compuesta en la tabla 48.

Tabla 48. Propiedades físicas de la sección compuesta, en programa CAD

Centro de gravedad	
x	41,71
y	68,28
z	6093,50
Momentos de inercia del área	
$I_x$	4800409,0
$I_y$	1683685,54
Momentos principales de inercia	
$I_x$	1251072,15
$I_y$	5233022,39

Autor: Fernando Guerra

Aplicando la ecuación 12 para encontrar el módulo de resistencia de la sección compuesta (Figura 19):

$$S = \frac{I}{C} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Dónde:

S = Módulo de resistencia de la sección, m<sup>3</sup>

I = Momento principal de inercia, del eje menor o Segundo momento de inercia del área, 1,251x10<sup>-6</sup> mm<sup>4</sup>

C = Distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo, 96,22 mm

$$S = \frac{1,251 \times 10^{-6}}{0,09622} = 1,3 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

Para encontrar el esfuerzo de Von Misses o el criterio de falla de la energía de la distorsión utilizamos:

$$\sigma_{\text{máx}} = \sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau^2} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Dónde:

$\sigma_{\text{máx}} = \sigma' =$  Esfuerzo normal, máximo o de Von Misses, Pa

$\sigma_x =$  Esfuerzo de flexión, Pa

$\tau =$  Torsión pura, Esfuerzo cortante, Pa

$$\sigma_f = \frac{M_{\text{max}}}{S} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Dónde:

$\sigma_f =$  Esfuerzo flexionante, MPa

$$\sigma_f = \frac{416,54}{1,3 \times 10^{-5}} = 32,042 \text{ MPa}$$

### FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO:

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ecuación (15)}$$

Dónde:

$S_y$  = Resistencia a la fluencia del material, MPa

$n$  = factor de seguridad estático, [adimensional]

Como no existe esfuerzo cortante, el esfuerzo máximo es igual al esfuerzo flexionante.

$$\sigma_f = \sigma' = 32,042 \text{ MPa}$$

### SELECCIÓN DE MATERIAL

<b>ACERO ASTM A 500</b>	
Tratamiento:	Laminado en caliente
Resistencia a la tensión:	$S_{ut} = 427 \text{ MPa}$ .
Resistencia a la fluencia:	$S_y = 345 \text{ MPa}$ .

$$n = \frac{345}{32,042} = 10,77$$

### Diseño del perfil porta ventana

#### PLANO X-Z

De la ecuación (1), tenemos:

$$q_{t3} = \frac{RB_x}{l_c} = 16,5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Dónde:

$q_{t3}$  = Carga distribuida plano X-Z en el tubo cuadrado (50x50x3 mm L = 11465 mm)

$l_c$  = Longitud de contacto para faldón de la estructura lateral, 11,465 m

$R_{Bx}$  = Carga horizontal ejercida por la estructura en el apoyo en B, 189,15 N = 19,301 kg.

Al utilizar las ecuaciones para las reacciones cortantes y el momento máximo en el caso de apoyos simples con carga uniforme (ver Anexo 13), para este diseño se han colocado 2 apoyos simples a lo largo de los 11,465 metros.

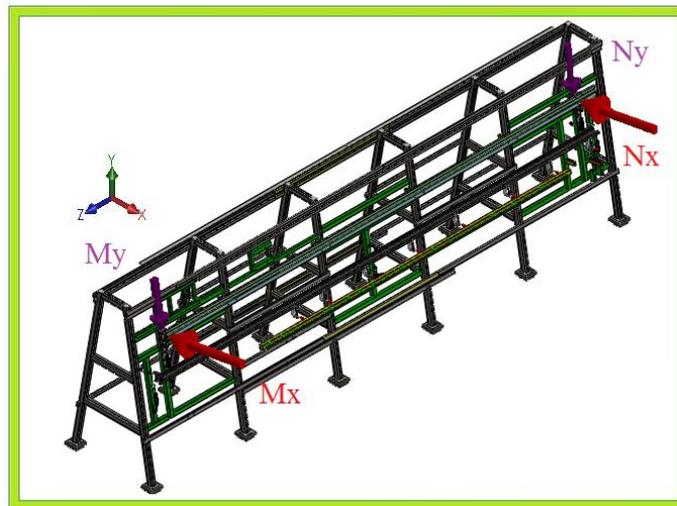


Figura 20. Diagrama de cargas puntuales en apoyos del perfil porta ventana

Autor: Fernando Guerra

De la ecuación (2), tenemos:

$$M_x = N_x = \frac{q_{t3} * l_{A-B}}{2}$$

$$M_x = N_x = \frac{16,5 * 11,465}{2} = 94,59 \text{ N}$$

De la ecuación (3), tenemos:

$$M_{\max_{xz}} = \frac{16,5 * 11,465^2}{8} = 271,11 \text{ Nm}$$

## PLANO Y-Z

De la ecuación (1), tenemos:

$$q_{t4} = \frac{R_{By}}{l_c} = 93,56 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Dónde:

$q_{t4}$  = Carga distribuida plano Y-Z en el tubo cuadrado (50x50x3 mm L = 11465 mm)

$l_c$  = Longitud de contacto para faldón de la estructura lateral, 11,465 m

RBy = Carga vertical ejercida por la estructura en el apoyo en B, 1072,71 N = 109,46 kg.

De igual manera al ítem anterior, ver Anexo 13, ecuación (2) y ecuación (3)

$$M_y = N_y = \frac{93,56 * 11,465}{2} = 536,33 \text{ N}$$

$$M_{\max_{yz}} = \frac{93,56 * 11,465^2}{8} = 1537,26 \text{ Nm}$$

De la ecuación del momento máximo, (4), tenemos:

$$M_{\max} = \sqrt{271,11^2 + 1537,26^2}$$

$$M_{\max} = 1560,98 \text{ Nm}$$

El módulo de la sección es idéntico al anterior, por lo tanto  $S = 1,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ . Y de la ecuación (14), tenemos:

$$\sigma_f = \frac{1560,98}{1,3 \times 10^{-5}} = 120,08 \text{ MPa}$$

Encontramos el factor de seguridad estático aplicando la ecuación (15).

Como no existe esfuerzo cortante, el esfuerzo máximo es igual al esfuerzo flexionante.

$$\sigma_f = \sigma' = 120,08 \text{ MPa}$$

## SELECCIÓN DE MATERIAL

<b>ACERO ASTM A 500</b>	
Tratamiento:	Laminado en caliente
Resistencia a la tensión:	Sut = 427 MPa.
Resistencia a la fluencia:	Sy = 345 MPa.

$$n = \frac{345}{120,08} = 2,87$$

### Diseño del ángulo base principal

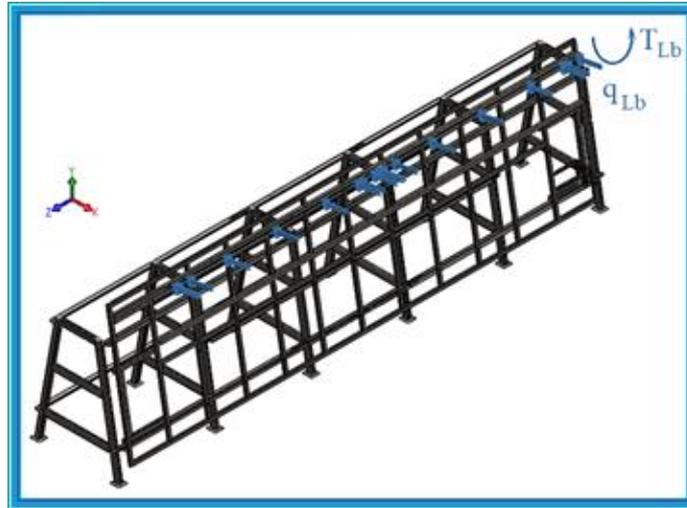


Figura 21. Esquema de posición de carga en el perfil superior porta larguero

Autor: Fernando Guerra

En la selección del ángulo base para la posición fija inicial del larguero superior de la estructura se utilizará el diseño de resistencia estática por la presencia de cargas estáticas únicamente.

Primero se selecciona el ángulo basándose en las necesidades de ensamble y que debe tener un espesor considerable para evitar deflexión o falla por cualquier carga expuesta, entonces se escoge un perfil de ángulo con caras iguales L 100x100x8 mm para verificar su resistencia (ver Anexo 14).

Del apartado anterior obtuvimos las reacciones que actuarán en el apoyo en A, de la figura 15, y las ecuaciones de equilibrio tenemos:

$$R_{Ax} = 18,82 \text{ kg} = 184,44 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = 106,74 \text{ kg} = 1046,05 \text{ N}$$

$$R_A = 108,39 \text{ kg} = 1062,15 \text{ N}$$

Se distribuye equitativamente en toda la longitud de contacto ( $l_c$ ). Así la carga máxima (RA) que soportará el ángulo estructural es 1062,15 N, la carga distribuida ( $q_{L1}$ ) y el momento torsor ( $T_{Lb}$ ) que ejerce la estructura lateral sobre el perfil angular de lados iguales como base superior principal, según la ecuación 1, será:

**PLANO X-Z**

$$q_{L1} = \frac{RAx}{l_c} = 16,11 \frac{N}{m}$$

Dónde:

$q_{L1}$  = Carga distribuida plano X-Z en el ángulo (L100x100x8 mm L = 11450 mm)

$l_c$  = Longitud de contacto para faldón de la estructura lateral, 11,45 m

RAx = Carga horizontal ejercida por la estructura en el apoyo en A, 184,44 N

La figura 22 muestra el diagrama de cuerpo libre del ángulo L como base superior de posicionamiento.

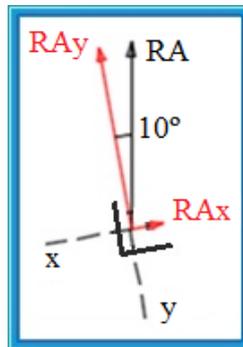


Figura 22. Diagrama del cuerpo libre del ángulo base principal

Autor: Fernando Guerra

Para este diseño se ha establecido que descansa sobre 4 apoyos simples a lo largo de los 11,45 metros, por lo que ahora la longitud de análisis será de 2,594 metros, la figura 23 muestra el esquema de posicionamiento del ángulo sobre los apoyos.

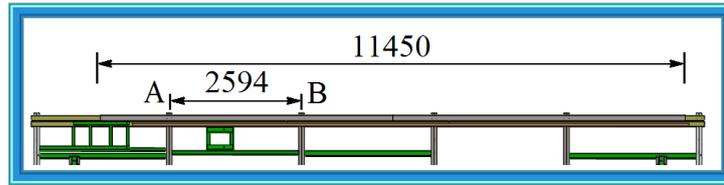


Figura 23. Esquema de posición de ángulo L100x100x8 mm

Autor: Fernando Guerra

Al utilizar las ecuaciones (2) y (3) en el caso de apoyos simples con carga uniforme (ver Anexo 13), se tiene:

$$A_x = B_x = \frac{q_{L1} * l_{A-B}}{2} = \frac{16,11 * 2,594}{2} = 20,89 \text{ N}$$

$$M_{\max_{Lxz}} = \frac{16,11 * 2,594^2}{8} = 13,55 \text{ Nm}$$

Utilizando la ecuación (1), para el **PLANO Y-Z**

$$q_{L2} = \frac{RA_y}{l_c} = 91,36 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Dónde:

$q_{L2}$  = Carga distribuida plano Y-Z en el ángulo (L100x100x8 mm L = 11450 mm)

$l_c$  = Longitud de contacto para faldón de la estructura lateral, 11,45 m

$RA_y$  = Carga vertical ejercida por la estructura en el apoyo en A, 1046,05 N

Siguiendo los pasos al ítem anterior, Anexo 13, ecuación (2) y ecuación (3)

$$A_y = C_y = \frac{91,36 * 2,594}{2} = 118,49 \text{ N}$$

$$M_{\max_{Lyz}} = \frac{91,36 * 2,594^2}{8} = 76,84 \text{ Nm}$$

Reemplazando valores en la ecuación (4), tenemos:

$$M_{\max} = \sqrt{13,55^2 + 76,84^2}$$

$$M_{\max} = 78,03 \text{ Nm}$$

## DISEÑO ESTÁTICO

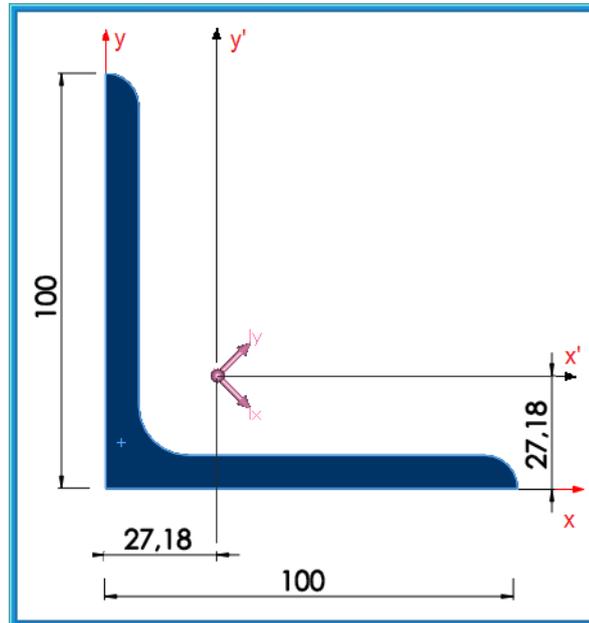


Figura 24. Propiedades geométricas, centro de gravedad del ángulo L100x100x8

Autor: Fernando Guerra

Por lo tanto los momentos principales de inercia, del área, en el centro de gravedad y el módulo de resistencia de la sección angular, según el Anexo 14:

$$I_x = I_y = 1,45 \times 10^{-6} \text{m}^4 = 145 \text{ cm}^4$$

$$S_x = S_y = 1,99 \times 10^{-5} \text{m}^3 = 19,9 \text{ cm}^3$$

Se utilizará el momento de inercia menor en este caso con respecto al eje x:

Para encontrar el esfuerzo de Von Mises con la ecuación (13) y (14), así:

$$\sigma' = \sigma_f = \frac{78,03}{1,99 \times 10^{-5}} = 3,92 \text{ MPa}$$

### FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO:

Utilizando la ecuación (15), tenemos:

## SELECCIÓN DE MATERIAL

ACERO ASTM A 36	
Tratamiento:	Laminado en caliente
Resistencia a la tensión:	Sut = 400 MPa
Resistencia a la fluencia:	Sy = 250 MPa

$$n = \frac{250}{3,92} = 63,78$$

El factor de seguridad del elemento estructural es muy alto, pero se mantiene la configuración geométrica por los requerimientos de posición y ensamblaje; y el espesor se mantiene en 8 mm, ya que no existen menores espesores para este tipo de ángulos, y se evita que con el tiempo este elemento sufra deformación por el exceso de calor sometido por la soldadura y los rechupes.

### Diseño de la armadura soporte de la estructura y sistemas

La armadura rectangular está encargada de soportar parte del peso de la estructura lateral completa, los sistemas de elevación y posición de faldón y ventana, los clamps de ajuste, etc. Se diseñara como una armadura simple, para disminuir la complejidad en los cálculos, se comprobará el diseño con un software CAD.

### CARGAS PRESENTES EN LA ARMADURA

Las cargas que estan involucradas en la armadura son:

$$P1 = RB + \frac{WV}{2} \quad \text{Ecuación (16)}$$

Dónde:

P1 = Carga 1 (elevación ventana)

RB = Carga de la estructura lateral en el punto B, 111,15 kg.

WV = Peso del sistema de elevación de la ventana.

$$P2 = RC + \frac{WF}{3} \quad \text{Ecuación (17)}$$

Dónde:

P2 = Carga 2 (elevación faldón)

RC = Carga de la estructura lateral en el punto C, 113,45 kg.

WF = Peso del sistema de elevación del faldón.

$$WF = Wmf + Wc + Wsg \quad \text{Ecuación (18)}$$

Dónde:

Wmf = Peso del mecanismo de elevación del faldón, 377,34 kg.

Wc = Peso de los clamps de ajuste, 15 kg.

Wsg = Peso del sistema guía de posición vertical, 83,15 kg.

$$WF = 377,34 + 15 + 83,15 = 475,49 \text{ kg}$$

$$WV = Wmv + Wc + Wsg \quad \text{Ecuación (19)}$$

Dónde:

Wmv = Peso del mecanismo de elevación de la ventana, 142,1 kg.

Wc = Peso de los clamps de ajuste, 15 kg.

Wsg = Peso del sistema guía de posición vertical, 83,15 kg.

$$WV = 142,1 + 15 + 83,15 = 240,25 \text{ kg}$$

$$P1 = 111,15 + \frac{240,25}{2} = 231,28 \text{ kg} = 2266,5 \text{ N}$$

$$P2 = 113,45 + \frac{475,49}{3} = 271,95 \text{ kg} = 2665,11 \text{ N}$$

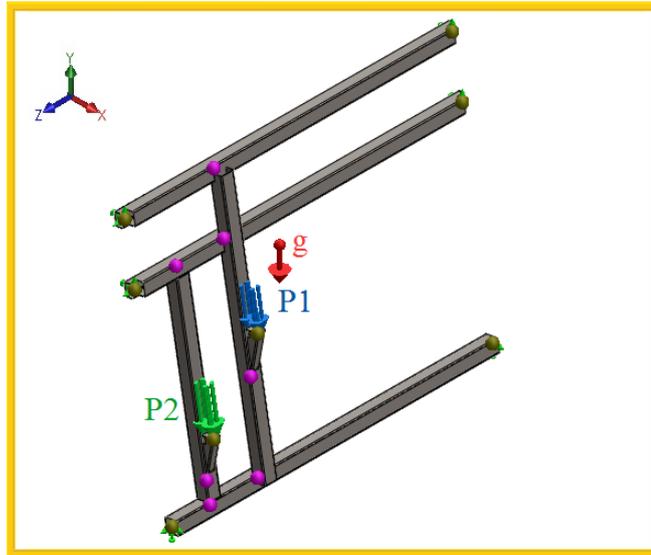


Figura 25. Esquema de fuerzas y sujeciones del estudio de armadura simple

Autor: Fernando Guerra

### SÍMBOLOGÍA

-  P1 = Carga 1 (elevación ventana)
-  P2 = Carga 2 (elevación faldón)
-  g = Consideración del peso de los elementos (dirección gravedad)
-  Sujeción (geometría fija)
-  Dirección contraria de la gravedad

Se realizó un estudio CAE (Computer Aided Engineering) para el análisis de la armadura simple como bastidor del JIG de soldadura para las estructuras laterales.

Usamos la herramientas CAE para evitar el tedioso cálculo manual de una armadura simple, ya que existen muchos nodos, se podría resolver mediante algunos métodos de cálculo: el método de los nodos o el método de las secciones, dependiendo de que cargas son o no conocidas. Ahora los software CAE nos facilitan el análisis de esfuerzos, deformación, validación y optimización, todo tipo de simulaciones ayudando a la toma de decisiones en la ingeniería.

Tabla 49. Propiedades del estudio CAE Armadura Simple

<b>Nombre de estudio</b>	<b>Estudio Estático de la armadura simple</b>
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla mixta
<b>Tipo de solver</b>	Direct sparse solver
<b>Opciones unión rígida incompatibles</b>	Automática
<b>Gran desplazamiento</b>	Desactivo
<b>Calcular fuerzas de cuerpo libre</b>	Activo
<b>Sistema de unidades:</b>	Métrico (MKS)
<b>Presión/Tensión</b>	Pa

Autor: Fernando Guerra

Tabla 50. Propiedades del material

<b>Propiedades de material</b>	
Nombre:	<b>ASTM A36 Acero</b>
Tipo de modelo:	<b>Isotrópico elástico lineal</b>
Criterio de error predeterminado:	<b>Desconocido</b>
Límite elástico:	<b><math>2.5 \times 10^8</math> N/m<sup>2</sup></b>
Límite de tracción:	<b><math>45 \times 10^8</math> N/m<sup>2</sup></b>
Módulo elástico:	<b><math>25 \times 10^{11}</math> N/m<sup>2</sup></b>
Coefficiente de Poisson:	<b>0.26</b>
Densidad:	<b>7850 kg/m<sup>3</sup></b>
Módulo cortante:	<b><math>7.935 \times 10^{10}</math> N/m<sup>2</sup></b>

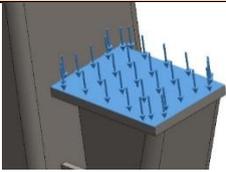
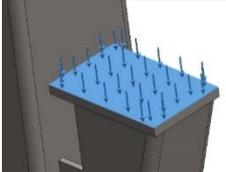
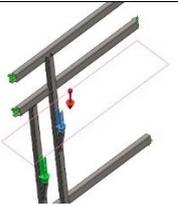
Autor: Fernando Guerra

Tabla 51. Sujeciones del modelo de análisis Armadura simple

<b>Cargas y sujeciones</b>		
Imagen de sujeción	Detalles de sujeción	
	<b>Entidades:</b>	<b>15 Juntas</b>
	<b>Tipo:</b>	<b>Geometría fija</b>

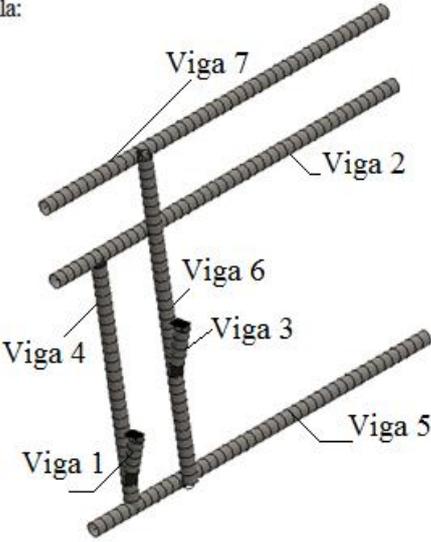
Autor: Fernando Guerra

Tabla 52. Cargas del modelo de análisis Armadura simple

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Fuerza-1 P1= Carga 1		Entidades:	1 Viga(s)
		Tipo:	Aplicar fuerza
		Valores:	---, ---, -2665.11 N
		Momentos:	---, ---, --- N·m
Fuerza-2 P2 = Carga 2		Entidades:	3 Juntas
		Tipo:	Aplicar fuerza
		Valores:	---, ---, -2266.5 N
		Momentos:	---, ---, --- N·m
Gravedad-1		Valores:	0 0 -9.81
		Unidades:	SI

Autor: Fernando Guerra

Tabla 53. Tipo de malla del modelo Armadura simple

Información de malla	
Tipo de malla	Malla de viga
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos:	4 Puntos
Información de malla - Detalles	
Número total de nodos	25718
Número total de elementos	15152
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	0:00:08
<p>Nombre del modelo: ARM SIMPLETC100y75L12,6                      Nombre de estudio: Estudio Estático de armadura simple                      Tipo de malla:</p> 	

Autor: Fernando Guerra

Tabla 54. Fuerzas resultantes del modelo Armadura simple

<b>Fuerzas resultantes</b>					
<b>Fuerzas de reacción</b>					
<b>Conjunto de selecciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>Suma X</b>	<b>Suma Y</b>	<b>Suma Z</b>	<b>Resultante</b>
Todo el modelo	N	-856.357	6187.67	0	6246.65
<b>Momentos de reacción</b>					
<b>Conjunto de selecciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>Suma X</b>	<b>Suma Y</b>	<b>Suma Z</b>	<b>Resultante</b>
Todo el modelo	N·m	1059.9	172.664	73.8098	1076.41

Autor: Fernando Guerra

Tabla 55. Fuerzas internas, cortantes y momentos flexionantes en los elementos

<b>Nombre de viga</b>	<b>Axial (N)</b>	<b>Cortante1 (N)</b>	<b>Cortante2 (N)</b>	<b>Momento1 (N·m)</b>	<b>Momento2 (N·m)</b>	<b>Torsión (N·m)</b>
Viga-1	-2518.5	914.01	0	0	-167.25	0
Viga-2	493.08	1978.6	-126.33	33.302	-498.23	24.442
Viga-3	142.92	31.705	0	0	-163.02	0
Viga-4	1980.7	140.2	307.69	-233.06	128.7	12.161
Viga-5	355.36	2646.4	-351.77	-114.71	-597.35	-82.132
Viga-6	1851.6	220.8	738.76	-189.59	132.69	-12.675
Viga-7	-537.74	950.92	-100.22	37.597	-366.26	-6.0463

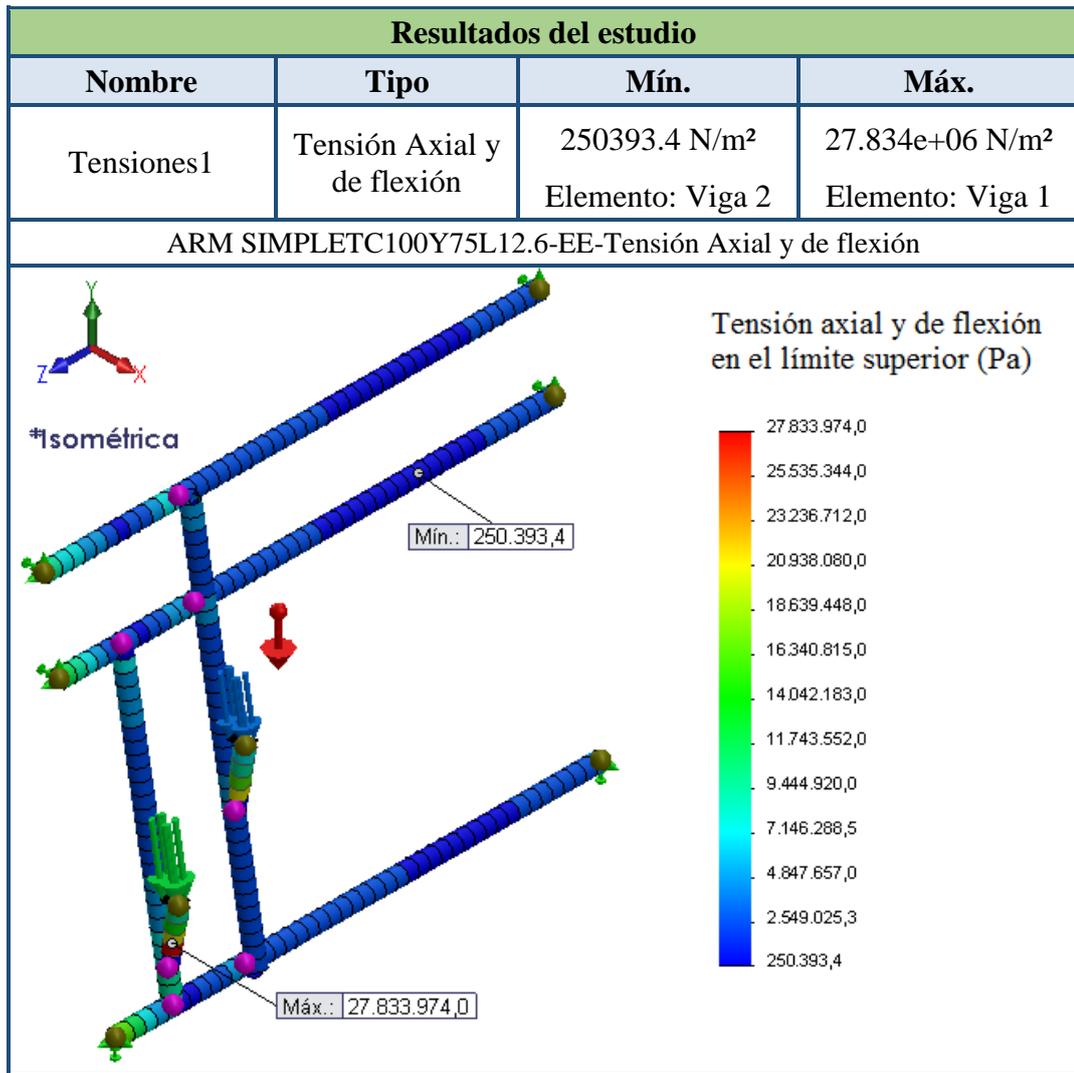
Autor: Fernando Guerra

Tabla 56. Tensiones en vigas, Esfuerzos flexionantes en los elementos

<b>Nombre de viga</b>	<b>Axial (N/ m<sup>2</sup>)</b>	<b>Flexión dir.1 (N/ m<sup>2</sup>)</b>	<b>Flexión dir.2 (N/ m<sup>2</sup>)</b>	<b>Torsional (N/ m<sup>2</sup>)</b>	<b>Peor caso (N/ m<sup>2</sup>)</b>
Viga-1	-3,70E+10	-0.64843	2,413E+11	0.23008	2,78E+11
Viga-2	-3,30E+09	7,36E+09	1,10E+11	3,639E+09	1,19E+11
Viga-3	-2,83E+10	0.75587	1,79E+11	-0.27793	2,07E+11
Viga-4	-1,33E+09	5,15E+10	2,84E+09	1,81E+09	8,75E+10
Viga-5	-2,38E+09	-2,53E+10	1,32E+11	-1,22E+10	1,60E+11
Viga-6	1,24E+10	-4,19E+10	2,93E+09	-1,89E+08	5,80E+10
Viga-7	3,597E+09	-8,30E+09	8,09E+10	-90014	9,08E+10

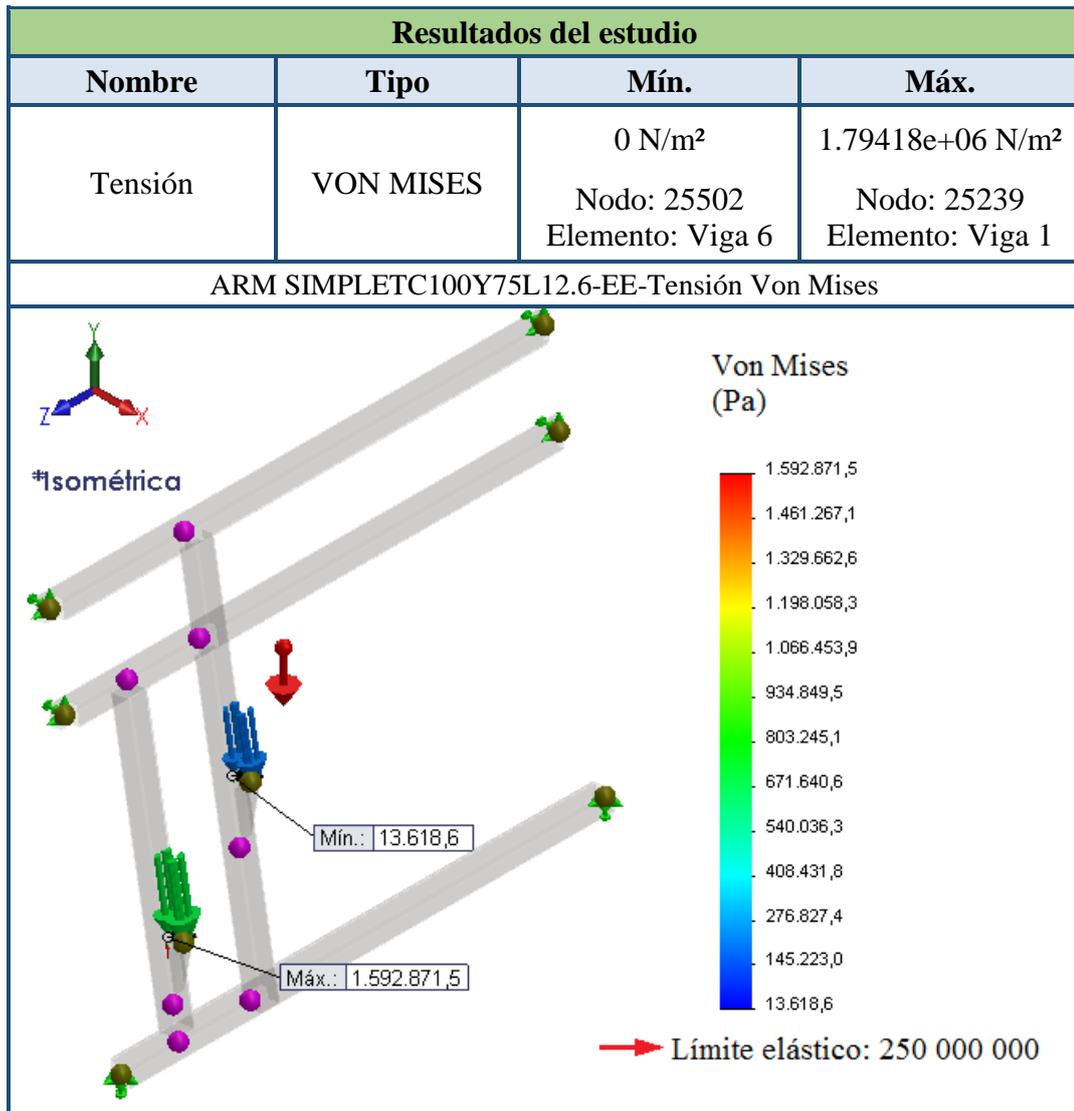
Autor: Fernando Guerra

Tabla 57. Tensión axial y de flexión en el límite superior de los elementos



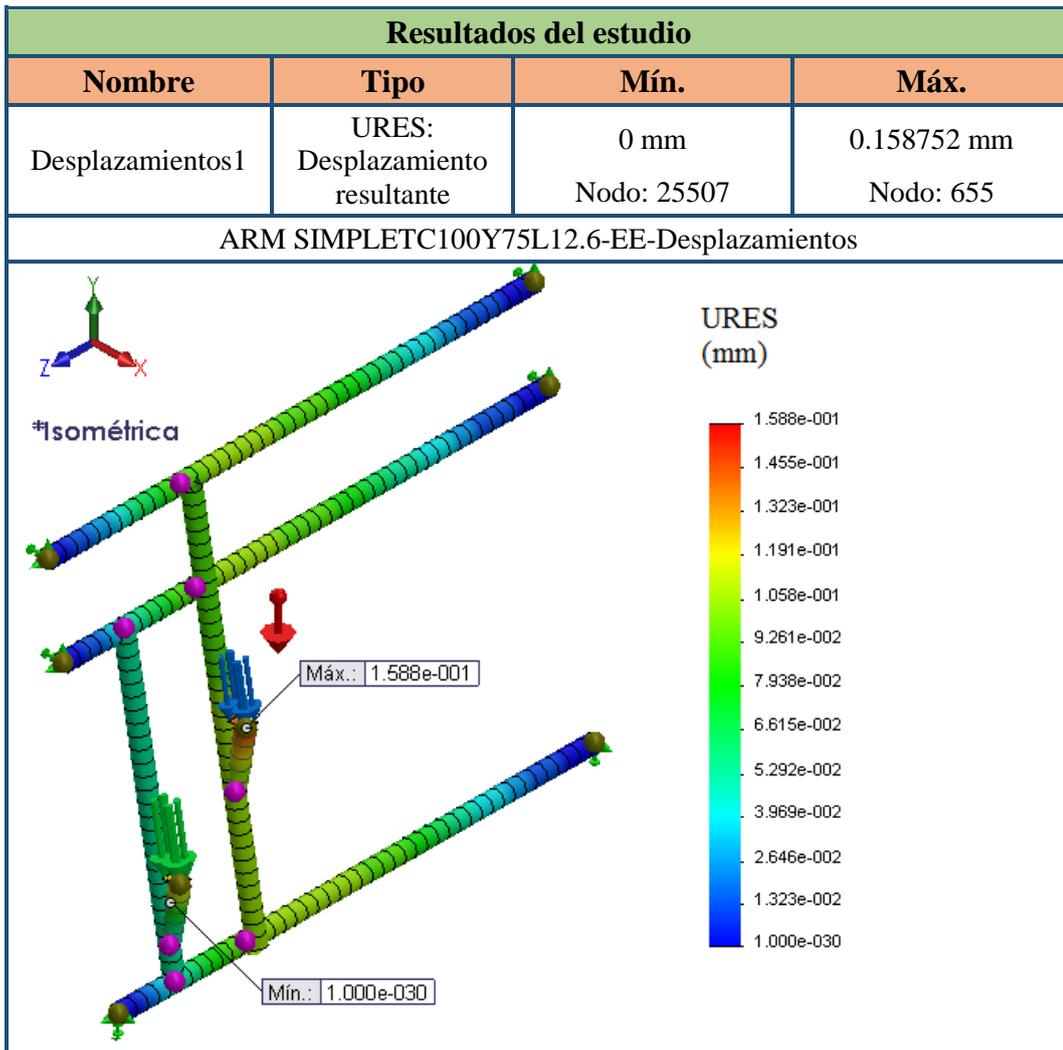
Autor: Fernando Guerra

Tabla 58. Tensión de Von Mises



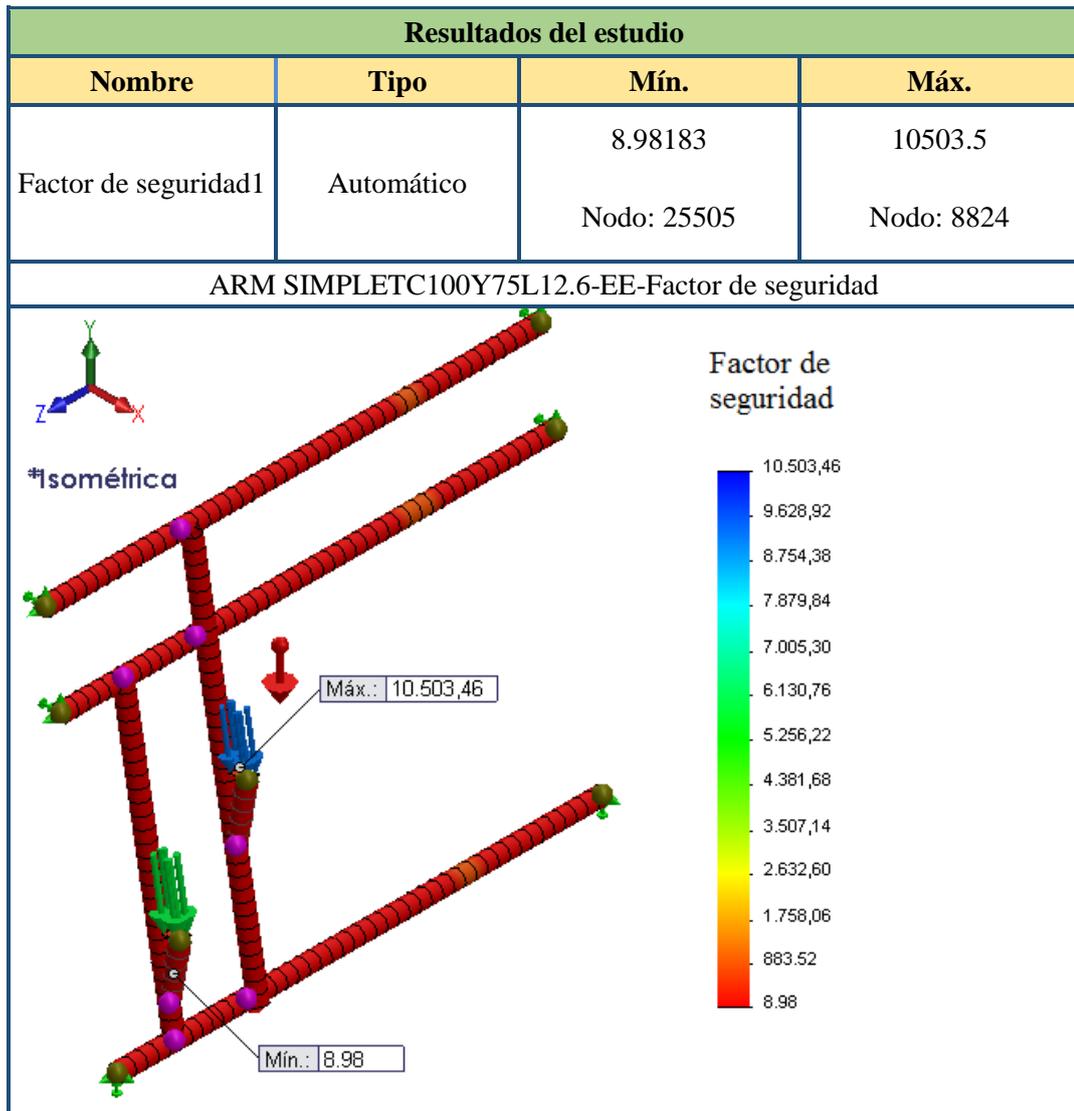
Autor: Fernando Guerra

Tabla 59. Deflexión máxima, desplazamientos resultantes



Autor: Fernando Guerra

Tabla 60. Factor de seguridad de diseño mínimo



Autor: Fernando Guerra

## Diseño del pórtico o bastidor principal tipo A

### Diseño FEM

Para el estudio del pórtico se necesitan las cargas y momentos presentes en el mismo, por lo que tomamos del análisis de la armadura simple anterior las cargas generadas en un software CAE (Anexo 8), las cuales se presentan a continuación; para el diseño calcularemos con el pórtico tipo A más crítico.

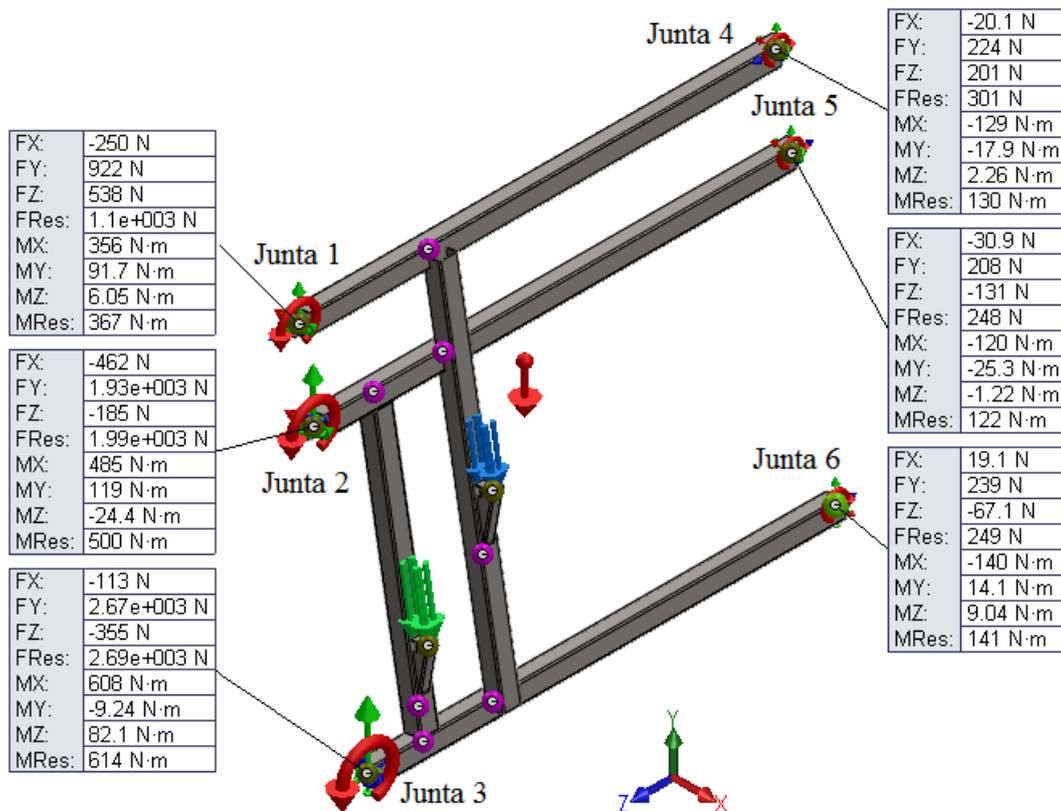


Figura 26. Fuerzas y momentos presentes en la armadura que se transmiten al pórtico

Autor: Fernando Guerra

Como podemos apreciar en la figura 26, donde sufre mayor esfuerzo es hacia el lado izquierdo de la armadura, ya que las fuerzas y momentos son mayores y por esto todas esas cargas serán trasladadas al pórtico tipo A, para realizar el análisis estático mediante FEM.

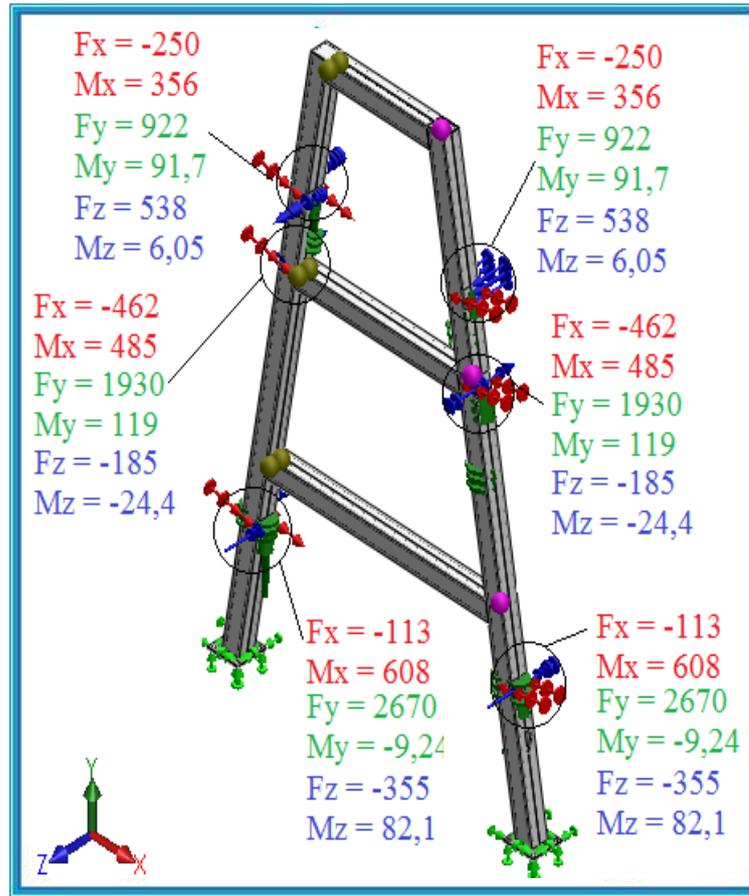


Figura 27. Esquema de fuerzas y sujeciones del estudio de armadura simple

Autor: Fernando Guerra

### SÍMBOLOGÍA

-  Cargas en dirección x
-  Cargas en dirección y
-  Cargas en dirección z
-  Carga de momentos
-  Dirección contraria de la gravedad
-  Sujeción (geometría fija)
-  Consideración del peso de los elementos (dirección gravedad)

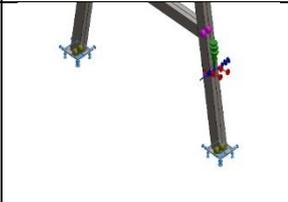
Tabla 61. Propiedades del estudio FEM pórtico A

<b>Nombre de estudio</b>	<b>Estudio Esta Pórtico</b>
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla mixta
<b>Tipo de solver</b>	Direct sparse solver
<b>Opciones de unión rígida incompatibles</b>	Automática
<b>Gran desplazamiento</b>	Desactivo
<b>Calcular fuerzas de cuerpo libre</b>	Activo
<b>Sistema de unidades:</b>	Métrico (MKS)
<b>Presión/Tensión</b>	Pa

Autor: Fernando Guerra

Para observar detalladamente las propiedades del material, tenemos la tabla 50.

Tabla 62. Sujeciones del modelo de análisis

<b>Cargas y sujeciones</b>				
Nombre de sujeción		Imagen de sujeción	Detalles de sujeción	
Fijo-1			<b>Entidades:</b>	<b>2 cara(s)</b>
			<b>Tipo:</b>	<b>Geometría fija</b>
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	$2,751 \times 10^{-4}$	8620,99	$5,952 \times 10^{-3}$	8620.99
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	$1,0075 \times 10^{-33}$

Autor: Fernando Guerra

Tabla 63. Cargas del modelo de análisis

Nombre de carga	Detalles de carga	
Fuerza-1	Valor:	-250, 922, 14 N
Momento-1	Valor:	356, 91,7, 6,05 Nm
Fuerza-2	Valor:	-462, 1930, -185 N
Momento-2	Valor:	485, 119, -24,4 Nm
Fuerza-3	Valor:	-113, 2670, -355 N
Momento-3	Valor:	608, -9,24, 82,1 Nm
Fuerza-4	Valor:	-250, 922, 14 N
Momento-4	Valor:	356, 91,7, 6,05 Nm
Fuerza-5	Valor:	-462, 1930, -185 N
Momento-5	Valor:	485, 119, -24,4 Nm
Fuerza-6	Valor:	-113, 2670, -355 N
Momento-6	Valor:	608, -9,24, 82,1 Nm
Gravedad-1	Valor:	0 0 -9.81

Autor: Fernando Guerra

Tabla 64. Tipo de malla del modelo Armadura simple

Información de malla	
Tipo de malla	Malla mixta
Mallador utilizado:	Malla estándar
Información de malla - Detalles	
Número total de nodos	11845
Número total de elementos	5852
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	0:00:35
	

Autor: Fernando Guerra

Tabla 65. Fuerzas resultantes del modelo Armadura simple

Fuerzas resultantes					
Fuerzas de reacción					
Conjunto selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	$2,76 \times 10^{-4}$	8620.99	$5,96 \times 10^{-3}$	8620.99
Momentos de reacción					
Conjunto selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N·m	0	0	0	$1,0075 \times 10^{-33}$

Autor: Fernando Guerra

Tabla 66. Fuerzas internas, cortantes y momentos flexionantes en los elementos

Nombre de viga	Axial (N)	Cortante1 (N)	Cortante2 (N)	Momento1 (N·m)	Momento2 (N·m)	Torsión (N·m)
Viga-1	-1153.8	-45.014	46.644	-83.116	-21.441	24.473
Viga-2	-15.568	86.312	-50.035	26.442	-17.902	-14.786
Viga-3	-3198	-39.195	46.644	-83.116	-16.936	24.473
Viga-4	96.121	117.2	0.056952	-0.32656	29.07	40.111
Viga-5	82.668	91.438	18.912	-14.599	18.183	-35.121
Viga-6	11.045	122.43	0.079916	-0.3404	32.848	41.065
Viga-7	-1100.8	-52.786	13.77	-89.032	-24.74	-46.979
Viga-8	31.099	94.199	16.891	-13.659	19.371	-35.882
Viga-9	49.038	85.941	-60.477	29.974	17.498	-15.492
Viga-10	-3235.5	-37.159	13.77	-89.032	-15.686	-46.979

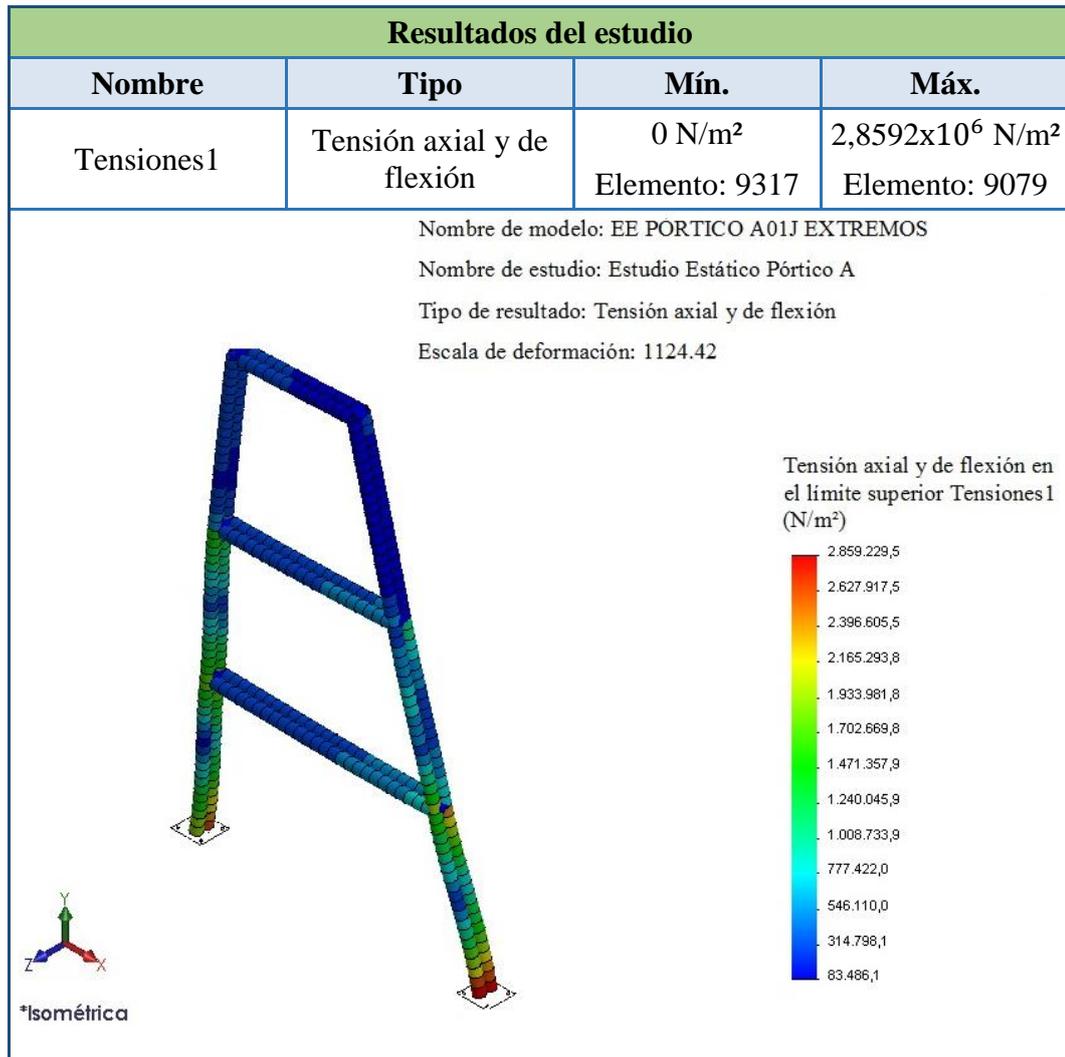
Autor: Fernando Guerra

Tabla 67. Tensiones en vigas, Esfuerzos flexionantes en los elementos

Nombre de viga	Axial (N/ m <sup>2</sup> )	Flexión dir.1 (N/ m <sup>2</sup> )	Flexión dir.2 (N/ m <sup>2</sup> )	Torsional (N/ m <sup>2</sup> )	Peor caso (N/ m <sup>2</sup> )
Viga-2	-9164.6	-2,39E+09	2,95E+09	-3,30E+09	5,25E+09
Viga-3	-1,88E+10	7,52E+08	-2,79E+09	54697	2,86E+10
Viga-4	-56585	-29530	4,79E+09	89646	5,56E+09
Viga-5	-48665	-1,32E+09	2,99E+09	-78495	4,51E+09
Viga-6	-6502	-30782	5,41E+09	91778	5,65E+09
Viga-7	-6,48E+09	8,05E+08	-4,07E+09	-1.05e+005	1,65E+10
Viga-8	-18308	-1,24E+09	3,19E+09	-80194	4,48E+09
Viga-9	-28868	-2,71E+09	2,88E+09	-3,46E+09	5,88E+09
Viga-10	-1,90E+10	8,05E+08	-2,58E+09	-1.05e+005	2,72E+10

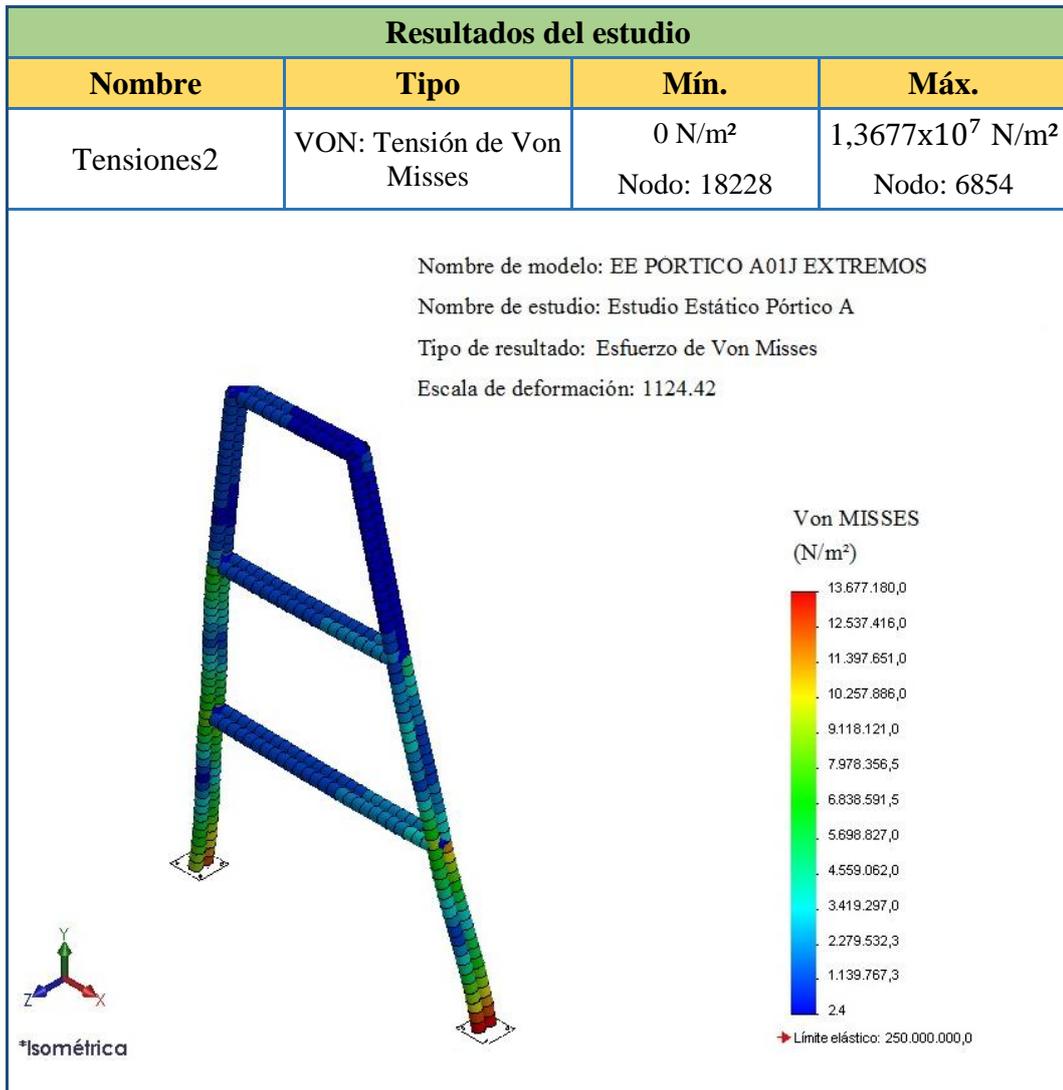
Autor: Fernando Guerra

Tabla 68. Tensión axial y de flexión en el límite superior de los elementos



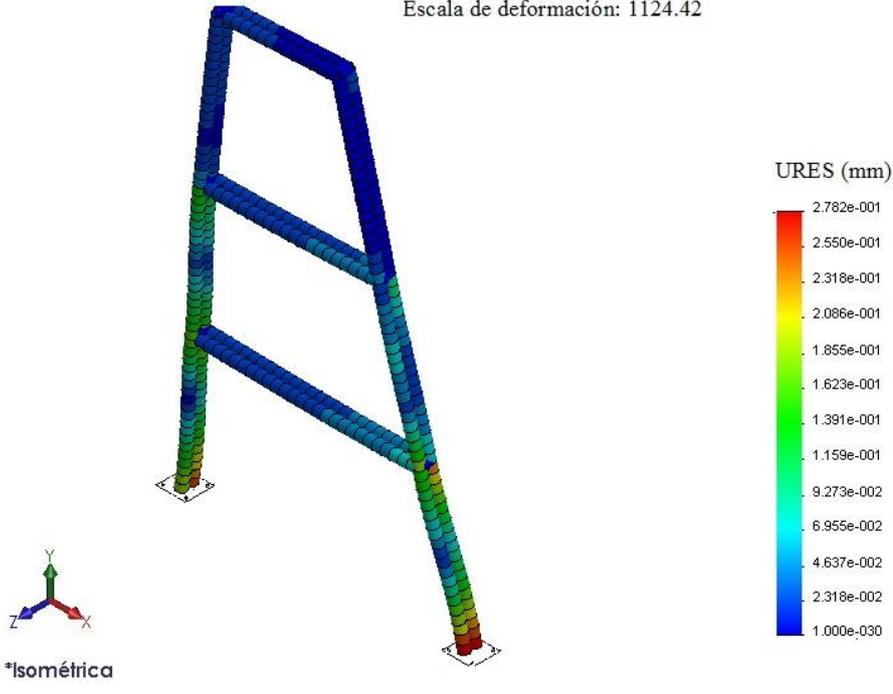
Autor: Fernando Guerra

Tabla 69. Tensión de Von MISSES



Autor: Fernando Guerra

Tabla 70. Deflexión máxima, desplazamientos resultantes

Resultados del estudio			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos 1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 518	0,278196 mm Nodo: 16431
<p>Nombre de modelo: EE PORTICO A01J EXTREMOS                      Nombre de estudio: Estudio Estático Pórtico A                      Tipo de resultado: Desplazamiento estático                      Escala de deformación: 1124.42</p>  <p>URES (mm)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.782e-001</li> <li>2.550e-001</li> <li>2.318e-001</li> <li>2.086e-001</li> <li>1.855e-001</li> <li>1.623e-001</li> <li>1.391e-001</li> <li>1.159e-001</li> <li>9.273e-002</li> <li>6.955e-002</li> <li>4.637e-002</li> <li>2.318e-002</li> <li>1.000e-030</li> </ul> <p>*Isométrica</p>			

Autor: Fernando Guerra

Tabla 71. Factor de seguridad de diseño mínimo

Resultados del estudio			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	18,2786 Nodo: 6854	1,0487x10 <sup>8</sup> Nodo: 11818

Nombre de modelo: EE PÓRTICO A01J EXTREMOS  
 Nombre de estudio: Estudio Estático Pórtico A  
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
 Criterio: Automático  
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 18

FDS

- 104.877.824,00
- 96.138.000,00
- 87.398.184,00
- 78.658.368,00
- 69.918.552,00
- 61.178.740,00
- 52.438.924,00
- 43.699.104,00
- 34.959.288,00
- 26.219.470,00
- 17.479.652,00
- 8.739.835,00
- 18,28

\*Isométrica

Autor: Fernando Guerra

### Diseño de las placas base

Para el diseño de la placa base tomamos la metodología de la parte 11 del manual LRFD, capítulo 7 del Diseño de estructuras de acero Mc Cormack, sección J9 de las Especificaciones, de una placa base sometida únicamente a cargas de compresión.

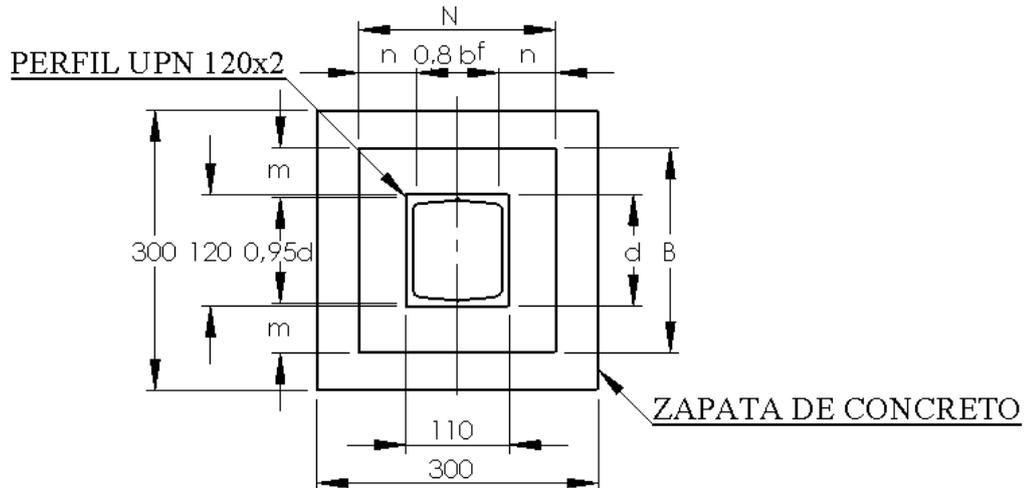


Figura 28. Esquema de dimensionamiento de la placa base

Autor: Fernando Guerra

En la tabla 65, se obtiene la carga máxima de compresión de los pórticos que serán transmitidos directamente a la placa base y a las zapatas de concreto.

$$A_1 = \frac{P_u}{\phi_c(0,85f_c')\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}} \quad \text{Ecuación (20)}$$

Dónde:

$A_1$  = Área de la placa base, pulg<sup>2</sup>

$A_2$  = Área de la zapata de concreto, pulg<sup>2</sup>

$P_u$  = Carga axial de compresión, 8621 N = 1,94 klb

$\phi_c$  = Resistencia por aplastamiento del concreto, 0,6

$f_c'$  = Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, 3 ksi.

Calculamos el área de la zapata de concreto, se establece una sección cuadrada de 300x300 mm, por lo que:

$$A_2 = b \times h = 900 \text{ cm}^2 = 139,5 \text{ pulg}^2$$

Reemplazamos los valores en la ecuación (20), tenemos:

$$A_1 = 0,634 \text{ pulg}^2$$

Revisión: 2 Es el área máxima de la porción de concreto soportante.

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \geq 2 \Rightarrow 14,83 \geq 2$$

La placa base debe ser por lo menos tan grande como la columna,

Refinamiento de cálculo:

$$A_1 = d * b_f \quad \text{Ecuación (21)}$$

$$A_1 = 4,33 \times 4,797 = 20,771 \text{ pulg}^2$$

Se comprueba nuevamente

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \geq 2 \Rightarrow 2,59 \geq 2$$

Se selecciona N y B como dimensiones de la placa base, con las siguientes expresiones:

$$\Delta = 0,5(0,95d - 0,8b_f) \quad \text{Ecuación (22)}$$

Dónde:

El manual LRFD sugiere que los momentos máximos en una placa base ocurren a una distancia entre  $0,95d$  y  $0,8b_f$ .

La siguiente ecuación satisface la condición  $m = n$ .

$$N = \sqrt{A_1} + \Delta \quad \text{Ecuación (23)}$$

$$B = \frac{A_1}{N} \quad \text{Ecuación (24)}$$

Dónde:

$A_1$  = Área de la placa base,  $\text{pulg}^2$

N = Longitud de la placa base, pulg

B = Ancho de la placa base, pulg

Reemplazando valores en la ecuación (22), (23) y (24), tenemos:

$$\Delta = 0,5(0,95(4,797) - 0,8(4,33)) = 0,546 \text{ pulg}$$

$$N = \sqrt{20,771} + 0,546 = 5,1 \text{ pulg}$$

$$B = 4,07 \text{ pulg}$$

Las medidas calculadas satisfacen las ecuaciones teóricas, pero para la configuración propuesta se necesita una placa mayor por lo que las medidas propuestas para el diseño son:

$$B = 8,66 \text{ pulg}$$

$$N = 8,267 \text{ pulg}$$

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} \quad \text{Ecuación (25)}$$

$$n = \frac{B - 0,8b_f}{2} \quad \text{Ecuación (26)}$$

En 1990 W.A. Thornton propuso que el espesor de las placas se determine usando el mayor valor entre m, n, o  $\lambda n'$ , el máximo se expresa  $\iota \text{ máx} (m, n, \text{ o } \lambda n')$

Reemplazando valores en las ecuaciones (25) y (26), tenemos:

$$m = 1,855 \text{ pulg}$$

$$n = 2,598 \text{ pulg}$$

Para determinar  $\lambda n'$  Thornton propone en su ensayo encontrar los siguientes valores con las ecuaciones (27), (28), (29) y (30)

$$X = \frac{4d * b_f}{(d + b_f)^2} \frac{Pu}{\phi_c P_p} \quad \text{Ecuación (27)}$$

$$\lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \quad \text{Ecuación (28)}$$

$$\lambda n' = \frac{\lambda \sqrt{d * b_f}}{4} \quad \text{Ecuación (29)}$$

$$\varphi_c P_p = 0,6x0,85x f_c' x A_1 \quad \text{Ecuación (30)}$$

$$X = 0,01766$$

$$\lambda = 0,1333$$

$$\lambda n' = 0,3858 \text{ pulg}$$

Como se explicó anteriormente se escoge el valor mayor, por tanto:

$$t \text{ máx} (m, n, \lambda n') = 2,598 \text{ pulg}$$

Para encontrar el espesor requerido, se utiliza la siguiente ecuación:

$$t = \sqrt[3]{\frac{2 P_u}{0,9 S_y B N}} \quad \text{Ecuación (31)}$$

Dónde:

t = Espesor de la placa base, pulg

S<sub>y</sub> = Límite de fluencia del material

### SELECCIÓN DE MATERIAL

<b>ACERO ASTM A 36</b>	
Tratamiento:	Laminado en caliente
Resistencia a la tensión:	S <sub>ut</sub> = 400 MPa
Resistencia a la fluencia:	S <sub>y</sub> = 250 MPa

$$t = 0,106 \text{ pulg} = 2,698 \text{ mm}$$

Para el diseño, se cambiara el espesor a un mínimo de 6 mm por considerarse suficiente para el tipo de maquinaria y servicio.

## Diseño de los pernos de anclaje

El análisis para determinar los esfuerzos que actúan sobre cada anclaje y diseñar los pernos depende de la profundidad de empotramiento de los anclajes, del tipo de carga, la rigidez de la placa de fijación y la aplicación.

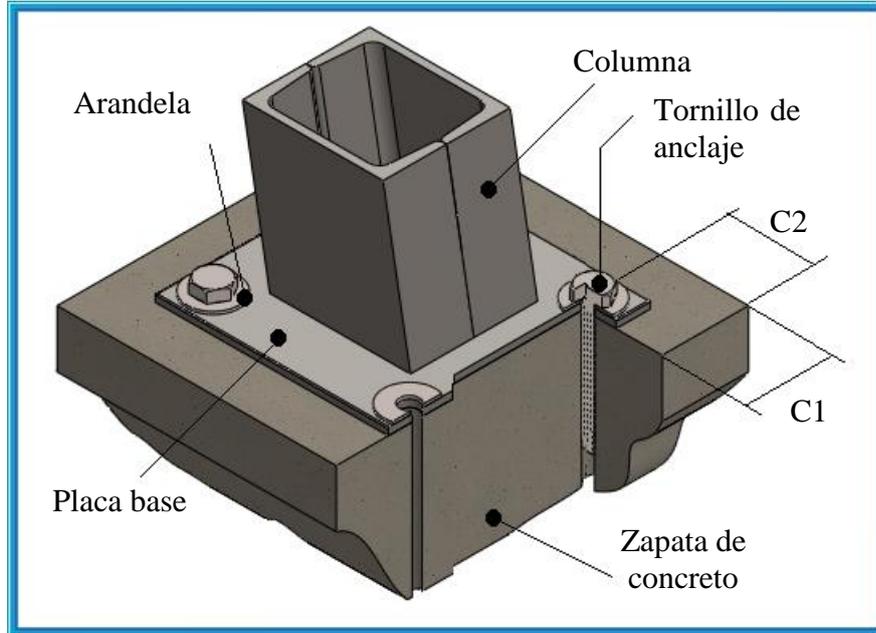


Figura 29. Esquema del sistema de anclaje con tornillos de servicio pesado

Autor: Fernando Guerra

La configuración propuesta en el diseño del JIG de soldadura los anclajes están solicitados a tracción pura, la carga de tracción aplicada se puede suponer uniformemente distribuida entre los anclajes, siempre que la placa ha sido diseñada de manera que no llegue a la fluencia, el método que se utilizara para este diseño es el tradicional ASD.

Una vez diseñados tanto la placa base como el pórtico tipo A se procede a la selección adecuada de los pernos de anclaje

### Datos:

Dimensiones placa base: 220 mm x 210 mm x 6,35 mm

Carga de compresión del Pórtico (columna): 8621 N = 1,94 klb (Tabla 65)

Carga cortante de servicio por viento: 350 lb

Empotramiento mínimo (E): 4 ½ pulgadas

Determinamos la carga de tensión permisible sin influencia en la cara de una pared de concreto de densidad normal con ( $f_c'$  resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, 3 ksi.)

Tensión permisible sin influencia = 2630 lb (Anexo 16)

Calculamos los factores de eficiencia reducida para la distancia al borde:

$$C_{act} = C1 = 65 \text{ mm} = 2,56 \text{ pulg}$$

$$C_{act} = C2 = 70 \text{ mm} = 2,75 \text{ pulg}$$

Del Anexo 17, calculamos el factor de ajuste de carga para anclajes en concreto de densidad normal.

$$f_c C1 = 0,67$$

Del Anexo 18, calculamos el factor de eficiencia reducida para la separación:

$$S_{act} = S1 = 165 \text{ mm} = 6,5 \text{ pulg}$$

$$f_s S1 = 0,854$$

Calcule la carga de tensión permisible por anclaje:

$$T_{per/anclaje} = T_{per \text{ sin influencia}} \times f_c C1 \times f_s S1 \quad \text{Ecuación (32)}$$

Dónde:

$T_{per/anclaje}$  = Tensión permisible por anclaje, lb

$T_{per \text{ sin influencia}}$  = Tensión permisible sin influencia, 2630 lb

$f_c C1$  = Factor de ajuste de carga de tensión, 0,67

$f_s S1$  = Factor de eficiencia reducida para la separación, 0,854

$$T_{per/anclaje} = 2630 \times 0,67 \times 0,854$$

$$T_{\text{per}} = 1504,83 \frac{\text{lb}}{\text{anclaje}}$$

Para un grupo de 4 anclajes, el valor de tensión permisible combinado es:

$$T_{\text{per}} = 1504,83 \frac{\text{lb}}{\text{anclaje}} \times 4 \text{ anclajes} = 6019,33 \text{ lb}$$

$$T_{\text{per}} \geq T_{\text{req}} \quad \text{Ecuación (33)}$$

$$6019,33 \text{ lb} \geq 1940 \text{ lb OK}$$

Usar cuatro anclajes de 5/8 x 5 pulgadas Modelo THD62500H enchapado en Zinc para servicio pesado, de acero ASTM F1554 Grado 36 (Ver Anexo 2), con profundidad de empotramiento  $4 \frac{1}{8}$  pulg. (Ver Anexo 18).

### Selección del mecanismo cola de milano

La selección de las guías cola de milano está basada en la configuración deseada y a normas de construcción de las mismas, a continuación se detallan las dimensiones de las mismas.

Tabla 72. Dimensiones de las guías cola de milano

Guías Cola de milano						
Cola de milano vertical						
Juego 1 ¼"	A	B	E	H	W	L
pulg (mm)	1,882 <b>47,8028</b>	0,547 <b>13,8938</b>	0,625 <b>15,875</b>	1,5 <b>38,1</b>	2,5 <b>63,5</b>	8,66 <b>220</b>
Cola de milano horizontal						
Juego 1 ¼"	A	B	E	H	W	L
pulg (mm)	1,882 <b>47,8028</b>	0,547 <b>13,8938</b>	0,625 <b>15,875</b>	1,5 <b>38,1</b>	2,5 <b>63,5</b>	8,66 <b>220</b>

Autor: Fernando Guerra

**Nota:** Las dimensiones están adaptadas del catálogo Tooling Catalog for Brown & Sharpe Automatics ver Anexo 20.

## Diseño neumático

### Diseño Neumático de los cilindros para posicionamiento de faldón

La carga total que debe soportar el vástago del cilindro, para posicionar incluye el peso de la estructura lateral de la carrocería de mayor peso, el perfil cuadrado estructural de 50x50x3, tubo estructural rectangular de 100x50x3, peso del conjunto guía conformado por cremalleras y piñones y el propio peso del mecanismo de ubicación de los cilindros, este valor ya se lo había calculado anteriormente, (pág 94), Diseño de la armadura soporte de la estructura y sistemas.

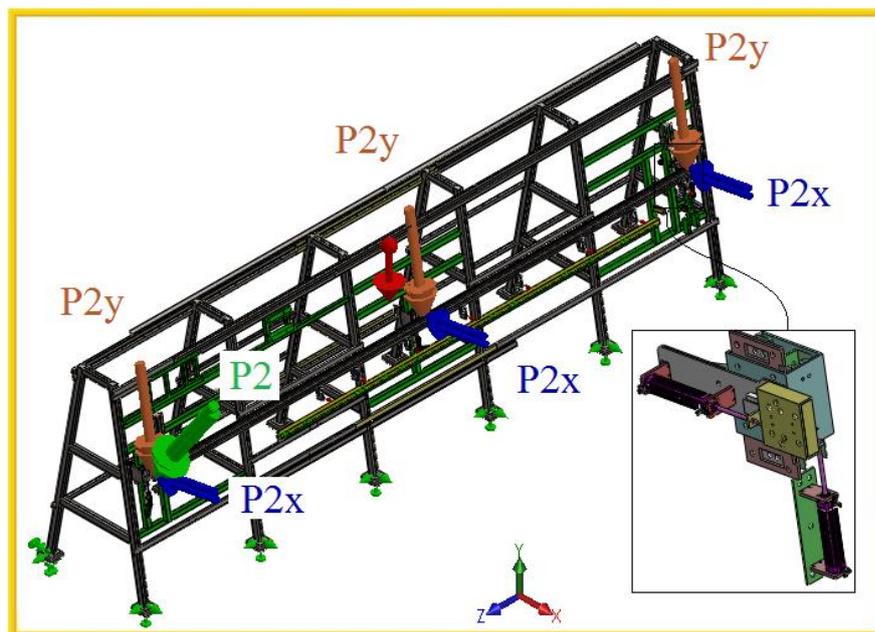


Figura 30. Diagrama de fuerzas presentes en los cilindros

Autor: Fernando Guerra

$$P2 = 113,45 + \frac{475,49}{3} = 271,95 \text{ kg} = 2665,11 \text{ N}$$

#### Carga que soporta el cilindro horizontal:

$$P2_x = P2 * \text{Sen } 10^\circ = 2665,11 * \text{Sen}10^\circ = 462,79 \text{ N} = 47,22 \text{ kg}$$

#### Carga que soporta el cilindro vertical:

$$P2_y = P2 * \text{Cos } 10^\circ = 2665,11 * \text{Cos}10^\circ = 2624,62 \text{ N} = 267,82 \text{ kg}$$

### **Cálculo del diámetro del cilindro neumático vertical**

Para encontrar el diámetro del cilindro neumático se debe asegurar que el área del embolo pueda empujar la carga máxima, debemos saber con qué presión de trabajo se utilizarán los cilindros, en este caso será útil un compresor portátil cuya presión máxima sea de 100 psi y se lo regulará a una carga media de presión de 60 psi aproximadamente para el trabajo.

$$A = \frac{F}{P} \quad \text{Ecuación (34)}$$

Dónde:

A = Área de la sección circular, [m<sup>2</sup>]

F = Fuerza aplicada en el cilindro, 2624,62 N

P = Presión de trabajo, 0,4 MPa = 4 bar = 58,0148 psi

$$A = \frac{2624,62}{400 \times 10^3} = 6,562 \times 10^{-3} \text{m}^2 = 6562 \text{mm}^2$$

De la ecuación del área circular, despejamos el diámetro, así:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad \text{Ecuación (35)}$$

Dónde:

D = Diámetro del cilindro neumático, [m]

$$D = 0,0914 \text{ m} = 91,4 \text{ mm}$$

### **Cálculo del diámetro del cilindro neumático horizontal**

De manera similar, se debe asegurar que el cilindro venza la fuerza horizontal aplicada, con la ecuación (34) y (35) tenemos:

$$A = \frac{462,79}{400 \times 10^3} = 1,156 \times 10^{-3} \text{m}^2 = 1156,98 \text{mm}^2$$

$$D = 0,03838 \text{ m} = 38,38 \text{ mm}$$

## **SELECCIÓN DE LOS CILINDROS NEUMÁTICOS**

De acuerdo al catálogo E-MC (Anexo 21), para la selección del cilindro neumático tenemos como datos, la presión de trabajo, el diámetro del cilindro, para la selección nos aseguraremos que el diámetro del cilindro nominal sea mayor que el diámetro calculado.

### **Cilindro de acción vertical:**

#### **Datos de selección:**

$$P_{\text{trabajo}} = 0,4 \text{ MPa} = 4 \text{ bar} = 58,0148 \text{ psi}$$

$$D_{\text{calculado}} = 91,4 \text{ mm}$$

$$F_{\text{empuje}} = 3141,2 \text{ N}$$

$$F_{\text{tracción}} = 2944,8 \text{ N}$$

Se selecciona un cilindro neumático FVB-100x200-S (cilindro doble efecto ISO Magnético EMC).

### **Cilindro de acción horizontal:**

#### **Datos de selección:**

$$P_{\text{trabajo}} = 0,4 \text{ MPa} = 4 \text{ bar} = 58,0148 \text{ psi}$$

$$D_{\text{calculado}} = 38,38 \text{ mm}$$

$$F_{\text{empuje}} = 502,4 \text{ N}$$

$$F_{\text{tracción}} = 442 \text{ N}$$

Se selecciona un cilindro neumático FVB-040x200-S (cilindro doble efecto ISO Magnético EMC).

### Cálculo del consumo neumático

El consumo de aire de una instalación completa o de un elemento de la misma se calcula referido a condiciones normales, de acuerdo a la ISO R554 son:

Temperatura de 20 °C, presión de 1,013 mbar y una humedad relativa del 65%.

En la carrera de avance el volumen será:

$$V_{av} = \pi R^2 L \quad \text{Ecuación (36)}$$

Dónde:

$V_{av}$  = Volumen del cilindro en el avance, [ m<sup>3</sup>].

R = Radio del émbolo del cilindro, [m].

L = Carrera del pistón, [m].

En la carrera de retroceso el volumen será:

$$V_{re} = \pi(R^2 - r^2)L \quad \text{Ecuación (37)}$$

Dónde:

$V_{re}$  = Volumen del cilindro en el retroceso, [ m<sup>3</sup>].

R = Radio del émbolo del cilindro, [m].

r = Radio del vástago del cilindro, [m].

L = Carrera del pistón, [m].

Cilindro de acción vertical

$$V_{avV} = \pi(0,05)^2 \times 0,2 = 1,571 \times 10^{-3} \text{m}^3 = 1570,8 \text{cm}^3$$

$$V_{reV} = \pi(0,05^2 - 0,0125^2) \times 0,2 = 1,473 \times 10^{-3} \text{m}^3 = 1473 \text{cm}^3$$

Cilindro de acción horizontal

$$V_{avH} = \pi(0,02)^2 \times 0,2 = 2,513 \times 10^{-4} \text{m}^3 = 251,3 \text{cm}^3$$

$$V_{reH} = \pi(0,02^2 - 0,008^2) \times 0,2 = 2,11 \times 10^{-4} \text{m}^3 = 211,1 \text{ cm}^3$$

El volumen total del ciclo de trabajo en el avance será:

$$V_{cilAv} = 3 (V_{avV} + V_{avH}) \quad \text{Ecuación (38)}$$

El volumen total del ciclo de trabajo en el retroceso será:

$$V_{cilRe} = 3 (V_{reV} + V_{reH}) \quad \text{Ecuación (39)}$$

$$V_{cilAv} = 3(1570,8 + 251,3) = 5466,3 \text{ cm}^3$$

$$V_{cilRe} = 3(1473 + 211,1) = 5052,3 \text{ cm}^3$$

Conocido el consumo de aire a una determinada presión de trabajo, se aplicará la ley de Boyle-Mariotte para transformar este volumen a condiciones normales.

$$P_{abs} \times V_{cil} = P_{atm} \times V_{cn} \quad \text{Ecuación (40)}$$

Dónde:

$P_{abs}$  = Presión absoluta, [mbar].

$V_{cil}$  = Volumen total del ciclo de trabajo, [ cm<sup>3</sup>].

$P_{atm}$  = Presión atmosférica, [1,013 mbar].

$V_{cn}$  = Volumen total del ciclo a condiciones normales, [ cm<sup>3</sup>].

$$P_{abs} = P_m + P_{atm} \quad \text{Ecuación (41)}$$

Dónde:

$P_m$  = Presión manométrica, (la que se mide con el manómetro) [mbar].

$$P_{abs1} = 1 + 1,013 = 2 \text{ mbar}$$

$$V_{cnAv} = \frac{2 \times 5466,3}{1,013} = 10792,3 \text{ cm}^3$$

$$P_{abs2} = 1,2 + 1,013 = 2,2 \text{ mbar}$$

$$V_{cnRe} = \frac{2,2 \times 5052,3}{1,013} = 10972,4 \text{ cm}^3$$

$$Q = V_{cn} \times n \quad \text{Ecuación (42)}$$

Dónde:

$Q$  = Consumo de aire, [ $\frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$ ].

$n$  = Número de ciclos de trabajo por minuto, [ $\frac{\text{ciclos}}{\text{min}}$ ].

$$Q_{av} = 10792,3 \times \frac{\text{ciclos}}{10 \text{ seg}} \times \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} = 65834,5 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 65,83 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$Q_{re} = 10972,4 \times \frac{\text{ciclos}}{10 \text{ seg}} \times \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} = 65834,4 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 65,83 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

La velocidad del cilindro se obtiene:

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación (43)}$$

Cilindro de acción vertical (Diámetro = 10 cm)

$$v_{av} = \frac{65834,5}{78,54} = 838,23 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 0,14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{re} = \frac{65834,5}{73,63} = 894,13 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Cilindro de acción horizontal (Diámetro = 40 cm)

$$v_{av} = \frac{65834,5}{12,57} = 5237,43 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 0,87 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{re} = \frac{65834,5}{10,56} = 6234,33 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 1,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Selección válvula distribuidora

La fórmula que permite determinar los factores de capacidad de caudal se deduce del modo siguiente:

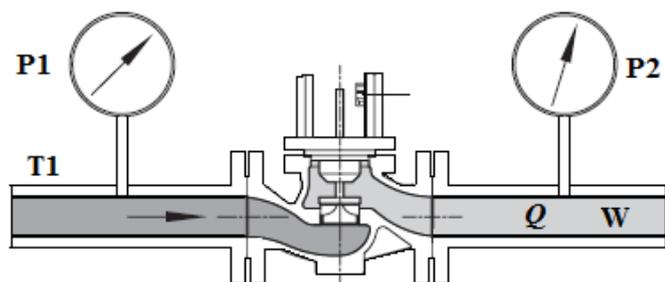


Figura 31. Esquema interno de una válvula neumática distribuidora

Fuente: Guía para el cálculo de válvulas, SAMSON

$$K_v = \frac{Q_n}{328} \sqrt{\frac{G * T_s}{\Delta p (P_1 + P_2)}} \quad \text{Ecuación (44)}$$

Dónde:

$K_v$  = Factor de caudal, [ $m^3/h$ ]

$Q_n$  = Caudal referido a 1 atmósfera y 15° C, [ $m^3/h$ ]

$G$  = Densidad del gas con relación al aire, (aire =1)

$T_s$  = Temperatura, [°K]

$\Delta p$  = Pérdida de carga, [bar]

$P_1$  = Presión en la entrada de la válvula, [bar]

$P_2$  = Presión en la salida de la válvula, [bar]

Cilindro de acción vertical (Diámetro = 10 cm).

En el avance:

$$Q_{av} = \frac{3 (V_{avV})}{5} = \frac{4712,4 \text{ cm}^3}{5} \frac{1}{s} = 3,39 \frac{m^3}{h}$$

Con  $Q_{av} = 3,39 \frac{m^3}{h}$

$$Kv1 = \frac{Q_{av}}{328} \sqrt{\frac{G * T_s}{\Delta p (P_1 + P_2)}} = \frac{3,39}{328} \sqrt{\frac{1 * 288}{0,25(5 + 4,75)}} = 0,131$$

$$Cv = 1,16 * 0,131 = 0,151$$

En el retroceso:

$$Q_{re} = \frac{3 (V_{rev})}{5} = \frac{4419 \text{ cm}^3}{5 \text{ s}} = 3,18 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Kv2 = \frac{3,18}{328} \sqrt{\frac{1 * 288}{0,25(5 + 4,75)}} = 0,11$$

$$Cv = 1,16 * 0,11 = 0,13$$

El Cv a seleccionar será 0,151, si bien raramente coincidirá con el Cv comercial del fabricante, de modo que se elige el tamaño inmediatamente superior de Cv = 1,4 que corresponde a una válvula distribidora 5/3 de 1/4" (Anexo 29).

Cilindro de acción horizontal (Diámetro = 40 cm)

En el avance:

$$Q_{av} = \frac{3 (V_{avH})}{5} = \frac{754 \text{ cm}^3}{5 \text{ s}} = 0,54 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Con  $Q_{av} = 3,39 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

$$Kv1 = \frac{Q_{av}}{328} \sqrt{\frac{G * T_s}{\Delta p (P_1 + P_2)}} = \frac{0,54}{328} \sqrt{\frac{1 * 288}{0,25(5 + 4,75)}} = 0,018$$

$$Cv = 1,16 * 0,018 = 0,02$$

En el retroceso:

$$Q_{re} = \frac{3 (V_{reH})}{5} = \frac{633,3 \text{ cm}^3}{5 \text{ s}} = 0,46 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Kv2 = \frac{0,46}{328} \sqrt{\frac{1 * 288}{0,25(5 + 4,75)}} = 0,015$$

$$Cv = 1,16 * 0,015 = 0,018$$

El Cv a seleccionar será 0,02, si bien raramente coincidirá con el Cv comercial del fabricante, de modo que se elige el tamaño inmediatamente superior de Cv = 1,4 que corresponde a una válvula distribuidora 5/3 de 1/4" (Anexo 29).

### Diseño Neumático de los cilindros para posicionamiento de ventana

La carga total que debe soportar el vástago del cilindro, tanto para elevar y bajar incluye el peso de la estructura lateral de la carrocería de mayor peso, el perfil estructural cuadrado de 50x50x3, tubo rectangular 100x50x3, peso del conjunto guía conformado por cremalleras y piñones y el propio peso del mecanismo de ubicación de los cilindros, este valor ya se lo había calculado anteriormente, (pág 94), Diseño de la armadura soporte de la estructura y sistemas.

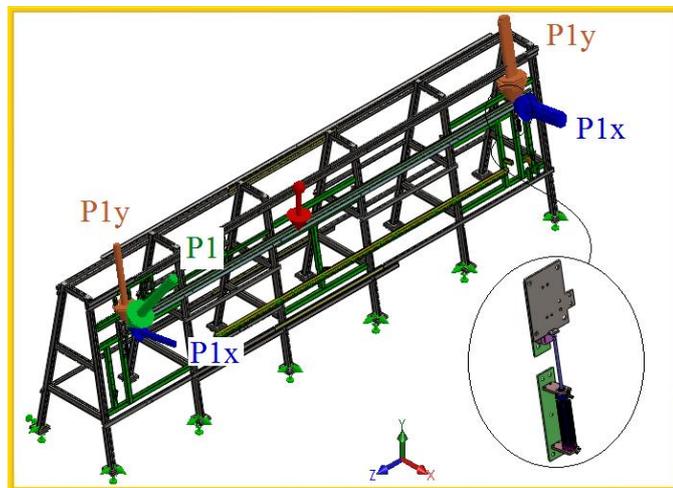


Figura 32. Diagrama de fuerzas presentes en el cilindro

Autor: Fernando Guerra

$$P1 = 111,15 + \frac{240,25}{2} = 231,28 \text{ kg} = 2266,5 \text{ N}$$

### Carga que soporta el cilindro vertical:

$$P1y = P1 * \text{Cos } 10^\circ = 2266,5 * \text{Cos}10^\circ = 2232,07 \text{ N} = 227,76 \text{ kg}$$

El proceso de selección y consumo de los cilindros para posicionamiento del mecanismo de ventana es similar al apartado anterior, por lo que se realizará una tabla de selección de los cilindros neumáticos.

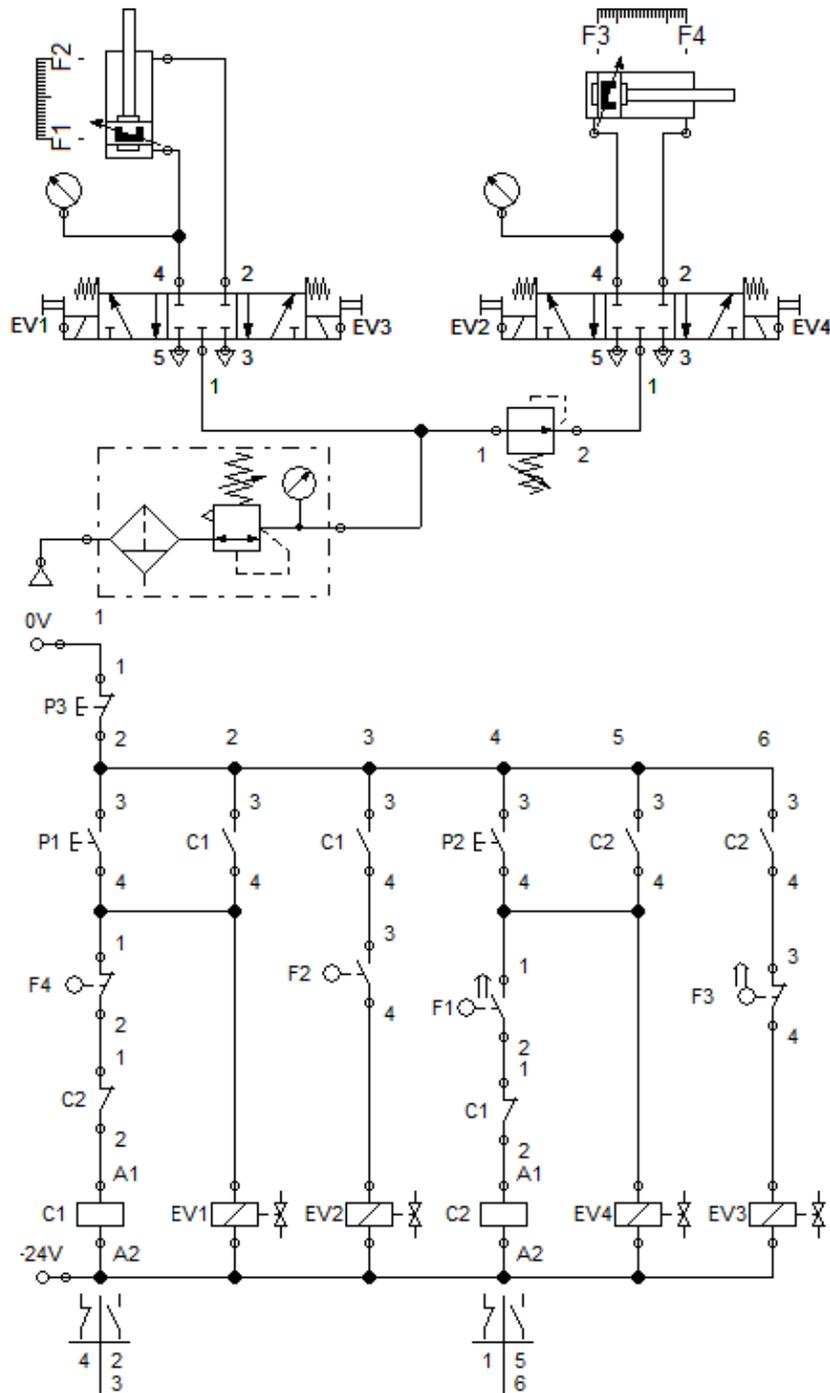
Tabla 73. Selección de los cilindros neumáticos y consumo para posición de ventana

<b>SELECCIÓN DEL CILINDRO NEUMÁTICO VERTICAL</b>	
<b>DATOS</b>	
<b>Condición de funcionamiento</b>	
Ángulo de montaje	80°
Fuerza aplicada al cilindro	2266,5 N
Fuerza aplicada al cilindro en dirección y	2232,07 N
Presión de trabajo	0,4 MPa = 4 bar = 58,0148 psi
Condiciones normales	Temperatura de 20 °C
Presión atmosférica	1,013 mbar
Humedad relativa	65%
<b>SOLUCIÓN</b>	
<b>SELECCIÓN CILINDRO</b>	
Ecuación (34) $A = 5,58E-3 \text{ m}^2 = 5580,18 \text{ mm}^2$	
Ecuación (35) $D = 0,0843 \text{ m} = 84,3 \text{ mm}$	
Selección:	Cilindro neumático FVB-100x200-S
Características:	Cilindro doble efecto ISO Magnético EMC
Fuerza empuje:	3141,2 N
Fuerza de tracción:	2944,8 N
<b>CONSUMO NEUMÁTICO</b>	
Ecuación (36) $V_{avV} = 1,571E-3 \text{ m}^3 = 1570,8 \text{ cm}^3$	
Ecuación (37) $V_{reV} = 1,473E-3 \text{ m}^3 = 1473 \text{ cm}^3$	
Ecuación (38) $V_{cil Av} = 3141,6 \text{ cm}^3$ (solo se multiplica por 2 cilindros)	
Ecuación (39) $V_{cil Re} = 2946 \text{ cm}^3$ (solo se multiplica por 2 cilindros)	
Ecuación (41) $P \text{ abs} = 2 \text{ m bar}$	
Ecuación (40) $V_{cn Av} = 6202,57 \text{ cm}^3$	
Ecuación (40) $V_{cn Re} = 5720,39 \text{ cm}^3$	
Ecuación (42) $Q_{Av} = 37215,42 \text{ cm}^3/\text{min} = 37,22 \text{ l/min}$	
Ecuación (42) $Q_{Re} = 34322,34 \text{ cm}^3/\text{min} = 34,32 \text{ l/min}$	

Autor: Fernando Guerra

### **Diseño del circuito neumático controlado eléctricamente**

En el circuito neumático se debe controlar que los cilindros funcionen secuencialmente, es decir primero deberá cumplir la carrera el cilindro posicionado verticalmente y luego el cilindro horizontal. También se controlará que los cilindros efectúen una carrera programada mediante finales de carrera eléctricos, el circuito tendrá una unidad de mantenimiento para poder regular la presión de trabajo y que los cilindros trabajen sin exceso de carga (ver Anexo 22).



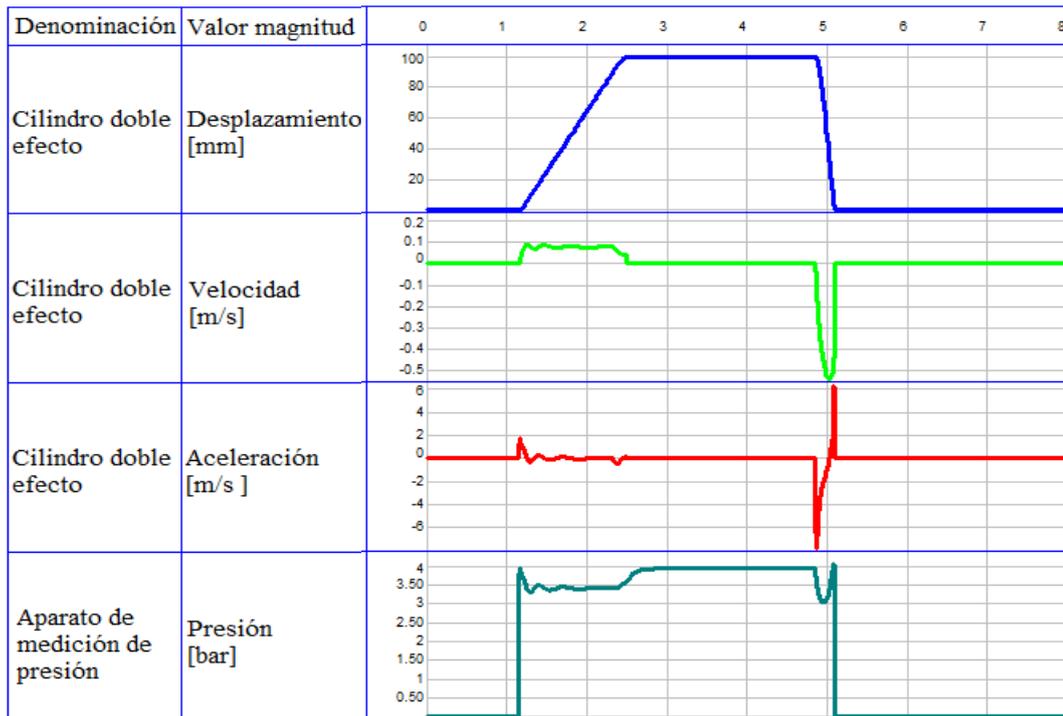
**SIMBOLOGÍA**

- P1 = Pulso de salida del circuito
- P2 = Pulso de retorno del circuito
- P3 = Parada de emergencia
- F= Finales de carrera
- C = Contactores
- EV = Electroválvulas

Figura 33. Circuito neumático y de control eléctrico secuencial, posición de faldón

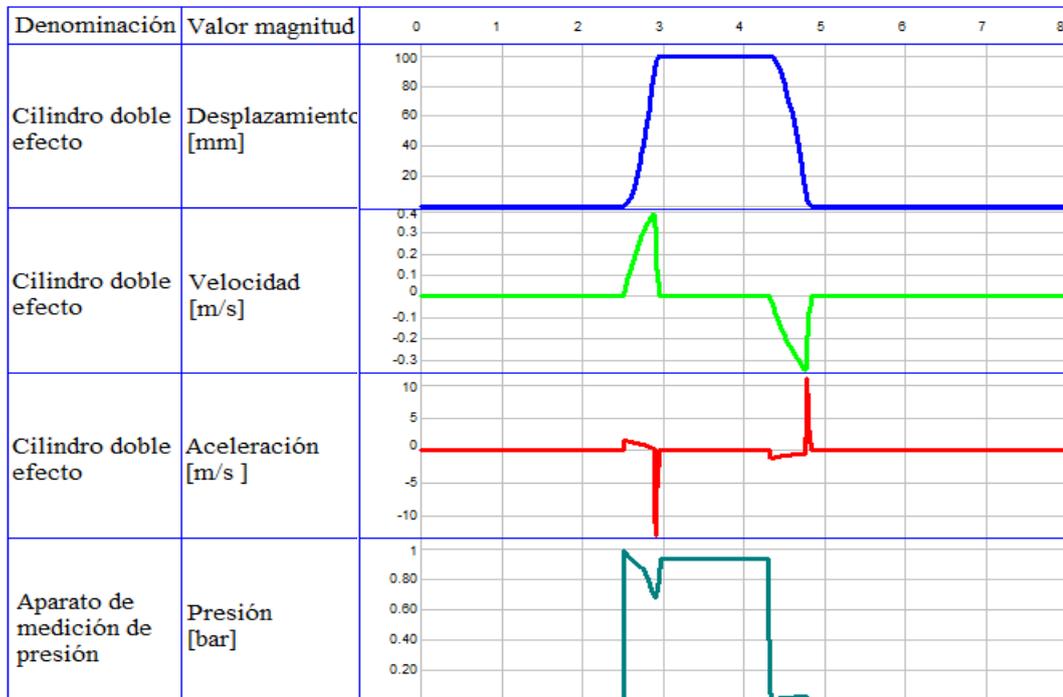
Autor: Fernando Guerra

Gráfico 1. Diagrama de estado de acción vertical del cilindro para faldón



Autor: Fernando Guerra

Gráfico 2. Diagrama de estado de acción horizontal del cilindro para faldón



Autor: Fernando Guerra

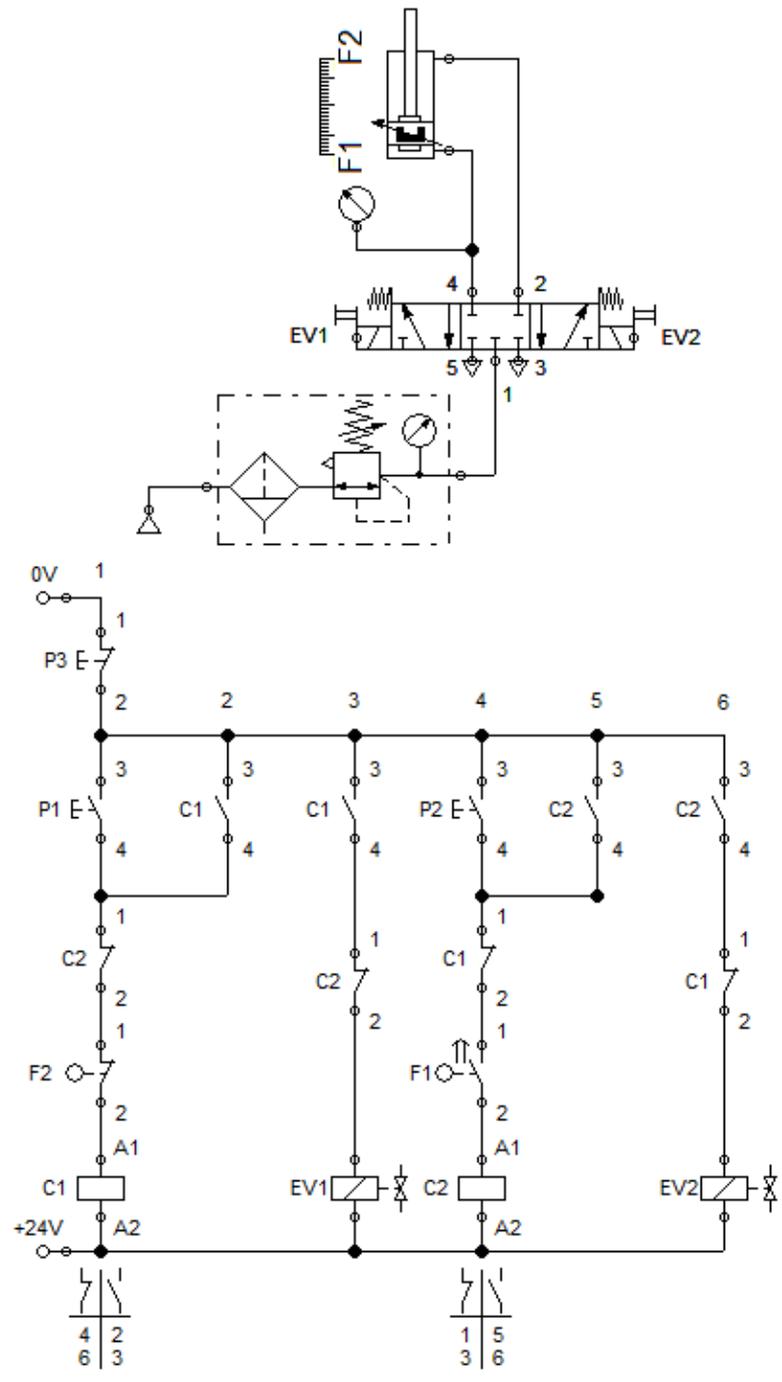
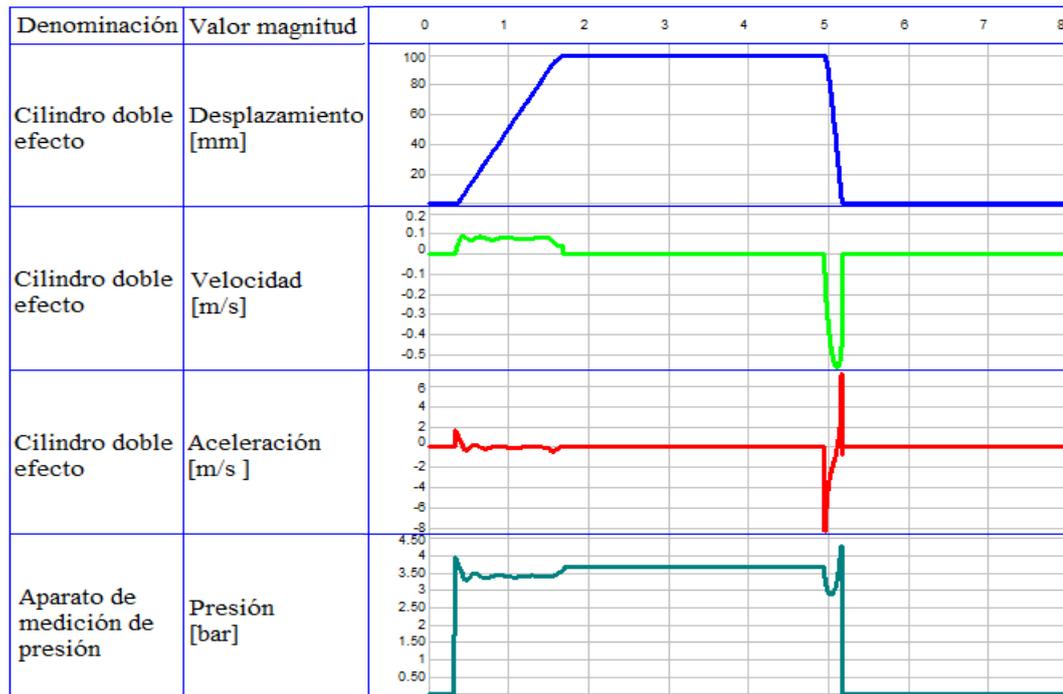


Figura 34. Circuito neumático y de control eléctrico secuencial, posición de ventana  
 Autor: Fernando Guerra

Gráfico 3. Diagrama de estado de acción vertical del cilindro para ventana



Autor: Fernando Guerra

#### 4.1.3. Estudio de tiempos en el proceso de construcción de estructuras laterales

Este estudio se realiza con el fin de obtener información de los procesos productivos que se realizan para la construcción de las estructuras laterales, ya que es muy importante para determinar los costos de fabricación de dichos productos, gracias a este estudio se puede determinar falencias en los actuales métodos utilizados para la producción, con el único objetivo de eliminar las causas que provocan estas fallas. Desde las tablas 74 a 85 presenta el estudio de tiempos con diagramas de proceso actual y propuesto para la construcción de estructuras laterales de urbano (QUANTUM) e interprovincial (INFINITY).

Tabla 74. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Quantum-Urbano

		Diagrama Operacional del Proceso	N°01/01	Hoja:	1/1
Sujeto del diagrama:		CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA LATERAL			
Fecha:		11/05/2015			
Modelo de carrocería:		QUANTUM	Orden de producción:		C417
Modelo chasis:	MZ 1721 Mercedes	Actividad	Actual	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operario/s: Carlos Naranjo	Operación 	12			
	Transporte 	4			
	Demora 	0			
Analistas: Fernando Guerra El diagrama empieza con el transporte de tubos de acero de almacenaje y termina con el almacenaje del Lateral	Inspección 	2			
	Almacenaje 	3		32,26h	
	Tiempo (min)			1646,83	-
	Distancia (m)			-	28,39
Símbolo	Descripción de la actividad			Tiempo (min)	Distancia (m)
	Transportar tubería de acero galvanizado a tronzadora			9,35	4,36
	Cortar tubos según medidas especificadas en plano en tronzadora			97,12	
	Transportar tubos cortados a la matriz para barolado			6,23	2,15
	Barolar tubos en la matriz 1			55,00	
	Transportar tubos barolados a parte superior de JIG junto tronzadora			5,00	4,43
	Barolar nuevamente los tubos en otra matriz junto a tronzadora			35,00	
	Transportar tubos barola parte superior del JIG junto a matriz barolar			8,22	17,45
	Armar puntales lateral izquierdo			168,00	
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			3,56	
	Armar tubos según plano cabina curvas, soldado larguero para faldón			330,00	
	Cortar en tronzadora de los tubos para tejer estructura			28,00	
	Tejer estructura lateral izquierdo			210,00	
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			70,35	
	Almacenar lateral izquierdo, apoyado sobre la pared a costado del JIG			10,00	
	Armar larguero para el techo y puntales principales lateral derecho			195,00	
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			5,00	
	Armar puntales de la estructura según medidas de planos			46,00	
	Tejer estructura lateral derecho			215,00	
	Atornillar ángulo al larguero del faldón			33,00	
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			107,00	
	Almacenar lateral derecho, apoyado sobre la pared a costado del JIG			10,00	

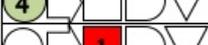
Fuente: MIRAL AUTOBUSES, Sector diseño estructural

Tabla 75. Diagrama de operaciones para construir Arriostre de laterales Quantum-Urbano

	<b>Diagrama Operacional del Proceso</b>		N°02/02	Hoja:	1/1
	<b>Sujeto del diagrama:</b>		CONSTRUCCIÓN ARRIOSTRE LATERAL		
	<b>Fecha:</b>	13/05/2015			
<b>Modelo de carrocería:</b>	QUANTUM	<b>Orden de producción:</b>	C417		
<b>Modelo chasis:</b>	MZ 1721 Mercedes	<b>Actividad</b>	<b>Actual</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Distancia (m)</b>
<b>Operario/s:</b>		Operación	9		
Carlos Naranjo		Transporte	4		
		Demora	0		
<b>Analistas:</b>	Fernando Guerra	Inspección	0		
El diagrama empieza con el almacenamiento de materiales cortados y termina con el recubrimiento de pintura de protección		Almacenaje	1	18,88 h	
		Tiempo (min)		1132,71	-
		Distancia (m)		-	0,00
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción de la actividad</b>			<b>Tiempo (min)</b>	<b>Distancia (m)</b>
	Almacenamiento de materiales cortados				
	Transportar tubos galvanizados para el arriostre a la tronzadora			5,00	
	Cortar tubos para completar el faldón del lateral, y el filo para forrado			35,00	
	Alinear y corregir la superficie de cada lado de los laterales			269,00	
	Soldar los tubos del arriostre			92,30	
	Transportar perfil U de 50x25x2mm a tronzadora y cortar medida			5,00	
	Cortar los perfiles para los guardafangos			9,58	
	Transportar las U a matriz de barolado de tubos junto a JIG laterales			1,12	
	Barolar los perfiles U para guardafangos según molde			100,00	
	Transportar los perfiles a mesa junto a carrocería			0,45	
	Barolar nuevamente utilizando plantillas			88,00	
	Colocar, puntear y soldar los guardafangos para cada llanta			233,17	
	Resoldar arriostre, refuerzos, y guardafangos			278,76	
	Recubrir con pintura las uniones del perfil U y todos los gurdafangos			15,33	

Fuente: MIRAL AUTOBUSES, Sector diseño estructural

Tabla 76. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Interprovincial

 <b>Diagrama Operacional del Proceso</b>		N°02/01	Hoja:	1/1
<b>Sujeto del diagrama:</b>		CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA LATERAL		
<b>Fecha:</b>		05/06/2015		
<b>Modelo de carrocería:</b>	INFINITY	<b>Orden de producción:</b>		C417
<b>Modelo chasis:</b>	MZ 1721 Mercedes	<b>Actividad</b>	<b>Actual</b>	<b>Tiempo (min)</b>
<b>Operario/s:</b>				<b>Distancia (m)</b>
Carlos Naranjo	Operación 	14		
	Transporte 	4		
	Demora 	0		
<b>Analistas:</b>	Fernando Guerra	Inspección 	2	
El diagrama empieza con el transporte de tubos de acero de almacenaje y termina con el almacenaje del Lateral	Almacenaje 	2	32,26 h	
	Tiempo (min)		1955,36	-
	Distancia (m)		-	28,31
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción de la actividad</b>		<b>Tiempo (min)</b>	<b>Distancia (m)</b>
	Transportar tubería de acero de almacenaje a tronzadora		0,88	3,58
	Cortar tubos según medidas especificadas en plano en tronzadora		120,00	
	Transportar tubos cortados a la matriz para barolado 1		1,66	1,45
	Barolar tubos en la matriz 1		43,00	
	Transportar tubos barolados a dobladora de arcos de los tubos		2,82	3,87
	Barolar nuevamente los tubos en otra matriz junto a tronzadora		77,00	
	Transportar tubos barolados al JIG laterales		12,00	19,41
	Armar puntales lateral izquierdo		81,00	
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre		4,00	
	Armar tubos plano para cabina curvas, soldado larguero para faldón		538,00	
	Tejer estructura lateral izquierdo		35,00	
	Atornillar ángulo al larguero del faldón		42,00	
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas		171,00	
	Almacenar lateral izquierdo, apoyado a costado de pared zona almacenaje		10,00	
	Armar larguero para el techo y puntales principales lateral derecho		32,00	
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre		5,00	
	Armar puntales de la estructura según medidas de planos		182,00	
	Armar curvas y contra curvas de la estructura cabina		298,00	
	Tejer estructura lateral derecho		97,00	
	Atornillar ángulo al larguero del faldón		33,00	
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas		160,00	
	Almacenar lateral izquierdo, apoyado a costado de pared zona almacenaje		10,00	

Autor: Fernando Guerra

Tabla 77. Diagrama de operaciones para construir Arriostre de laterales Interprovincial

 <b>Diagrama Operacional del Proceso</b>		N°02/02	Hoja:	1/1
<b>Sujeto del diagrama:</b>		CONSTRUCCIÓN ARRIOSTRE LATERAL		
<b>Fecha:</b>		08/06/2015		
<b>Modelo de carrocería:</b>		INFINITY	<b>Orden de producción:</b>	
<b>Modelo chasis:</b>		MZ 1721 Mercedes	Actual	C417
<b>Operario/s:</b>		Actividad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Carlos Naranjo		Operación 	11	
		Transporte 	4	
		Demora 	0	
<b>Analistas:</b>	Fernando Guerra	Inspección 	0	
El diagrama empieza con el almacenamiento de materiales cortados y termina con el recubrimiento de pintura de protección		Almacenaje 	1	22,98 h
		Tiempo (min)		1379,22
		Distancia (m)		-
Símbolo	Descripción de la actividad		Tiempo (min)	Distancia (m)
	Almacenamiento de materiales cortados		15,00	
	Transportar tubos galvanizados para el arriostre a la tronzadora		5,00	
	Cortar tubos para completar el faldón del lateral, y el filo para forrado		35,00	
	Alinear y corregir la superficie de cada lado de los laterales		269,00	
	Construir los puntales con forma de S		180,00	
	Colocar y soldar tubo cuadrado 20x20x2 bajo faldón		55,00	
	Tejer arriostre de acuerdo a plano		170,00	
	Transportar perfil U de 50x25x2mm a tronzadora y cortar medida		4,67	
	Cortar los perfiles para los guardafangos		11,40	
	Transportar las U a matriz de barolado de tubos junto a JIG laterales		0,85	
	Barolar los perfiles U para guardafangos según molde		95,00	
	Transportar los perfiles a mesa junto a carrocería		0,90	
	Barolar nuevamente utilizando plantillas		76,00	
	Colocar, puntear y soldar los guardafangos para cada llanta		180,00	
	Resoldar arriostre, refuerzos, y guardafangos		265,00	
	Recubrir con pintura las uniones del perfil U y todos los gurdafangos		16,40	

Autor: Fernando Guerra

Tabla 78. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Quantum-Urbano  
(PROPUESTO JIG DE SOLDADURA)

		Diagrama Operacional del Proceso		Nº01/01	Hoja:	1/1
		Sujeto del diagrama:		CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA LATERAL		
		Fecha:	20/06/2015			
Modelo de carrocería:		QUANTUM	Orden de producción:		C417	
Modelo chasis:	MZ 1721 Mercedes	Actividad	Propuesto	Tiempo (min)	Distancia (m)	
Operario/s:		Operación 	12			
Carlos Naranjo		Transporte 	4			
		Demora 	0			
Analistas:	Fernando Guerra	Inspección 	2			
El diagrama empieza con el transporte de tubos de acero de almacenaje y termina con el almacenaje del Lateral		Almacenaje 	3	17,85 h		
		Tiempo (min)		1071,27	-	
		Distancia (m)		-	28,39	
Símbolo	Descripción de la actividad			Tiempo (min)	Distancia (m)	
	Transportar tubería de acero galvanizado a tronzadora			9,35	4,36	
	Cortar tubos según medidas especificadas en plano en tronzadora			97,12		
	Transportar tubos cortados a la matriz para barolado			6,23	2,15	
	Barolar tubos en la matriz 1			55,00		
	Transportar tubos barolados a parte superior de JIG junto tronzadora			5,00	4,43	
	Barolar nuevamente los tubos en otra matriz junto a tronzadora			35,00		
	Transportar tubos barola parte superior del JIG junto a matriz barolar			8,22	17,45	
	Programar JIG de soldadura para modelo URBANO			130,00		
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			3,50		
	Armar tubos según plano cabina curvas, soldado larguero para faldón			120,00		
	Cortar en tronzadora de los tubos para tejer estructura			28,00		
	Tejer estructura lateral izquierdo			70,00		
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			70,35		
	Almacenar lateral izquierdo, apoyado sobre la pared a costado del JIG			10,00		
	Armar larguero para el techo y puntales principales lateral derecho			195,00		
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			3,50		
	Tejer estructura lateral derecho			75,00		
	Atornillar ángulo al larguero del faldón			33,00		
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			107,00		
	Almacenar lateral derecho, apoyado sobre la pared a costado del JIG			10,00		

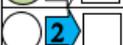
Autor: Fernando Guerra

Tabla 79. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Quantum-Urbano  
(PROPUESTO UNA VEZ PROGRAMADO JIG SOLDADURA)

		Diagrama Operacional del Proceso		N°01/01	Hoja:	1/1
		Sujeto del diagrama:		CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA LATERAL		
		Fecha:	24/06/2015			
Modelo de carrocería:		QUANTUM	Orden de producción:		C417	
Modelo chasis:	MZ 1721 Mercedes	Actividad	Propuesto	Tiempo (min)	Distancia (m)	
Operario/s:		Operación 	11			
Carlos Naranjo		Transporte 	4			
		Demora 	0			
Analistas:	Fernando Guerra	Inspección 	2			
El diagrama empieza con el transporte de tubos de acero de almacenaje y termina con el almacenaje del Lateral		Almacenaje 	2	15,49 h		
		Tiempo (min)		929,27	-	
		Distancia (m)		-	28,39	
Símbolo	Descripción de la actividad			Tiempo (min)	Distancia (m)	
	Transportar tubería de acero galvanizado a tronzadora			9,35	4,36	
	Cortar tubos según medidas especificadas en plano en tronzadora			97,12		
	Transportar tubos cortados a la matriz para barolado			6,23	2,15	
	Barolar tubos en la matriz 1			55,00		
	Transportar tubos barolados a parte superior de JIG junto tronzadora			5,00	4,43	
	Barolar nuevamente los tubos en otra matriz junto a tronzadora			35,00		
	Transportar tubos barola parte superior del JIG junto a matriz barolar			8,22	17,45	
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			3,50		
	Armar tubos según plano cabina curvas, soldado larguero para faldón			120,00		
	Cortar en tronzadora de los tubos para tejer estructura			28,00		
	Tejer estructura lateral izquierdo			65,00		
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			70,35		
	Almacenar lateral izquierdo, apoyado sobre la pared a costado del JIG			10,00		
	Armar larguero para el techo y puntales principales lateral derecho			195,00		
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			3,50		
	Tejer estructura lateral derecho			68,00		
	Atornillar ángulo al larguero del faldón			33,00		
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			107,00		
	Almacenar lateral derecho, apoyado sobre la pared a costado del JIG			10,00		

Autor: Fernando Guerra

Tabla 80. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Infinity-  
Interprovincial (PROPUESTO JIG DE SOLDADURA)

		<b>Diagrama Operacional del Proceso</b>		N°02/01	Hoja:	1/1
<b>Sujeto del diagrama:</b>				CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA LATERAL		
<b>Fecha:</b>		26/06/2015				
<b>Modelo de carrocería:</b>		INFINITY		<b>Orden de producción:</b>		C417
<b>Modelo chasis:</b>	MZ 1721 Mercedes	<b>Actividad</b>	<b>Propuesto</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Distancia (m)</b>	
<b>Operario/s:</b>		Operación 	13			
Carlos Naranjo		Transporte 	4			
		Demora 	0			
<b>Analistas:</b>	Fernando Guerra	Inspección 	2			
El diagrama empieza con el transporte de tubos de acero de almacenaje y termina con el almacenaje del Lateral		Almacenaje 	2	23,27 h		
		Tiempo (min)		1396,11	-	
		Distancia (m)		-	28,31	
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción de la actividad</b>			<b>Tiempo (min)</b>	<b>Distancia (m)</b>	
	Transportar tubería de acero de almacenaje a tronzadora			0,88	3,58	
	Cortar tubos según medidas especificadas en plano en tronzadora			120,00		
	Transportar tubos cortados a la matriz para barolado 1			1,66	1,45	
	Barolar tubos en la matriz 1			43,00		
	Transportar tubos barolados a dobladora de arcos de los tubos			2,82	3,87	
	Barolar nuevamente los tubos en otra matriz junto a tronzadora			77,00		
	Transportar tubos barolados al JIG laterales			12,00	19,41	
	Programar JIG de soldadura según modelo interprovincial			140,00		
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			3,35		
	Armar tubos plano para cabina curvas, soldado larguero para faldón			180,00		
	Tejer estructura lateral izquierdo			55,00		
	Atornillar ángulo al larguero del faldón			42,00		
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			75,00		
	Almacenar lateral izquierdo, apoyado a costado de pared zona almacenaje			10,00		
	Armar larguero para el techo y puntales principales lateral derecho			32,00		
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			3,40		
	Armar curvas y contra curvas de la estructura cabina			298,00		
	Tejer estructura lateral derecho			97,00		
	Atornillar ángulo al larguero del faldón			33,00		
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			160,00		
	Almacenar lateral izquierdo, apoyado a costado de pared zona almacenaje			10,00		

Autor: Fernando Guerra

Tabla 81. Diagrama de operaciones para construir estructuras laterales Infinity- Interprovincial (PROPUESTO UNA VEZ PROGRAMADO EL JIG DE SOLDADURA)

		Diagrama Operacional del Proceso		N°02/01	Hoja:	1/1
		Sujeto del diagrama:		CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA LATERAL		
		Fecha:		28/06/2015		
Modelo de carrocería:		INFINITY		Orden de producción:		C417
Modelo chasis:	MZ 1721 Mercedes	Actividad	Propuesto	Tiempo (min)	Distancia (m)	
Operario/s:		Operación 	12			
Carlos Naranjo		Transporte 	4			
		Demora 	0			
Analistas:	Fernando Guerra	Inspección 	2			
El diagrama empieza con el transporte de tubos de acero de almacenaje y termina con el almacenaje del Lateral		Almacenaje 	2	19,4 h		
		Tiempo (min)		1164,11	-	
		Distancia (m)		-	28,31	
Símbolo	Descripción de la actividad			Tiempo (min)	Distancia (m)	
	Transportar tubería de acero de almacenaje a tronzadora			0,88	3,58	
	Cortar tubos según medidas especificadas en plano en tronzadora			120,00		
	Transportar tubos cortados a la matriz para barolado 1			1,66	1,45	
	Barolar tubos en la matriz 1			43,00		
	Transportar tubos barolados a dobladora de arcos de los tubos			2,82	3,87	
	Barolar nuevamente los tubos en otra matriz junto a tronzadora			77,00		
	Transportar tubos barolados al JIG laterales			12,00	19,41	
	Armar tubos plano para cabina curvas, soldado larguero para faldón			180,00		
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			3,35		
	Tejer estructura lateral izquierdo			55,00		
	Atornillar ángulo al larguero del faldón			42,00		
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			75,00		
	Almacenar lateral izquierdo, apoyado a costado de pared zona almacenaje			10,00		
	Armar larguero para el techo y puntales principales lateral derecho			32,00		
	Comprobar medidas laterales y diagonales de la estructura, encuadre			3,40		
	Armar curvas y contra curvas de la estructura cabina			298,00		
	Tejer estructura lateral derecho			75,00		
	Atornillar ángulo al larguero del faldón			33,00		
	Resoldar estructura del lateral soldado de refuerzos ventanas			90,00		
	Almacenar lateral izquierdo, apoyado a costado de pared zona almacenaje			10,00		

Autor: Fernando Guerra

Tabla 82. Estudio de tiempos de producción para el ensamblaje de estructuras laterales Método tradicional del autobús urbano Quantum

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
TIEMPOS DE PRODUCCIÓN ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS LATERALES MÉTODO TRADICIONAL								
TIPO DE ESTUDIO:	De Campo		ELABORADO POR :		Egdo. Fernando Guerra			
LUGAR:	Planta de Producción MIRAL AUTOBUSES		REVISADO POR :		Ing. Mg. Cristian Pérez			
FECHA:	02/07/2015	TIPO:	URBANO IZQUIERDA		MUESTRAS (LATERALES)		ENSAYO 01	
PIEZA	OPERACIONES		1	2	3	4	5	PROMEDIO
1	PREPARAR MATERIAL		190	185	198,2	195,4	192,4	192,20
2	TRAZADO		185,59	194,3	185,43	183,2	186,34	186,97
3	CORTAR PERFILES		75,07	73,2	78,8	77,8	70,6	75,09
4	ACOMODAR MATERIAL		200,34	195,40	210,34	197,3	205,5	201,78
5	NIVELAR		127,8	125,70	122,9	130,6	127	126,80
6	MEDIR		354,15	360,6	349,7	349,4	355,8	353,93
7	COMPROBAR MEDIDAS		200,71	206,4	204,5	202,4	207,1	163,32
8	ENSAMBLAJE		115,02	119,3	125,6	118,4	117,4	119,14
9	REMATE DE SOLDADURA		177,35	180,45	176,2	175,1	182,54	178,33
10	ALMACENAJE		20	18,5	19,4	21,3	19,7	19,78
<b>TIEMPO PRODUCTIVO POR LATERAL (Minutos)</b>			115,02	119,3	125,6	118,4	117,4	119,144
<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO POR LATERAL (Minutos)</b>			1531	1539,6	1341	1532,5	1547	1498,20
<b>TIEMPO TOTAL POR LATERAL (Minutos)</b>			1646	1658,9	1466,6	1650,9	1664,4	1617,346

Autor: Fernando Guerra

Tabla 83. Estudio de tiempos de producción para el ensamblaje de estructuras laterales Método JIG del autobús urbano-Quantum

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
TIEMPOS DE PRODUCCIÓN ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS LATERALES CON JIG DE SOLDADURA									
TIPO DE ESTUDIO:	De Campo				ELABORADO POR :	Egdo. Fernando Guerra			
LUGAR:	Planta de Producción MIRAL AUTOBUSES			REVISADO POR :	Ing. Mg. Cristian Pérez				
FECHA:	05/07/2015	TIPO:	URBANO IZQUIERDA	MUESTRAS (LATERALES)			ENSAYO 02		
PIEZA	OPERACIONES			1	2	3	4	5	PROMEDIO
1	PREPARAR MATERIAL			187	185	184,3	191,4	184,2	186,38
2	TRAZADO			115,7	118,5	119,3	116,4	120,32	118,04
3	CORTAR PERFILES			75,07	74,4	77,1	80,4	75,1	76,41
4	ACOMODAR MATERIAL			123,9	125,70	119,3	115,5	117,5	120,38
5	NIVELAR			24,8	26,40	28,3	25,9	22,4	25,56
6	MEDIR			123	128	126,3	122,7	131,4	126,28
7	COMPROBAR MEDIDAS			20,45	21,4	20,3	24,4	22,6	21,83
8	ENSAMBLAJE			64,80	60,13	58,56	56,6	53,6	58,74
9	REMATE DE SOLDADURA			173,7	180,45	176,2	175,1	182,54	177,60
10	ALMACENAJE			20,8	18,5	19,4	21,3	19,7	19,94
<b>TIEMPO PRODUCTIVO POR LATERAL (Minutos)</b>				64,8	60,13	58,56	56,6	53,6	58,74
<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO POR LATERAL (Minutos)</b>				864,42	878,35	870,5	873,1	875,76	872,43
<b>TIEMPO TOTAL POR LATERAL (Minutos)</b>				929,22	938,48	929,06	929,7	929,36	931,16

Autor: Fernando Guerra

Tabla 84. Estudio de tiempos de producción para el ensamblaje de estructuras laterales Método tradicional del autobús urbano-Quantum

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 								
<b>TIEMPOS DE PRODUCCIÓN ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS LATERALES MÉTODO TRADICIONAL</b>								
TIPO DE ESTUDIO:	De Campo		ELABORADO POR :		Egdo. Fernando Guerra			
LUGAR:	Planta de Producción MIRAL AUTOBUSES		REVISADO POR :		Ing. Mg. Cristian Pérez			
FECHA:	08/07/2015	TIPO:	INFINITY IZQUIERDA				MUESTRAS (LATERALES)	ENSAYO 03
PIEZA	OPERACIONES		1	2	3	4	5	PROMEDIO
1	PREPARAR MATERIAL		336,26	329,5	338,5	347,5	338,6	338,07
2	TRAZADO		135,48	138,6	137,5	138,5	139	137,82
3	CORTAR PERFILES		220,82	215,3	232,4	235,5	228,5	226,50
4	ACOMODAR MATERIAL		289,45	284,90	285,6	288,4	279,5	285,57
5	NIVELAR		79	75,00	79,3	78,3	72,4	76,80
6	MEDIR		364,5	360,6	349,7	349,4	355,8	356,00
7	COMPROBAR MEDIDAS		107,75	102,3	110,4	120,4	112,4	110,65
8	ENSAMBLAJE		71,10	68,1	76,2	72,4	65,9	70,74
9	REMATE DE SOLDADURA		331	325,6	337,7	335,9	340	334,04
10	ALMACENAJE		20	19,7	18,4	20,7	18,8	19,52
<b>TIEMPO PRODUCTIVO POR LATERAL (Minutos)</b>			71,1	68,1	76,2	72,4	65,9	70,74
<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO POR LATERAL (Minutos)</b>			1884,3	1851,5	1889,5	1578,7	1545	1884,97
<b>TIEMPO TOTAL POR LATERAL (Minutos)</b>			1955,4	1919,6	1965,7	2007,7	1969,7	1955,71

Autor: Fernando Guerra

Tabla 85. Estudio de tiempos de producción para el ensamblaje de estructuras laterales Método JIG del autobús interprovincial-Infinity

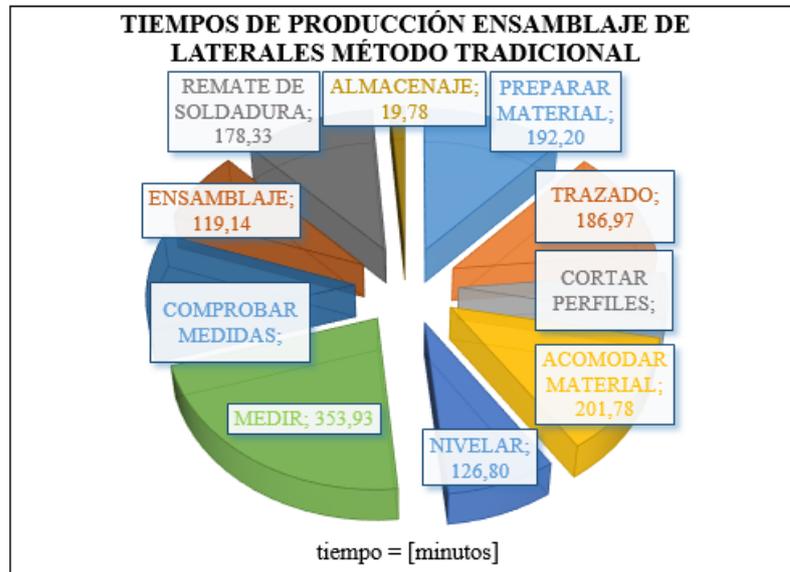
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 								
TIEMPOS DE PRODUCCIÓN ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS LATERALES CON JIG DE SOLDADURA								
TIPO DE ESTUDIO:	De Campo		ELABORADO POR :		Egdo. Fernando Guerra			
LUGAR:	Planta de Producción MIRAL AUTOBUSES		REVISADO POR :		Ing. Mg. Cristian Pérez			
FECHA:	11/07/2015	TIPO:	INFINITY IZQUIERDA		MUESTRAS (LATERALES)		ENSAYO 04	
PIEZA	OPERACIONES		1	2	3	4	5	PROMEDIO
1	PREPARAR MATERIAL		326,4	329,5	326,2	315,8	327,1	325,00
2	TRAZADO		33,6	28,5	37,5	38,5	39	35,42
3	CORTAR PERFILES		217,4	215,3	212,8	215,7	216,5	215,54
4	ACOMODAR MATERIAL		64,56	63,20	58,4	65,1	66,3	63,51
5	NIVELAR		12	14,60	10,8	11,9	15,4	12,94
6	MEDIR		168,5	190,6	154,7	153,4	158,8	165,20
7	COMPROBAR MEDIDAS		15,8	20,4	21,7	20,4	18,5	19,36
8	ENSAMBLAJE		42,68	43,43	41,3	42,87	40,67	42,19
9	REMATE DE SOLDADURA		264,7	255,6	256,7	255,1	258,4	258,10
10	ALMACENAJE		20	19,7	18,4	20,7	18,8	19,52
<b>TIEMPO PRODUCTIVO POR LATERAL (Minutos)</b>			42,68	43,43	41,3	42,87	40,67	42,19
<b>TIEMPO IMPRODUCTIVO POR LATERAL (Minutos)</b>			1123	1137,4	1097,2	841,5	860,4	1114,59
<b>TIEMPO TOTAL POR LATERAL (Minutos)</b>			1165,6	1180,8	1138,5	1160,2	1178,3	1156,78

Autor: Fernando Guerra

## 4.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### URBANO ACTUAL

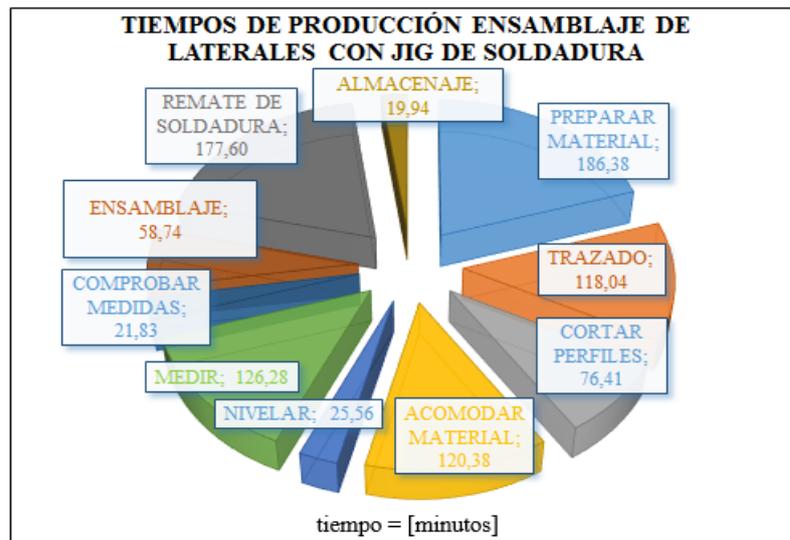
Gráfico 4. Tiempos para el ensamblaje de estructuras laterales Método tradicional del autobús urbano - Quantum



Autor: Fernando Guerra

### URBANO PROPUESTO

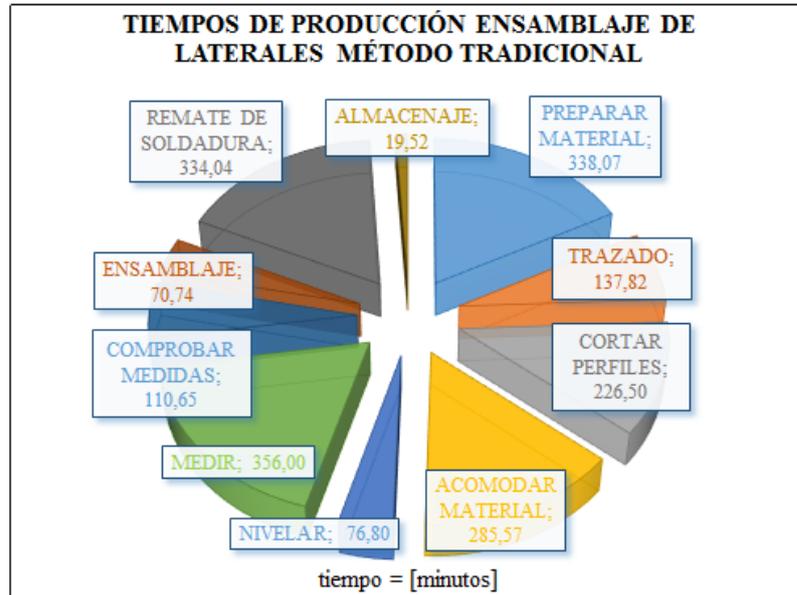
Gráfico 5. Tiempos para el ensamblaje de estructuras laterales Método JIG del autobús urbano - Quantum



Autor: Fernando Guerra

## INTERPROVINCIAL ACTUAL

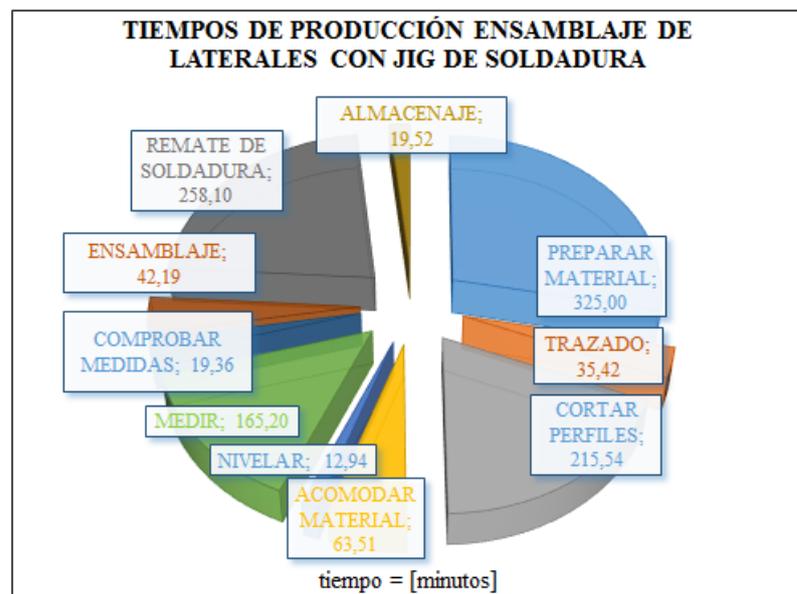
Gráfico 6. Tiempos para el ensamblaje de estructuras laterales Método tradicional del autobús interprovincial – Infinity



Autor: Fernando Guerra

## INTERPROVINCIAL PROPUESTO

Gráfico 7. Tiempos para el ensamblaje de estructuras laterales Método JIG del autobús interprovincial-Infinity



Autor: Fernando Guerra

## DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

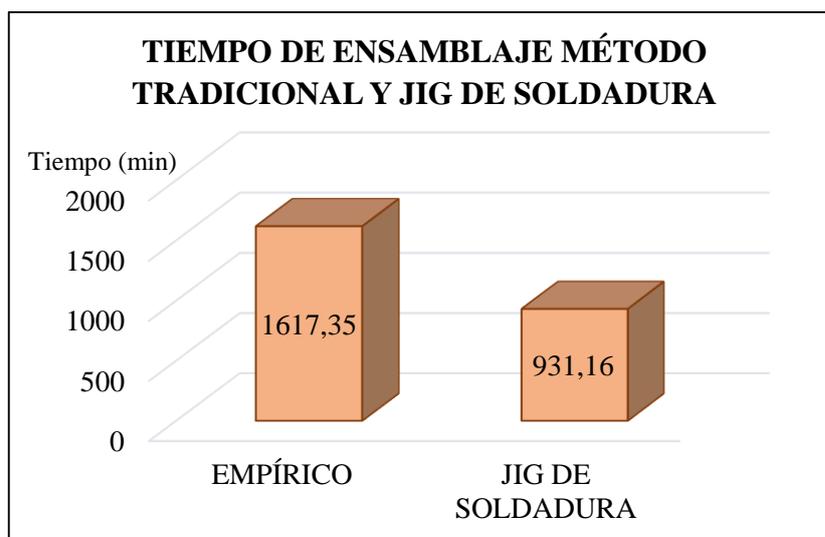
Para la demostración de la hipótesis se realizó un análisis comparativo del tiempo total de ensamblaje de las estructuras laterales, entre el método tradicional y el implementado con el JIG de soldadura.

Tabla 86. Reducción de tiempo total entre el método tradicional y con el JIG de soldadura del autobús urbano - Quantum

MODELO DE AUTOBÚS	QUANTUM		
MÉTODO DE ENSAMBLAJE	TIEMPO DE ENSAMBLAJE (min)	AHORRO (min)	AHORRO (%)
EMPÍRICO	1617,35	0	0
JIG DE SOLDADURA	931,16	686,19	42,4

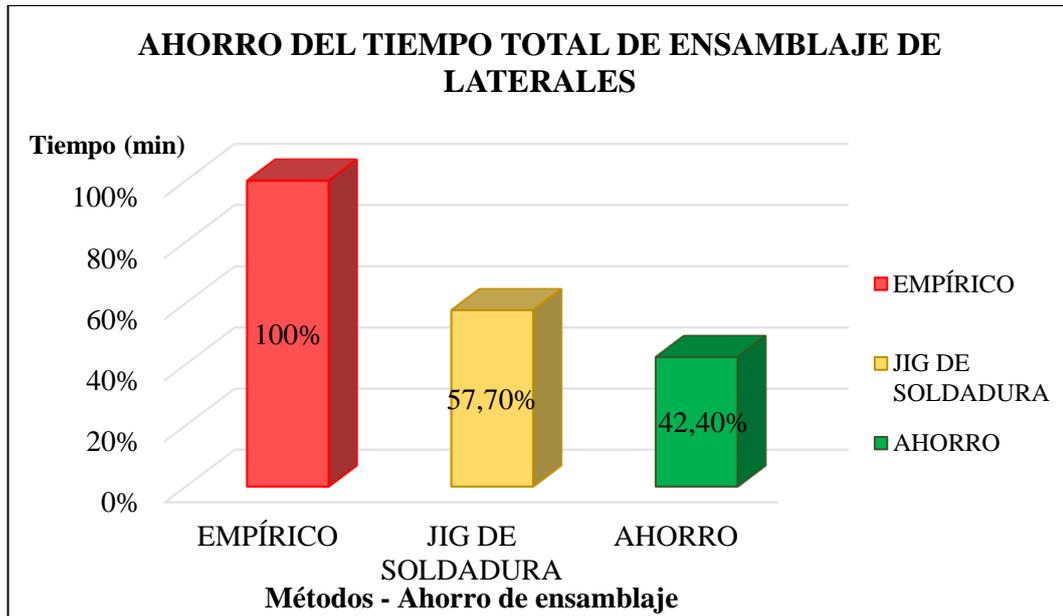
Autor: Fernando Guerra

Gráfico 8. Comparación de tiempos de producción entre el método tradicional y con el JIG de soldadura del autobús urbano - Quantum



Autor: Fernando Guerra

Gráfico 9. Ahorro de tiempos de producción con la implementación del JIG de soldadura del autobús urbano - Quantum



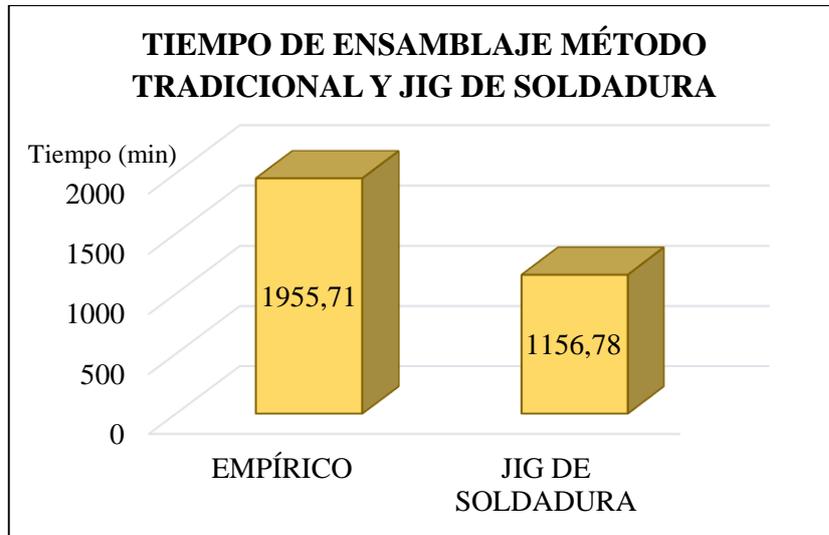
Autor: Fernando Guerra

Tabla 87. Reducción de tiempo total entre el método tradicional y con el JIG de soldadura del autobús interprovincial-Infinity

MODELO DE AUTOBÚS	QUANTUM		
MÉTODO DE ENSAMBLAJE	TIEMPO DE ENSAMBLAJE (min)	AHORRO (min)	AHORRO (%)
EMPÍRICO	1955,71	0	0
JIG DE SOLDADURA	1156,78	798,93	40,9

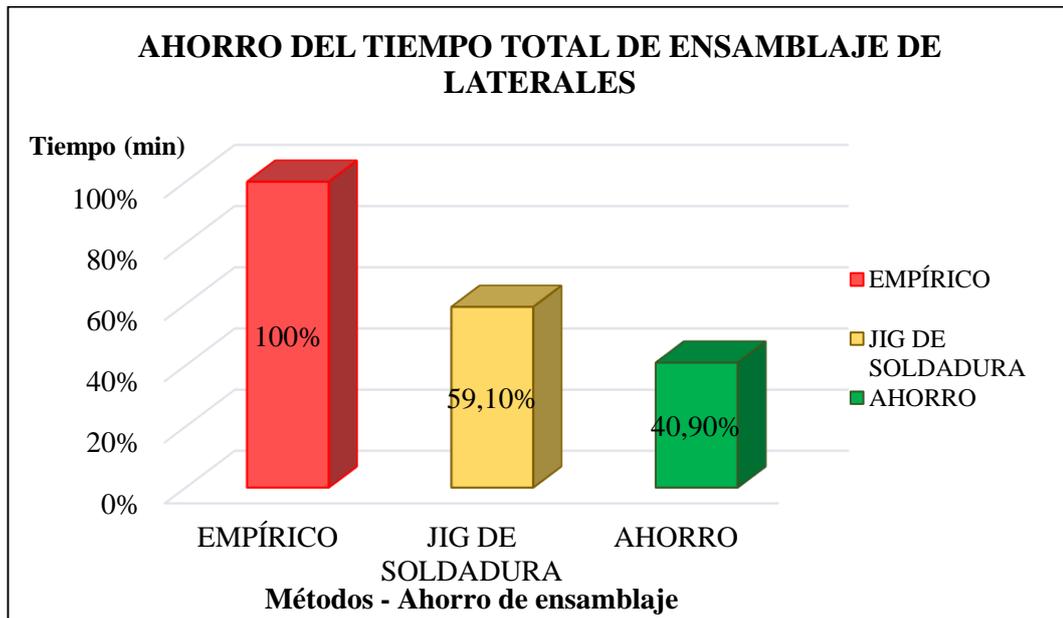
Autor: Fernando Guerra

Gráfico 10. Comparación de tiempos de producción entre el método tradicional y con el JIG de soldadura del autobús interprovincial-Infinity



Autor: Fernando Guerra

Gráfico 11. Ahorro de tiempos de producción con la implementación del JIG de soldadura del autobús interprovincial-Infinity



Autor: Fernando Guerra

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- ✓ El análisis efectuado en el transcurso de la investigación, nos permitió elegir el tipo de dispositivo más eficiente para el ensamblaje de estructuras laterales, como alternativa de solución se estudiaron todos los sistemas que intervienen en el mismo.
  
- ✓ El proceso de fabricación y ensamblaje de estructuras laterales es muy complejo, se analizó los tiempos productivos e improductivos al momento de efectuar el proceso, y se vieron todos los errores y aciertos que tiene el proceso actual por lo que se aprovechan los mismos.
  
- ✓ El diseño mecánico del JIG de soldadura es el resultado de todo el estudio, se implementaron los más idóneos y eficaces sistemas para la solución de cada problema que tiene el ensamblaje en particular.
  
- ✓ El ahorro obtenido en el tiempo de fabricación con el uso del JIG de soldadura como dispositivo de ensamblaje de las estructuras laterales del autobús modelo urbano – Quantum es del 42,4%.
  
- ✓ El ahorro obtenido en el tiempo de fabricación con el uso del JIG de soldadura como dispositivo de ensamblaje de las estructuras laterales del autobús modelo interprovincial – Infinity es del 40,9%.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

En el diseño de un JIG de soldadura nuevo y sin antecedentes es necesario hacer pruebas de funcionamiento, en los sistemas críticos y evaluar cual sistema brindó mejores resultados.

Para obtener mejores resultados en el ensamblaje del lateral se recomienda planificar adecuadamente una producción en serie del producto, para que el dispositivo rinda al máximo de su capacidad operativa.

Realizar visitas periódicas a la empresa y al proceso de ensamblaje de las estructuras laterales, evaluar y analizar donde se encuentran los puntos críticos del proceso.

Trabajar complementariamente con el operario, que tiene experiencia empírica del proceso, analizar las ventajas y desventajas de la metodología de ensamblaje.

Evaluar objetivamente el proceso actual y capacitar muy bien al operario de cuáles son los sistemas críticos del JIG de soldadura.

Realizar un mantenimiento preventivo y periódico, enfatizar en la desalineación del dispositivo de ensamblaje.

.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1. DATOS INFORMATIVOS**

##### **6.1.1. Título**

Análisis de fallos en el diseño del dispositivo o JIG de soldadura para el ensamblaje de estructuras laterales en la empresa MIRAL AUTOBUSES.

##### **6.1.2. Institución ejecutora**

Empresa MIRAL AUTOBUSES

##### **6.1.3. Beneficiarios**

Empresa MIRAL AUTOBUSES

##### **6.1.4. Ubicación**

La empresa está ubicada en la provincia de Tungurahua, en la ciudad de Ambato, en la Av. Panamericana Norte km 7 ½ sector El Pisque.

##### **6.1.5. Costo**

El costo del análisis AMFE y matriz de criticidad del dispositivo de ensamblaje para la empresa MIRAL AUTOBUSES es de \$ 363.

#### **6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

El diseño del JIG de soldadura es considerado innovador, desde el punto de vista planteado por el diseñador, por lo que si éste es relativamente nuevo, no existen antecedentes de AMFE realizados para este dispositivo de ensamblaje, sin embargo existen muchas bibliografías acerca de cómo realizar Análisis Modales de fallas y Efectos, por lo que se guiará en base a estos para realizar la propuesta.

En la provincia de Tungurahua se encuentran el mayor número de empresas vinculadas con la construcción de carrocerías de autobuses metálicas, pero sin embargo son muy celosos en cuanto a sus diseños y procesos.

### **6.3. JUSTIFICACIÓN**

En la implementación del JIG de soldadura existieron muchos inconvenientes en cuanto al diseño, por lo que se vieron obligados a mejorar u optimizar todos los sistemas involucrados, garantizando que los mismos fallen lo menos posible, ya que el proceso de ensamblaje de las estructuras laterales se considera como un punto crítico en la producción.

Se realiza un AMFE y matriz de criticidad para garantizar la satisfacción del cliente, en este caso, el cliente es la empresa misma, ya que es la que utiliza directamente el JIG de soldadura en el proceso de ensamblaje, obteniendo todas las ventajas para las cuales se diseñó.

El mantenimiento excesivo y no planificado genera altos costos en la producción directa de la empresa, mediante el AMFE se quiere reducir al máximo estos mantenimientos innecesarios; el diseño del dispositivo de ensamblaje elimina procesos que se realizaban externamente al mismo, y por lo tanto una falla en el diseño, generaría pérdida de tiempo en la planificación de dónde, cómo y con qué nuevos recursos hacer estos procesos eliminados.

La empresa debe contar con información importante acerca del Análisis Modal de Fallos y efectos, tanto del diseño, del JIG, así como del proceso de ensamblaje de las estructuras laterales, aclararemos, que nuestra investigación se limita solo hacia el diseño.

La empresa MIRAL AUTOBUSES es pionera en cuanto a la entrega de vehículos funcionales y no pueden darse el lujo de perder recursos con la parada en marcha del dispositivo de ensamblaje.

## **6.4. OBJETIVOS**

- ✓ Realizar el Análisis Modal de Fallos y Efectos con respecto al diseño del JIG de soldadura para el ensamblaje de estructuras laterales.
- ✓ Realizar el Análisis de criticidad del JIG de soldadura para el ensamblaje de estructuras laterales.
- ✓ Establecer los parámetros críticos de fallo de cada sistema involucrado en el dispositivo de ensamblaje.
- ✓ Satisfacer al cliente (MIRAL AUTOBUSES).
- ✓ Disminuir mantenimientos correctivos en el JIG de soldadura.
- ✓ Garantizar la vida útil de la máquina.

## **6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

### **6.5.1. Factibilidad técnica**

Como se dijo anteriormente existe bibliografía suficiente en cuanto a cómo realizar un AMFE de diseño, así como la matriz de criticidad, la empresa facilita los recursos y la información necesaria, se cuenta con el diseño del JIG de soldadura, por lo que es factible técnicamente.

### **6.5.2. Factibilidad económica**

El AMFE es un trabajo un tanto costoso, ya que se deben incluir varios departamentos que trabajen en conjunto, es recomendable realizarlo en grupos de trabajo, cómo el investigador es quién se responsabiliza de la ejecución del análisis, lo gastos no se ven reflejados en la empresa y es factible desde el punto de vista económico.

## **6.6. FUNDAMENTACIÓN**

### **6.6.1. Requerimientos técnicos del AMFE**

Esta herramienta se utiliza para el análisis a la identificación, evaluación y prevención de fallos o efectos que se puedan presentar en un producto, servicio o proceso.

El AMFE tiene como principal interés el resaltar los puntos críticos a fin de evitarlos o prevenirlos mediante un sistema, de esta forma se minimiza las consecuencias, el mismo que se puede considerar como un procedimiento estricto para detectar defectos potenciales aplicados de manera sistemática. El método como parte fundamental se basa en cuantificar los indicadores de gravedad, frecuencia y detección de un modo de falla, permitiendo a su vez el cálculo de índice de prioridad de riesgo

### **Índice de prioridad de riesgo (IPR)**

Este índice muestra la relación del producto que existe entre la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, estos factores pueden ser expresados como un código numérico adimensional mostrando la prioridad a ser intervenidos, además del orden que se deben presentar las acciones correctoras. Este índice debe generarse para todas las causas de fallo.

$$NPR = D * G * F$$

Dónde:

G: índice de gravedad del fallo

F: índice de frecuencia del fallo

D: índice de detección del fallo

Es de suma importancia determinar en un inicio cuales son los puntos críticos del producto/proceso a analizar.

El índice de prioridad de riesgo se debe calcular para cada causal de fallo. Éste no posee un criterio de clasificación de tal índice. Aunque un IPR menor a 100 no necesitaría atención a no ser que la mejora fuese sencilla de aplicar y aportara a mejorar parámetros de calidad del producto, proceso o trabajo.

### **Gravedad**

Al determinar la importancia del efecto del modo de fallo potencial para el cliente sin ser este el cliente final, se valora los niveles de consecuencias, de esta manera

el valor del índice crece a medida que crece la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación.

En función de la prevención de riesgos laborales, la gravedad toma en cuenta las consecuencias de la materialización del riesgo, asumiendo que es el accidente o daño más probable/habitual.

Tabla 88. Clasificación de la gravedad de la causa de fallo

<b>GRAVEDAD</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>VALOR</b>
<b>Muy baja Repercusiones imperceptibles</b>	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
<b>Baja Repercusiones irrelevantes, apenas perceptibles</b>	El tipo de fallo originaría una ligera molestia al cliente. Existe la posibilidad de que éste sienta un pequeño deterioro del rendimiento del sistema, sin mayor importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
<b>Moderada Defectos de relativa importancia</b>	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
<b>Alta</b>	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
<b>Muy alta</b>	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponden un 10.	9-10

Fuente: Adaptado de tesis: Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para compresores de aire y secadores de la marca “Boge” distribuido por la empresa ecuatoriana industrial Termoval Cia. Ltda. Araujo J y Guanoluisa S. EPN 2011

### **Frecuencia**

Se puede describir como las apariciones con que se presenta una causa potencial de fallo (causa específica) y dé lugar al modo de fallo.

Para esto se realiza una evaluación subjetiva, donde se utiliza datos históricos o estadísticos. Para una empresa es de suma importancia que exista un control estadístico de procesos y así comprobar el valor asignado de frecuencia.

Tabla 89. Clasificación de la frecuencia de la causa de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR	PROBABILIDAD
<b>Muy baja Improbable</b>	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible	1	1/10000
<b>Baja</b>	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3	1/5000 – 1/2000
<b>Moderada</b>	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5	1/1000 – 1/200
<b>Alta</b>	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8	1/100 – 1/50
<b>Muy alta</b>	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10	1/20 – 1/10

Fuente: Adaptado de tesis: Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para compresores de aire y secadores de la marca “Boge” distribuido por la empresa ecuatoriana industrial Termoval Cia. Ltda. Araujo J y Guanoluisa S. EPN 2011

### **Detectabilidad**

Este índice muestra la probabilidad de que la causa o modo de fallo que se presenta sea identificado con anticipación para así evitar posteriores daños, por medio de los controles actuales para dicho proceso, servicio o producto. Se puede decir que es la capacidad para detectar un fallo sin que éste llegue al cliente final. Contrario a los otros índices, mientras menor sea la capacidad de detectar una falla mayor será el índice de detectabilidad y mayor será el índice de riesgo, el mismo que es necesario para priorizar la intervención.

Tabla 90. Clasificación de la detectabilidad de la causa de fallo

DETECCIÓN	CRITERIO	VALOR	PROBABILIDAD
<b>Muy alta</b>	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1	1/10000
<b>Alta</b>	El defecto, aunque es obvio y fácil en la detección de falla, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado a posteriori con toda seguridad.	2-3	1/5000 – 1/2000
<b>Mediana</b>	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de producción.	4-6	1/1000 – 1/200
<b>Pequeña</b>	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8	1/100 – 1/50
<b>Improbable</b>	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10	1/20 – 1/10

Fuente: Adaptado de tesis: Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para compresores de aire y secadores de la marca “Boge” distribuido por la empresa ecuatoriana industrial Ternoval Cia. Ltda. Araujo J y Guanoluisa S. EPN 2011

### 6.6.2. Funcionamiento del JIG de soldadura

Para el correcto funcionamiento del JIG de soldadura se debe tomar en cuenta el siguiente bloque funcional, ya que el dispositivo es programable, para la producción en serie de los diferentes tipos de modelos de los autobuses, primero se debe posicionar el sistema de faldón y asegurarlo en la posición, luego se posicionará el sistema de construcción de ventanas y fijarlo, posteriormente el sistema de posicionamiento guía de parantes, preparar el sistema de posicionamiento del frente de la estructura lateral, preparar el posicionamiento del arriostre, y finalmente dejar en todos los mecanismos y abrazaderas de ajuste (clamps) en una posición no operativa. Una vez posicionados los sistemas del JIG se colocan los perfiles cortados de acuerdo a los planos de construcción y se fijan todos los mecanismos y abrazaderas de ajuste, se procede al ensamblaje de la estructura lateral mediante soldadura, cuando se han rematado los cordones de soldadura se realiza la inspección y se retira la estructura lateral, del dispositivo de ensamblaje, mediante el sistema de desacoplamiento.

### 6.6.3. Diagrama sistemático funcional de los sub sistemas del JIG de soldadura

En los diagramas presentados a continuación se explica brevemente la función operativa, los sub sistemas y las partes constitutivas del JIG de soldadura.

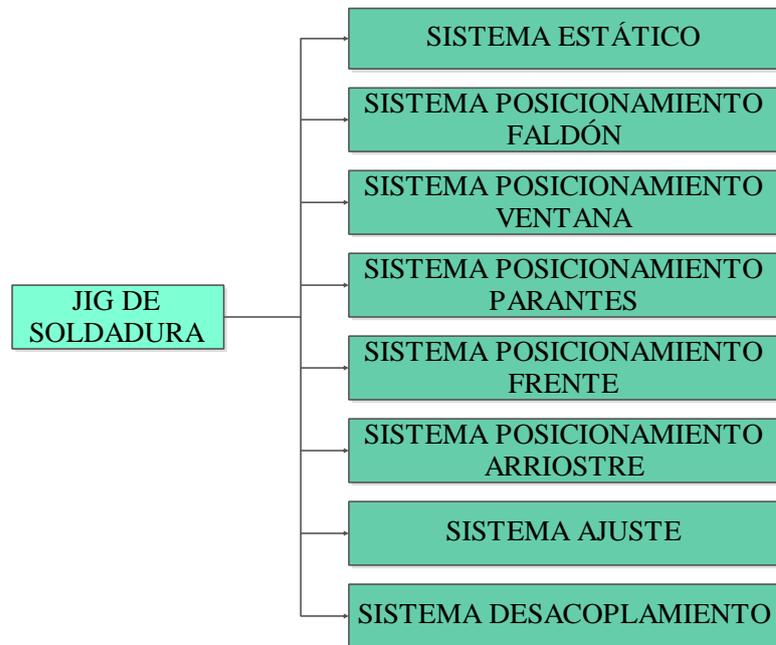


Figura 35. Diagrama sistemático del JIG de soldadura

Autor: Fernando Guerra

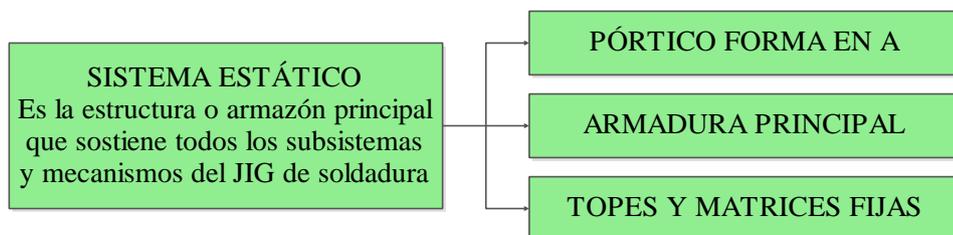


Figura 36. Diagrama sistemático del Sistema Estático

Autor: Fernando Guerra

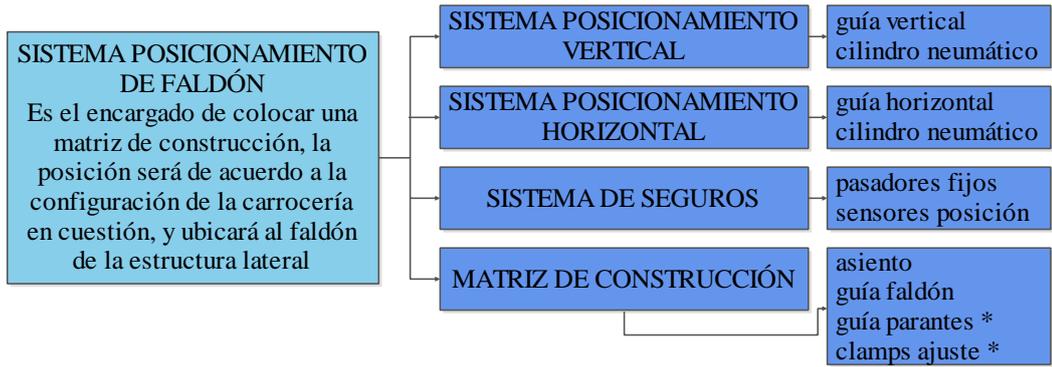


Figura 37. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de faldón

Autor: Fernando Guerra

Nota: Los literales con (\*) se detallarán como sistema de guía de posición de parantes y como sistema de ajuste.

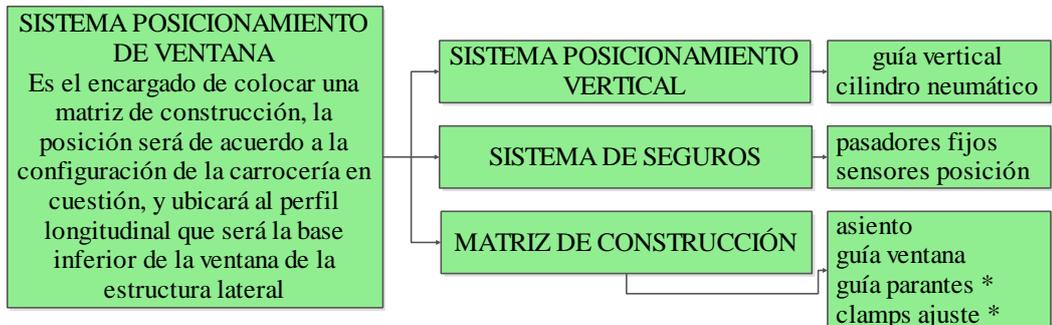


Figura 38. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de ventana

Autor: Fernando Guerra

Nota: Los literales con (\*) se detallarán como sistema de guía de posición de parantes y como sistema de ajuste.

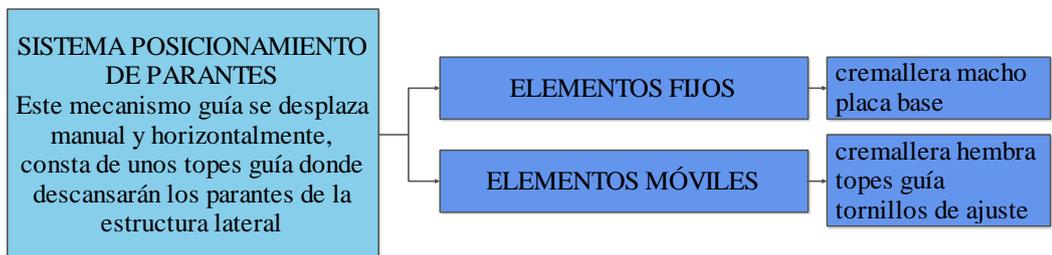


Figura 39. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de parantes

Autor: Fernando Guerra

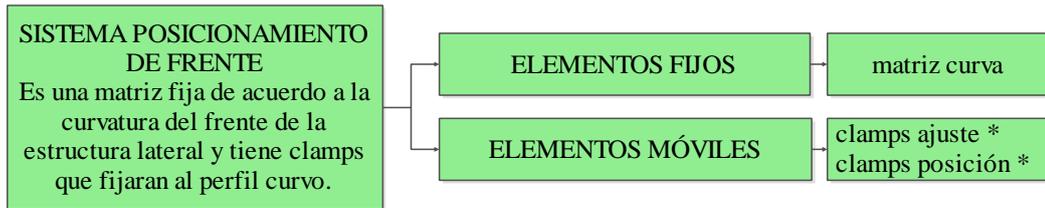


Figura 40. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de frente curvo

Autor: Fernando Guerra

Nota: Los literales con (\*) se detallarán como sistemas de ajuste.

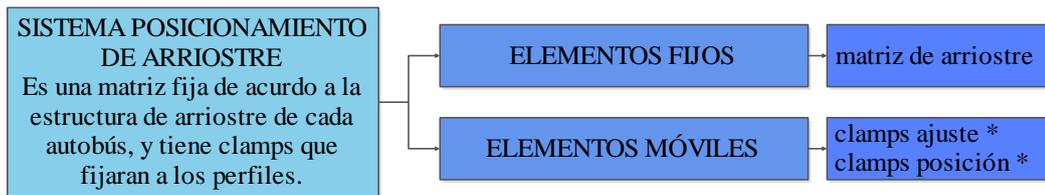


Figura 41. Diagrama sistemático del Sistema posicionamiento de arriostre

Autor: Fernando Guerra

Nota: Los literales con (\*) se detallarán como sistemas de ajuste.

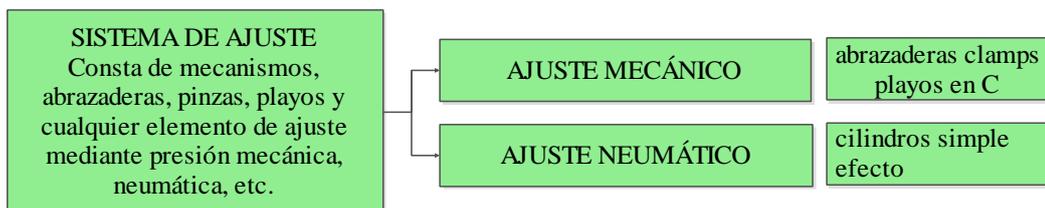


Figura 42. Diagrama sistemático del Sistema de ajuste

Autor: Fernando Guerra

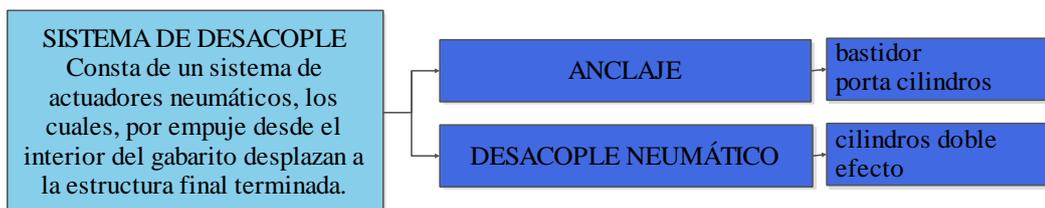


Figura 43. Diagrama sistemático del Sistema de desacople

Autor: Fernando Guerra

#### 6.6.4. Análisis modal de fallos y efectos del JIG

Tabla 91. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema Estático

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 											
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS			HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:	
DE PROCESO			de		1	14-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez		Fernando Guerra	
DE DISEÑO			X		21	14-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez			
SISTEMA:			Sistema estático		SUBSISTEMA:		Gabarito		PROCESO:		FECHA: 14-jul-15
PRODUCTO:			Gabarito		ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE		163		OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5	G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11	
Pórtico en forma de A	Bastidor soporte de todo el JIG de soldadura	Corrosión	Posible fractura, colapso de la estructura	Entrada de humedad	4	2	4	32			
				Paso de corrientes eléctricas	3	4	7	84			
		Deformación	Se desalineará la estructura	Defecto de fabricación	7	4	8	224	Inspección	Solicitar una muestra de calidad del lote	
				Exceso de temperatura en construcción	5	4	3	60	Inspección	Verificación completa del proceso de diseño y del proceso de montaje	
		Sobrecarga	Posible fractura, colapso de la estructura	Error en el diseño	9	1	6	54	Verificación		
Armadura principal	Batidor soporte todos los sistemas y matrices del JIG	Sobrecarga	Posible fractura, colapso de la estructura	Error en el diseño	9	1	6	54	Verificación		
		Vibración	Se desalineará la estructura	Ajuste incorrecto de elementos	7	6	8	336		Realizar una inspección periódica	
Error en cálculo vibracional	9			1	6	54	Verificación				
Topes y matrices fijas	Simplifica y estandariza la construcción de laterales	Desgaste	No existe estandarización de medidas	Uso excesivo	7	8	3	168		Realizar mantenimiento preventivo	
				Material liviano	7	5	3	105	Inspección		
		Impacto	Producto defectuoso, medidas equivocadas	Golpes en topes y matrices	9	6	5	270	Inspección	Efectuar capacitación del uso correcto	
				Golpes al ensamblar estructura	10	6	5	300	Inspección	Efectuar capacitación del uso correcto	
				Golpes al desacoplar estructura	10	6	5	300	Inspección	Efectuar capacitación del uso correcto	

**Observaciones:** Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 92. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de faldón

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 										
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:			RESPONSABLE:
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	2	14-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			Fernando Guerra
					21	14-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			
SISTEMA:		Sistema posicionamiento de faldón		SUBSISTEMA:	Actuadores de posición		PROCESO:		FECHA: 14-jul-15	
PRODUCTO:		Cilindros neumáticos		ACTUAR SOBRE NPR $\geq$ QUE 163			OPERACIÓN:			FECHA EDICIÓN:
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5	G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Cilindros neumáticos	Actuador que empuja y tracciona una carga mediante accionamiento neumático, este colocará la guía del faldón en una posición fija final	Atascamiento	Daño en el cilindro	Pistón en mal estado	10	2	4	80		
				Des alineamiento mecánico	8	4	8	256		Realizar comprobación de alineación periódica
				No están debidamente conectadas las tuberías flexibles	9	5	5	225	Inspección	Realizar comprobación de conexión de tuberías
				Trabe mecánico	8	6	5	240	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto
	Sobrecarga	No vencerá cargas	Falta de presión de trabajo	5	5	2	50	Inspección	Solicitar una muestra de calidad del lote	
			Fugas hacia cámara del cilindro	8	3	5	120		Verificación completa del proceso de diseño y del proceso de montaje	
			Exceso en regulación de velocidad/amortiguamiento	5	2	3	30	Inspección		
	Pandeo	Falla del vástago por pandeo	Diámetro del vástago pequeño	8	1	1	8	Inspección		
			Material suave del vástago	7	2	3	42	Inspección		

**Observaciones:** Los elementos con NPR  $\geq$  que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 92. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de faldón (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 												
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS			HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:		
DE PROCESO			de	3	14-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				Fernando Guerra		
DE DISEÑO			X	21	14-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez						
SISTEMA:		Sistema posicionamiento de faldón		SUBSISTEMA:		Actuadores de posición		PROCESO:		FECHA: 14-jul-15		
PRODUCTO:		Cilindros neumáticos		ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE		163		OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:		
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5			G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
		Ruido	Molestia en el operario y falencia del funcionamiento	Fugas de aire			6	8	9	432	Inspección	Realizar inspecciones y controles frecuentes de fugas
				Mangueras rotas			8	8	5	320	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo
				Rozamiento entre pistón y cilindro			10	2	8	160	Inspección	No sobrecargar al cilindro,
				soportes de cilindros defectuosos			6	2	3	36	Inspección	
		Daños en la superficie de las mangueras	Fuga de aire y el cilindro deja de funcionar	Daños mecánicos o contacto con medios agresivos			10	2	7	140	Inspección	Proteger las tuberías
				No existe protección de las tuberías			10	1	2	20	Inspección	Proteger las tuberías

**Observaciones:** Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 92. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de faldón (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 										
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:			RESPONSABLE:
DE PROCESO		DE DISEÑO		de		4	15-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez	
		X				21	15-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez	
SISTEMA:		Sistema posicionamiento de faldón		SUBSISTEMA:		Guías de posición		PROCESO:		FECHA: 15-jul-15
PRODUCTO:		Cola milano macho-hembra		ACTUAR SOBRE NPR $\geq$ QUE 163			OPERACIÓN:			FECHA EDICIÓN:
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5	G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Cola de milano macho-hembra	Sirve como guía muy precisa, para movimiento lineal	Atascamiento	Daño de la guía, se trava el mecanismo y parada de dispositivo	Elementos extraños en superficies de contacto	8	8	3	192	Inspección	Proteger las guías
				Des alineamiento mecánico	8	5	8	320	Mantenimiento	Realizar comprobación de alineación periódica
				Defectos en fabricación	10	6	7	420	Inspección	Realizar comprobación de construcción y funcionamiento
				Falta de engrase	4	3	2	24	Inspección	
				Trabe mecánico	7	5	7	245	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto
		Holgura	Desalineación del sistema de posición	Diseño erróneo	10	1	2	20	Verificación	
				Maquinado incorrecto	10	4	3	120	Inspección	
				Ajuste flojo	9	4	5	180	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo
		Desgaste	Pérdida de vida útil de la guía	Por fricción o rozamiento	7	8	3	168	Inspección	Engrasar periódicamente elementos en contacto
				Elementos extraños en superficies de contacto	7	3	9	189	Inspección	Proteger las guías
		Fluencia lenta	Falla de los elementos guía por fluencia y puede llegar a la fatiga	Temperaturas y cargas elevadas	7	9	9	567	Inspección	Propuesta para evitar sobrecalentamiento
				Existencia de cargas cíclicas	7	5	4	140		
		Corrosión	Desgaste de las guías	Existencia de corriente eléctrica	8	8	5	320	Inspección	Proteger medios en contacto
				Selección incorrecta de la serie galvánica de materiales	10	1	2	20	Verificación	

**Observaciones:** Los elementos con NPR  $\geq$  que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 92. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de faldón (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 										
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:			RESPONSABLE:
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	5	15-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			Fernando Guerra
					21	15-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			
SISTEMA:	Sistema posición de faldón			SUBSISTEMA:	Bloqueo de sistema		PROCESO:		FECHA: 15-jul-15	
PRODUCTO:	Placas y pasadores de seguridad			ACTUAR SOBRE NPR $\geq$ QUE		163	OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:	
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5	G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Placas fijas	Sirve como junta para ensamblaje temporal, posicionara en bloqueo o fijamente a la estructura principal, evitando sobrecarga en cilindros y otros elementos móviles, garantizará el alineamiento del faldón.	Fluencia lenta	Falla de la placa y puede llegar a la fatiga	Temperaturas y cargas elevadas	7	9	9	567	Inspección	No sobrecargar a la placa
				Existencia de cargas cíclicas	7	5	4	140	Inspección	
				Defectos en fabricación	10	4	5	200	Inspección	Solicitar una muestra de calidad del lote
	Fractura	Des alineamiento del sistema, paro total del dispositivo.	Esfuerzos elevados en tiempos cortos	10	1	2	20	Inspección		
				Esfuerzos elevados frecuentes	10	4	3	120		Realizar capacitación a operarios
				Carga de fatiga no detectada	9	4	5	180	Inspección	
	Fisuras	Deterioro del elemento, funciona el mecanismo	Acople incorrecto entre la placa y el pasador	7	8	3	168	Inspección		
				Golpe o impacto en desacople	7	3	9	189	Inspección	Realizar capacitación a operarios
	Corrosión	Desgaste de las placas	Existencia de corriente eléctrica	8	8	5	320	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo	
Provocado por esfuerzos				10	1	2	20	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo	
Pasador de seguridad	Sirve como elemento de unión entre las placas fija y móvil para colocar en una posición rígida.	Fractura	El ensamblaje de las placas no es rígido y provocaría el cambio instantáneo del pasador	Esfuerzos cortantes no considerados	9	4	5	180	Inspección	
				Temperaturas de trabajo elevadas	8	6	2	96		

Autor: Fernando Guerra

Tabla 93. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de ventana

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 										
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:			RESPONSABLE:
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	6	16-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			Fernando Guerra
					21	16-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			
SISTEMA:	Sistema posicionamiento ventana			SUBSISTEMA:	Actuadores de posición		PROCESO:			FECHA: 16-jul-15
PRODUCTO:	cilindros neumáticos			ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE 163			OPERACIÓN:			FECHA EDICIÓN:
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5	G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Cilindros neumáticos	Actuador que empuja y tracciona una carga mediante accionamiento neumático, este colocará la guía de ventana en una posición fija final	Atascamiento	Daño en el cilindro	Pistón en mal estado	10	2	4	80		
				Des alineamiento mecánico	9	4	8	288		Realizar comprobación de alineación periódica
				No están debidamente conectadas las tuberías flexibles	7	5	5	175	Inspección	Realizar comprobación de conexión de tuberías
				Trabe mecánico	8	6	5	240	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto
		Sobrecarga	No vencerá cargas	Falta de presión de trabajo	5	5	2	50	Inspección	Solicitar una muestra de calidad del lote
				Fugas hacia cámara del cilindro	8	3	5	120		verificación completa del proceso de diseño y del proceso de montaje
				Exceso en regulación de velocidad/amortiguamiento	5	2	3	30	Inspección	
		Pandeo	Falla del vástago por pandeo	Diámetro del vástago pequeño	8	1	1	8	Inspección	
				Material suave del vástago	7	2	3	42	Inspección	
<b>Observaciones:</b> Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.										

Autor: Fernando Guerra

Tabla 93. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de ventana (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 												
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS			HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:		
DE PROCESO			de	7	16-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				Fernando Guerra		
DE DISEÑO			X	21	16-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez						
SISTEMA:		Sistema posicionamiento ventana		SUBSISTEMA:		Actuadores de posición		PROCESO:		FECHA: 16-jul-15		
PRODUCTO:		cilindros neumáticos		ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE		163		OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:		
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5			G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Cilindros neumáticos	Actuador que empuja y tracciona una carga mediante accionamiento neumático, este colocará la guía de ventana en una posición fija final	Ruido	Molestia en el operario y falencia del funcionamiento	Fugas de aire			6	8	9	432	Inspección	Realizar inspecciones y controles frecuentes de fugas
				Mangueras rotas			8	8	5	320	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo
				Rozamiento entre pistón y cilindro			10	2	8	160	Inspección	No sobrecargar al cilindro,
				soportes de cilindros defectuosos			6	2	3	36	Inspección	
	Daños en la superficie de las mangueras	Fuga de aire y el cilindro deja de funcionar	Daños mecánicos o contacto con medios agresivos			10	2	7	140	Inspección	Proteger las tuberías	
			No existe protección de las tuberías			10	1	2	20	Inspección	Proteger las tuberías	
<b>Observaciones:</b> Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.												

Autor: Fernando Guerra

Tabla 93. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de ventana (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 												
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS			HOJA	REV. No	FECHA:	POR:			RESPONSABLE:			
DE PROCESO			de	8	16-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			Fernando Guerra			
DE DISEÑO			X	21	16-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez						
SISTEMA:	Sistema posicionamiento ventana		SUBSISTEMA:	Guías de posición		PROCESO:			FECHA: 16-jul-15			
PRODUCTO:	Cola de milano macho-hembra		ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE		163	OPERACIÓN:			FECHA EDICIÓN:			
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5			G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Cola de milano macho-hembra	Sirve como guía muy precisa, para movimiento lineal	Atascamiento	Daño de la guía, se traba el mecanismo y parada de dispositivo	Elementos extraños en superficies de contacto	8	8	3	192	Inspección	Proteger las guías		
				Des alineamiento mecánico	8	5	8	320	Mantenimiento	Realizar comprobación de alineación periódica		
				Defectos en fabricación	10	6	7	420	Inspección	Realizar comprobación de construcción y funcionamiento		
				Falta de engrase	4	3	2	24	Inspección			
				Trabe mecánico	7	5	7	245	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto		
		Holgura	Des alineación del sistema de posición	Diseño erróneo	10	1	2	20	Verificación			
				Maquinado incorrecto	10	4	3	120	Inspección			
				Ajuste flojo	9	4	5	180	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo		
		Desgaste	Pérdida de vida útil de la guía	Por fricción o rozamiento	7	8	3	168	Inspección	Engrasar periódicamente elementos en contacto		
				Elementos extraños en superficies de contacto	7	3	9	189	Inspección	Proteger las guías		
		Fluencia lenta	Falla de los elementos guía por fluencia y puede llegar a la fatiga	Temperaturas y cargas elevadas	7	9	9	567	Inspección	Propuesta para evitar sobrecalentamiento		
				Existencia de cargas cíclicas	7	5	4	140				
		Corrosión	Desgaste de las guías	Existencia de corriente eléctrica	8	8	5	320	Inspección	Proteger medios en contacto		
				Selección incorrecta serie galvánica de materiales en contacto	10	1	2	20	Verificación			

Autor: Fernando Guerra

Tabla 93. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de ventana (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 											
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:			RESPONSABLE:	
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	9	16-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			Fernando Guerra	
					21	16-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				
SISTEMA:	Sistema posicionamiento ventana			SUBSISTEMA:	Bloqueo de sistema		PROCESO:		FECHA: 16-jul-15		
PRODUCTO:	Placas y pasadores de seguridad			ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE 163			OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:		
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5		G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Placas fijas	Sirve como junta para ensamblaje temporal, posicionara en bloqueo o fijamente a la estructura principal, evitando sobrecarga en cilindros y otros elementos móviles, garantizará el alineamiento del faldón.	Fluencia lenta	Falla de la placa y puede llegar a la fatiga	Temperaturas y cargas elevadas		7	9	8	504	Inspección	No sobrecargar a la placa
				Existencia de cargas cíclicas		8	5	4	160	Inspección	
				Defectos en fabricación		9	4	5	180	Inspección	Solicitar una muestra de calidad del lote
	Fractura	Des alineamiento del sistema, paro total del dispositivo.	Esfuerzos elevados en tiempos cortos		9	2	2	36	Inspección		
			Esfuerzos elevados frecuentes		10	3	3	90		Realizar capacitación a operarios del proceso correcto	
			Carga de fatiga no detectada		9	4	5	180	Inspección		
	Fisuras	Deterioro del elemento, funciona el mecanismo	Acople incorrecto entre la placa y el pasador		7	8	3	168	Inspección		
			Golpe o impacto en desacople		7	3	9	189	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto	
	Corrosión	Desgaste de las placas	Existencia de corriente eléctrica		8	8	5	320	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo	
			Provocado por esfuerzos		10	1	2	20	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo	
<b>Observaciones:</b> Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.											

Autor: Fernando Guerra

Tabla 94. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de parantes

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 												
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:			RESPONSABLE:		
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	10	17-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			Fernando Guerra		
					21	17-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez					
SISTEMA:	Sistema posicionamiento de parantes			SUBSISTEMA:	Guías móviles de posición		PROCESO:			FECHA: 17-jul-15		
PRODUCTO:	Cremallera			ACTUAR SOBRE NPR $\geq$ QUE 163			OPERACIÓN:			FECHA EDICIÓN:		
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5			G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Cremallera mecánica	Mecanismo de acción acople-desacople, que se moverá lineal y manualmente, aquí se montará las guías para colocar los parantes de la estructura lateral	Atascamiento	Dificultad en el desmontaje de la cremallera, puede provocar desalineamiento	Defectos en el maquinado	10	2	5	100	Inspección	Realizar comprobación de ajuste macho-hembra		
				Defectos en el material	9	3	6	162	Inspección			
				Defectos de ajuste	9	3	8	216	Verificación	Realizar comprobación de ajuste macho-hembra		
				Esfuerzos de rechupe de soldadura	9	9	3	243		Usar JIG de soldadura moderadamente		
				Trabe mecánico	9	5	5	225	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto		
		Salpicadura	Se adhieren partículas o escoria de soldadura, que puede trabar el mecanismo	Amperaje de trabajo incorrecto	5	5	2	50	Inspección	Inspección periódica de proceso de soldadura		
				Material muy débil	9	3	3	81		Análisis de dureza del material		
				Ángulo de trabajo incorrecto	6	2	3	36	Inspección			
				Protección de cremallera reducido	5	1	3	15	Inspección	Proteger adecuadamente cremallera		
		Desgaste	Disminuye la vida útil de la cremallera	Limpieza de salpicadura de soldadura	6	10	2	120	Inspección	Limpiar solamente con guante de cuero		
				Material muy débil	9	3	3	81		Análisis de dureza del material		

**Observaciones:** Los elementos con NPR  $\geq$  que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 94. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de parantes (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 												
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:	
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	11	18-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				Fernando Guerra	
					21	18-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez					
SISTEMA:	Sistema posicionamiento de parantes			SUBSISTEMA:	Guías móviles de posición			PROCESO:		FECHA:	18-jul-15	
PRODUCTO:	Guías de posición fija			ACTUAR SOBRE NPR $\geq$ QUE 163			OPERACIÓN:				FECHA EDICIÓN:	
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5			G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Guías de posición fija	Son guías fijas donde se asienta el tubo estructural para el ensamble, sostienen al tubo en un 50% para evitar trabe mecánico por rechupe de soldadura	Fractura	Molestia en el operario y paro parcial del ensamble	Esfuerzos elevados por rechupe	10	9	2	180	Inspección	Realizar inspecciones y controles frecuentes de rechupe		
				Diseño erróneo	10	1	2	20	Verificación	Realizar mantenimiento preventivo		
				Golpes en el desmontaje	10	7	3	210	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto		
				Material muy débil	10	2	3	60	Inspección			
		Desgaste	Disminuye la vida útil de la guía	Rozamiento entre tubo y guía	7	8	5	280	Inspección	Que el rozamiento sea solo en las caras laterales de la guía		
				Limpieza de salpicadura de soldadura	5	10	2	100	Inspección	Limpiar solamente con guante de cuero		
				Material muy débil	9	2	3	54		Análisis de dureza del material		
		Holgura	Des alineación de posición guía y fallan medidas finales	Sobreesfuerzo en el desmontaje	10	9	8	720	Inspección	Usar siempre el sistema de desacople		
				Maquinado incorrecto	10	4	7	280	Inspección	Verificar individualmente el maquinado		
				Ajuste flojo	10	4	3	120	Inspección	Verificar individualmente el ajuste		
Uso excesivo de JIG	6			9	1	54	Mantenimiento					

**Observaciones:** Los elementos con NPR  $\geq$  que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 95. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de frente

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 											
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	12	19-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				Fernando Guerra
					21	19-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				
SISTEMA:	Sistema posicionamiento de frente			SUBSISTEMA:	Matriz posición del frente		PROCESO:				FECHA: 19-jul-15
PRODUCTO:	Guías de posición fija			ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE 163			OPERACIÓN:				FECHA EDICIÓN:
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5	G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11	
Guías de posición fija	Son guías fijas donde se asienta el tubo curvo estructural para el ensamble del frente, sostienen al tubo en un 50% para evitar trabe mecánico por rechupe de soldadura y son fijados mediante abrazaderas	Fractura	Molestia en el operario y paro parcial del ensamble	Esfuerzos elevados por rechupe	10	8	3	240	Inspección	Realizar inspecciones y controles frecuentes de rechupe	
				Diseño erróneo	10	1	3	30	Verificación		
				Golpes en el desmontaje	10	6	2	120	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto	
				Material muy débil	9	4	2	72	Inspección		
	Desgaste	Disminuye la vida útil de la guía	Rozamiento entre tubo y guía	7	9	5	315	Inspección	Que el rozamiento sea solo en las caras laterales de la guía		
			Limpieza de salpicadura de soldadura	4	10	3	120	Inspección	Limpiar solamente con guante de cuero		
			Material muy débil	9	4	2	72		Análisis de dureza del material		
	Holgura	Des alineación de posición guía y fallan medidas finales	Sobreesfuerzo en el desmontaje	10	8	8	640	Inspección	Usar siempre el sistema de desacople		
			Maquinado incorrecto	10	2	8	160	Inspección	Verificar individualmente el maquinado		
			Ajuste flojo	10	4	3	120	Inspección	Verificar individualmente el ajuste		
			Uso excesivo de JIG	6	10	1	60	Mantenimiento	Cumplir con el mantenimiento programado		

**Observaciones:** Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 96. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de arriostre

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 												
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:	
DE PROCESO		DE DISEÑO		de		13	20-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez		Fernando Guerra	
		X				21	20-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez			
SISTEMA:		Sistema posicionamiento de arriostre		SUBSISTEMA:		Matriz ensamble arriostre		PROCESO:		FECHA: 20-jul-15		
PRODUCTO:		Guías de posición fija		ACTUAR SOBRE NPR $\geq$ QUE 163				OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:		
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5			G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Guías de posición fija	Son matrices fijas posicionadas para cada tipo de autobús, principalmente diseñado para ensamblar el modelo interprovincial, tiene guías y mecanismos de ajuste (abrazaderas)	Fractura	Molestia y demora en el ensamblaje provoca paro parcial del mismo	Esfuerzos elevados por rechupe	10	7	4	280	Inspección	Realizar inspecciones y controles frecuentes de rechupe		
				Diseño erróneo	10	1	2	20	Verificación			
				Golpes en el desmontaje	10	6	4	240	Inspección	Realizar capacitación a operarios del ensamble de arriostre		
				Material muy débil	9	4	3	108	Inspección			
	Desgaste	Disminuye la vida útil de la matriz de arriostre	Rozamiento entre tubo y guía	7	9	5	315	Inspección	Que el rozamiento sea lo mínimo posible			
			Limpieza de salpicadura de soldadura	3	10	5	150	Inspección	Limpiar con cepillo de alambre			
			Material muy débil	9	4	3	108					
	Holgura	Des alineación de posición guía y fallan medidas finales	Sobreesfuerzo en el desmontaje	10	9	8	720	Inspección	Usar siempre el sistema de desacople			
			Maquinado incorrecto	10	2	4	80	Inspección	Verificar individualmente el maquinado			
			Ajuste flojo	10	4	4	160	Inspección	Verificar individualmente el ajuste			
Uso excesivo de JIG			6	10	1	60	Mantenimiento	Cumplir con el mantenimiento programado				

**Observaciones:** Los elementos con NPR  $\geq$  que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 96. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de arriostre (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 										
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS			HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	14	21-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez		Fernando Guerra
					21	21-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez		
SISTEMA:	Sistema posicionamiento de arriostre		SUBSISTEMA:	Guías de posición		PROCESO:				FECHA: 21-jul-15
PRODUCTO:	Topes y alzas de posición		ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE		163	OPERACIÓN:				FECHA EDICIÓN:
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5	G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Alzas o topes	Son piezas metálicas que sirven para facilitar el ensamblaje y colocar o posicionar debajo o donde requiera: subir, bajar, tope izquierda, tope derecha, etc., el tubo estructural besará los topes o alzas.	Salpicadura	Se adhieren partículas, residuos o escoria de soldadura, que puede afectar en el ensamblaje	Amperaje de trabajo incorrecto	5	6	2	60	Inspección	Inspección periódica de proceso de soldadura
				Material muy débil	9	3	5	135		Análisis de dureza del material
				Ángulo de trabajo incorrecto	5	2	3	30	Inspección	
				Protección de topes reducido	5	1	3	15	Inspección	Proteger adecuadamente topes
		Aplastamiento	Falla la medida calibrada para el alza, medidas equivocadas en el ensamble final	Sobre esfuerzo mecánico	7	7	3	147		
				No se considera diseño por aplastamiento	9	2	2	36		
				Insuficiente sujeción al bastidor	9	4	3	108	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto
		Holgura	Falla la medida calibrada para el alza, medidas equivocadas en el ensamble final	Defectos en la instalación de alzas	10	1	5	50	Verificación	Tener instrumentación para instalación
				Maquinado incorrecto	10	3	3	90	Inspección	
				Ajuste flojo	9	5	3	135	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo

**Observaciones:** Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 96. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema posicionamiento de arriostre (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 											
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:
DE PROCESO		DE DISEÑO		de		15	21-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez		Fernando Guerra
		X				21	21-jul-15		Ing. Mg. Cristian Pérez		
SISTEMA:		Sistema posicionamiento de arriostre		SUBSISTEMA:		Guías de posición		PROCESO:		FECHA: 21-jul-15	
PRODUCTO:		Topes y alzas de posición		ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE		163		OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:	
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5		G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Alzas o topes	Son piezas metálicas que sirven para facilitar el ensamblaje y colocar o posicionar debajo o donde requiera: subir, bajar, tope izquierda, tope derecha, etc., el tubo estructural besará los topes o alzas.	Desgaste	Pérdida de vida útil de los topes	Por fricción o rozamiento		7	8	3	168	Inspección	Engrasar periódicamente elementos en contacto
				Elementos extraños en superficies de contacto		7	3	9	189	Inspección	Proteger las alzas y topes
		Fluencia lenta	Falla de las piezas por fluencia y puede llegar a la fatiga	Temperaturas y cargas elevadas		8	9	9	648	Inspección	Propuesta para evitar sobrecalentamiento
				Existencia de cargas cíclicas		7	5	4	140		
		Corrosión	Desgaste de los topes	Existencia de corriente eléctrica		8	8	4	256	Inspección	Proteger medios en contacto
				Selección incorrecta de la serie galvánica de materiales en contacto		10	1	2	20	Verificación	

**Observaciones:** Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 97. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema de ajuste

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 											
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	16	22-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				Fernando Guerra
					21	22-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				
SISTEMA:		Sistema Ajuste		SUBSISTEMA:	Ajuste mecánico		PROCESO:				FECHA: 22-jul-15
PRODUCTO:		Abrazadera de ajuste (Clamp)		ACTUAR SOBRE NPR $\geq$ QUE 163			OPERACIÓN:				FECHA EDICIÓN:
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5		G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Abrazadera de ajuste (clamp)	Son herramientas de presión para sujetar y apretar múltiples superficies de diferente forma, con movimiento de pivote permite alineación en la pieza de trabajo para máxima sujeción sin deslizar ni estropear la pieza de trabajo.	Fractura	No operativo se tiene que reemplazar de inmediato, demora, paro parcial ensamble	Esfuerzos elevados propios del ensamble		8	3	6	144	Inspección	Realizar inspecciones y controles frecuentes de rechupe
				Uso excesivo del elemento		8	4	5	160	Inspección	Control de funcionamiento periódico
				Golpes y fatiga		10	7	2	140	Inspección	Realizar capacitación a operarios del uso de clamps
				Material muy débil		9	2	2	36	Inspección	Seleccionar correctamente elemento
		Desgaste	Disminuye la vida útil de la abrazadera	Rozamiento entre tubo y abrazadera		5	10	2	100	Inspección	Que el rozamiento sea lo mínimo posible
				Por quemaduras de soldadura		4	10	2	80	Inspección	Si existe quemadura considerable en manguito cambiarlo
				Material muy débil		9	2	3	54	Inspección	Seleccionar correctamente elemento
		Holgura	No existe suficiente presión de ajuste, medidas de ensamble con falencias	Esfuerzos elevados en abrazadera		7	6	4	168		Usar clamp más grande y fuerte
				Golpes en desmontaje		8	7	2	112	Inspección	Realizar capacitación a operarios del uso de clamps
				Calentamiento, temperaturas elevadas		8	7	4	224		Realizar pruebas de holgura por calentamiento
Uso excesivo de abrazadera				8	8	3	192	Mantenimiento	Cumplir con el mantenimiento programado		

**Observaciones:** Los elementos con NPR  $\geq$  que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 97. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema de ajuste (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 											
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	17	22-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				Fernando Guerra
					21	22-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				
SISTEMA:		Sistema Ajuste		SUBSISTEMA:		Ajuste mecánico		PROCESO:		FECHA: 22-jul-15	
PRODUCTO:		Abrazadera de ajuste (Clamp)		ACTUAR SOBRE NPR $\geq$ QUE			163		OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5	G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11	
Abrazadera de ajuste (clamp)	Son herramientas de presión para sujetar y apretar múltiples superficies de diferente forma, con movimiento de pivote permite alineación en la pieza de trabajo para máxima sujeción sin deslizar ni estropear la pieza de trabajo.	Salpicadura	Se adhieren partículas, residuos o escoria de soldadura, que traben el mecanismo	Amperaje de trabajo incorrecto	5	4	3	60	Inspección	Inspección periódica de proceso de soldadura	
				Material no adecuado para trabajo con elevadas temperaturas	6	5	3	90		Seleccionar correctamente elemento	
				Trabajo propio de soldadura	7	10	2	140		Realizar mantenimiento preventivo	
	Trabe mecánico	No abre-cierra la abrazadera, no presiona, molestias en operario y mantenimiento	Sobre esfuerzo mecánico	6	7	3	126		Usar clamp más grande y fuerte		
			Selección incorrecta del clamp	9	2	1	18	Verificación	Seleccionar correctamente elemento		
			Residuos de soldadura	6	6	3	108	Mantenimiento	Controlar limpieza periódica		
	Desarmado	Mantenimiento correctivo no programado, paro en el ensamble y pérdidas económicas	Defectos de fábrica	4	1	10	40	Inspección	Disponibilidad de repuestos en stock		
			Mantenimiento preventivo incorrecto	9	4	3	108	Verificación			
			Tornillos flojos	5	4	9	180	Mantenimiento	Realizar mantenimiento preventivo		
			Uso excesivo de abrazadera	3	2	3	18		Realizar mantenimiento preventivo		

**Observaciones:** Los elementos con NPR  $\geq$  que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 97. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema de ajuste (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 											
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:
DE PROCESO				de	18	22-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				Fernando Guerra
					21	22-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				
SISTEMA:		Sistema Ajuste		SUBSISTEMA:		Ajuste mecánico		PROCESO:		FECHA: 22-jul-15	
PRODUCTO:		Abrazadera de ajuste (Clamp)		ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE		163		OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:	
Nombre producto <b>1</b>	Operación o función <b>2</b>	Modo de fallo <b>3</b>	Efectos de fallo <b>4</b>	Causas del fallo <b>5</b>		G <b>6</b>	F <b>7</b>	D <b>8</b>	NPR <b>9</b>	Controles actuales <b>10</b>	Recomendaciones <b>11</b>
Abrazadera de ajuste (clamp) Playos en C	Son herramientas para sujetar	Deformación	No cumple con las funciones, pérdida de vida útil de abrazadera	Temperaturas elevadas		6	4	5	120		Verificar que el clamp trabaje con temperaturas elevadas
				Esfuerzos excesivos propios del ensamble		8	6	4	192		Usar clamp más grande y fuerte
<b>Observaciones:</b> Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.											

Autor: Fernando Guerra

Tabla 98. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema de Desacople

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 												
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:			RESPONSABLE:		
DE PROCESO		DE DISEÑO	X	de	19	23-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			Fernando Guerra		
					21	23-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez					
SISTEMA:		Sistema Desacople		SUBSISTEMA:	Desacople neumático		PROCESO:			FECHA: 23-jul-15		
PRODUCTO:		Cilindros neumáticos		ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE 163			OPERACIÓN:			FECHA EDICIÓN:		
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5			G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Cilindros neumáticos	Actuador que empuja y tracciona una carga mediante accionamiento neumático, este desplazará desde el interior la estructura terminada para expulsarla de las guías en U	Atascamiento	Daño en el cilindro	Pistón en mal estado	10	2	4	80				
				Des alineamiento mecánico	8	4	8	256			Realizar comprobación de alineación periódica	
				No están debidamente conectadas las tuberías flexibles	9	5	5	225	Inspección	Realizar comprobación de conexión de tuberías		
				Trabe mecánico	8	6	5	240	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto		
		Sobrecarga	No vencerá cargas	Falta de presión de trabajo	5	5	2	50	Inspección	Solicitar una muestra de calidad del lote		
				Fugas hacia cámara del cilindro	8	3	5	120		Verificación completa del proceso de diseño y del proceso de montaje		
				Exceso en regulación de velocidad/amortiguamiento	5	2	3	30	Inspección			
		Pandeo	Falla del vástago por pandeo	Diámetro del vástago pequeño	8	1	1	8	Inspección			
				Material suave del vástago	7	2	3	42	Inspección			

**Observaciones:** Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 98. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema de Desacople (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 												
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS			HOJA	REV. No	FECHA:	POR:				RESPONSABLE:		
DE PROCESO			de	20	23-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				Fernando Guerra		
DE DISEÑO			X	21	23-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez						
SISTEMA:		Sistema Desacople		SUBSISTEMA:		Desacople neumático		PROCESO:		FECHA: 23-jul-15		
PRODUCTO:		Cilindros neumáticos		ACTUAR SOBRE NPR ≥ QUE			163		OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:	
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5			G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Cilindros neumáticos	Actuador que empuja y tracciona una carga mediante accionamiento neumático, este colocará la guía de ventana en una posición fija final	Ruido	Molestia en el operario y falencia del funcionamiento	Fugas de aire			6	8	9	432	Inspección	Realizar inspecciones y controles frecuentes de fugas
				Mangueras rotas			8	8	5	320	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo
				Rozamiento entre pistón y cilindro			10	2	8	160	Inspección	No sobrecargar al cilindro,
				soportes de cilindros defectuosos			6	2	3	36	Inspección	
	Daños superficie de mangueras	Fuga de aire y el cilindro deja de funcionar	Daños mecánicos o contacto con medios agresivos			10	2	7	140	Inspección	Proteger las tuberías	
			No existe protección de las tuberías			10	1	2	20	Inspección	Proteger las tuberías	

**Observaciones:** Los elementos con NPR ≥ que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 98. Análisis Modal de Fallos y Efectos del sistema de Desacople (continuación)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 												
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS				HOJA	REV. No	FECHA:	POR:			RESPONSABLE:		
DE PROCESO		DE DISEÑO		de		21	24-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez			Fernando Guerra	
		X				21	24-jul-15	Ing. Mg. Cristian Pérez				
SISTEMA:		Sistema Desacople		SUBSISTEMA:		Desacople neumático		PROCESO:		FECHA: 24-jul-15		
PRODUCTO:		Anclaje mecánico		ACTUAR SOBRE NPR $\geq$ QUE			163		OPERACIÓN:		FECHA EDICIÓN:	
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	Causas del fallo 5			G 6	F 7	D 8	NPR 9	Controles actuales 10	Recomendaciones 11
Porta cilindros / Anclaje	Sirve como bastidor, donde se sujetaran los cilindros neumáticos, anclados mediante pernos	Fluencia lenta	Falla del porta cilindros podría llegar a la fatiga	Temperaturas y cargas elevadas			6	9	7	378	Inspección	No sobrecargar a la placa de anclaje
				Existencia de cargas cíclicas			7	5	5	175	Inspección	
				Defectos en fabricación			9	3	4	108	Inspección	Solicitar una muestra de calidad del lote
		Fractura	Des alineamiento del cilindro, no funciona el desacople paro parcial del dispositivo.	Esfuerzos elevados en tiempos cortos			8	3	3	72	Inspección	
				Esfuerzos elevados frecuentes			10	6	3	180		Realizar capacitación a operarios del proceso correcto
				Carga de fatiga no detectada			9	4	5	180	Inspección	
		Fisuras	Deterioro del porta cilindros, funciona el mecanismo	Por uso prolongado del dispositivo			7	8	3	168	Inspección	
				Golpe o impacto en desacople			10	3	9	270	Inspección	Realizar capacitación a operarios del proceso correcto
		Corrosión	Desgaste del porta cilindro, puede llegar a la fractura	Existencia de corriente eléctrica			8	7	4	224	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo
				Provocado por esfuerzos			10	4	3	120	Inspección	Realizar mantenimiento preventivo

**Observaciones:** Los elementos con NPR  $\geq$  que 163 son los resaltados de color rojo.

Autor: Fernando Guerra

Tabla 99. Resumen del Análisis Modal de Fallos y Efectos del JIG de soldadura

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 					
MÁQUINA O EQUIPO	Nº CAUSAS DE FALLO	FALLOS NPR >163		FALLOS NPR <163	
		Nº	PORCENTAJE %	Nº	PORCENTAJE %
Garabito	13	6	46,2	7	53,8
Cilindros neumáticos de faldón	15	5	33,3	10	66,7
Cilindros neumáticos de ventana	15	5	33,3	10	66,7
Cola de milano macho-hembra	14	9	64,3	5	35,7
Placas y pasadores de seguridad	12	7	58,3	5	41,7
Cremallera-piñón	11	3	27,3	8	72,7
Guías de posición parantes	11	5	45,5	6	54,5
Guías de posición frente	11	3	27,3	8	72,7
Guías de posición de arriostre	11	4	36,4	7	63,6
Topes y alzas arriostre	16	4	25,0	12	75,0
Abrazaderas de ajuste (Clamps)	23	5	21,7	18	78,3
Cilindros neumáticos de desacople	15	5	33,3	10	66,7
Anclaje de desacople	10	7	70,0	3	30,0
	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>FIRMA</b>		
<b>REALIZÓ:</b>	Fernando Guerra	25/07/2015			
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015			
<b>VALIDÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015			

Autor: Fernando Guerra

### 6.6.5. Análisis de criticidad del JIG de soldadura

Para el Análisis de Criticidad del dispositivo se tomaron algunos criterios de selección para la criticidad del funcionamiento, la ocurrencia, el impacto, la disponibilidad de repuestos, el costo del mantenimiento, así como la seguridad humana y del medio ambiente en el que opera el JIG de soldadura.

Los valores tomados para el análisis son criterios del investigador, ya que en la empresa no existen datos o antecedentes históricos, manuales de funcionamiento o bitácora del JIG de soldadura. Los siguientes son los criterios que se utilizaron para la evaluación:

Tabla 100. Criterios para Evaluar Frecuencia de Fallas.

<b>FRECUENCIAS DE FALLAS</b>			<b>Valor FF</b>
Mayor a	4	Fallas/Semestre	4
Desde	2-4	Fallas/Semestre	3
Desde	1-2	Fallas/Semestre	2
Mínimo	1	Falla/Semestre	1

Autor: Fernando Guerra

Tabla 101. Criterios para Evaluar Impacto Operacional

<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>Valor IO</b>
Parada Total Inmediata de Máquina o Equipo	10
Parada Parcial de la Máquina o Equipo	8
Impacto a Niveles de Operación (Indisponibilidad)	5
No genera ningún efecto significativo sobre las demás actividades	1

Autor: Fernando Guerra

Tabla 102. Criterios para Evaluar Flexibilidad Operacional

<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>Valor FO</b>
No existe otra Máquina o Equipo que lo reemplace	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1

Autor: Fernando Guerra

Tabla 103. Criterio para Evaluar Costo de Mantenimiento

<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Valor CM</b>
Mayor o Igual a \$1001,00	10
Entre 301,00 y 1000,00	7
Entre 51,00 y 300,00	4
Menor a 50,00	1

Autor: Fernando Guerra

Tabla 104. Criterio para Evaluar Impacto de Seguridad Ambiental y Humana.

<b>IMPACTO SAH</b>	<b>Valor SAH</b>
Afecta a la Seguridad Humana	10
Afecta al Ambiente produciendo daños Irreversibles	7
Afecta las Instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no afecta considerablemente	1
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o ambiente	0

Autor: Fernando Guerra

Una vez establecidos estos criterios para evaluación de criticidad se estableció la Matriz de Criticidad con sus respectivos colores y leyendas.

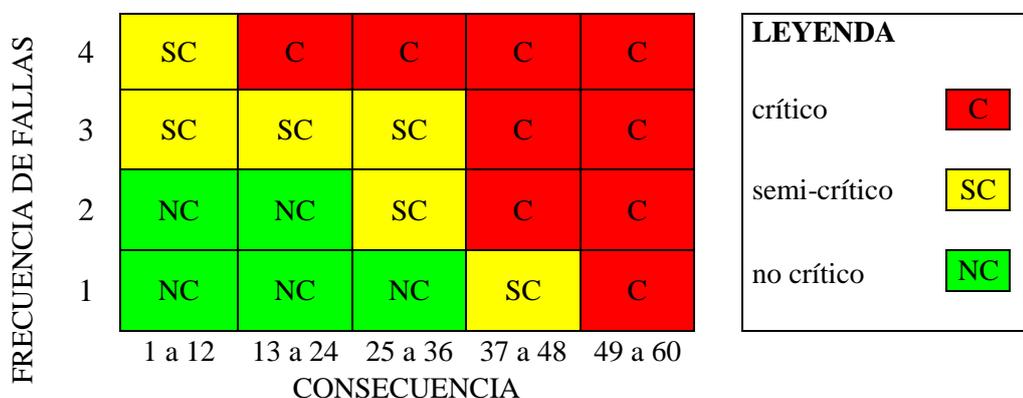


Gráfico 12. Matriz de Criticidad

Autor: Fernando Guerra

Tabla 105. Cálculo de criticidad del Sistema estático

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> Registro No: 01e 									
SISTEMA	SISTEMA ESTÁTICO	8730319720001				CÁLCULO DE CRITICIDAD			Estado de criticidad
		Hoja:	1	de	8	FF	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	
	ELEMENTOS	IO	FO	CM	SAH				
Anclaje	Placa base	1	1	4	2	1	7	7	NC
	Tornillos de anclaje	1	1	4	2	1	7	7	NC
Estructura	Pórtico en A	5	4	4	5	2	29	58	C
	Armadura principal	5	2	7	5	2	22	44	C
	Vigas soporte	5	1	7	5	1	17	17	SC
Matrices	Topes, alzas	8	1	1	5	3	14	42	C
	Guías matriz	8	1	1	5	3	14	42	C
<b>PROMEDIO DE CRITICIDAD</b>						1,86	15,7	31,0	
	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>				<b>FIRMA</b>			
<b>REALIZÓ:</b>	Fernando Guerra	26/07/2015							
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015							
<b>VALIDÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015							

Autor: Fernando Guerra

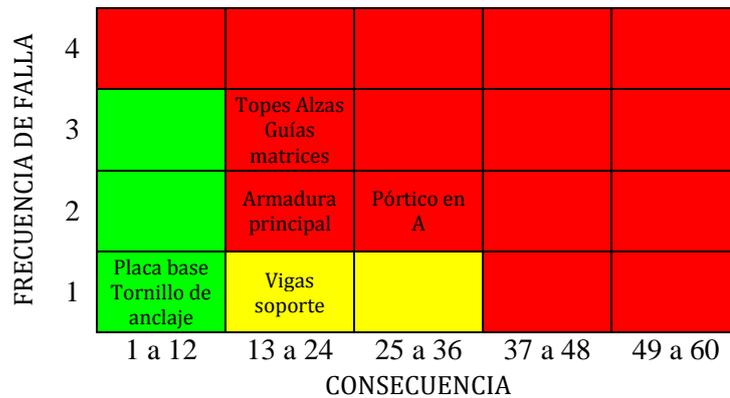


Gráfico 13. Matriz de Criticidad del Sistema Estático

Autor: Fernando Guerra

Tabla 106. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de faldón

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> Registro No: 02f 										
SISTEMA	SISTEMA FALDÓN	8730319720002				CÁLCULO DE CRITICIDAD			Estado de criticidad	
		Hoja:	2	de	8	IO	FO	CM		SAH
Neumático	Cilindro neumático	10	1	1	5	2	16	32	SC	
	Compresor	10	4	4	5	3	49	147	C	
	Válvulas de acción	8	2	1	0	1	17	17	NC	
	Mangueras flexibles	8	1	1	0	3	9	27	SC	
Guía	Cola de milano macho	8	4	4	5	1	41	41	SC	
	Cola de milano hembra	8	4	4	5	1	41	41	SC	
Fijación	Placas de fijación	5	2	1	2	2	13	26	SC	
	Pasadores de seguridad	1	1	1	2	2	4	8	NC	
Posición	Tubo estructural compuesto	10	2	4	5	3	29	87	C	
Eléctrico	Botonera	5	1	1	2	1	8	8	NC	
<b>PROMEDIO DE CRITICIDAD</b>						1,9	22,7	43,4		
	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>				<b>FIRMA</b>				
<b>REALIZÓ:</b>	Fernando Guerra	27/07/2015								
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015								
<b>VALIDÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015								

Autor: Fernando Guerra

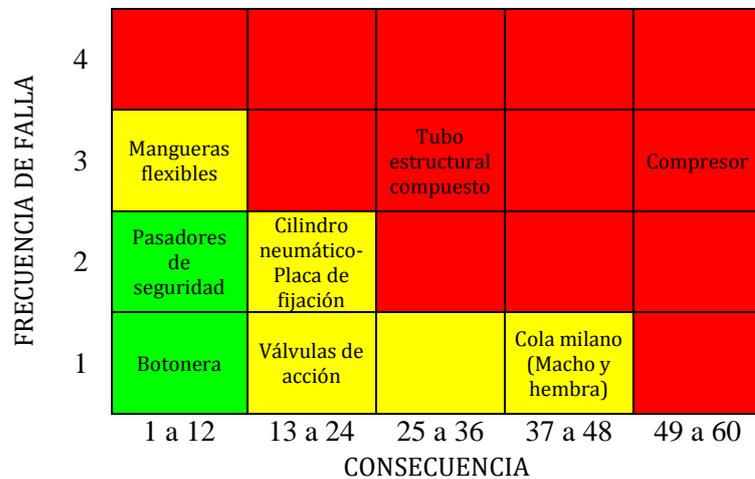


Gráfico 14. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de faldón

Autor: Fernando Guerra

Tabla 107. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de ventana

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> Registro No: 03v 										
SISTEMA	SISTEMA VENTANA	8730319720003				CÁLCULO DE CRITICIDAD			Estado de criticidad	
		Hoja:	3	de	8	IO	FO	CM		SAH
Neumático	Cilindro neumático	10	1	1	5	2	16	32	SC	
	Compresor	10	4	4	5	3	49	147	C	
	Válvulas de acción	8	2	1	0	1	17	17	NC	
	Mangueras flexibles	8	1	1	0	3	9	27	SC	
Guía	Cola de milano macho	8	4	4	5	1	41	41	SC	
	Cola de milano hembra	8	4	4	5	1	41	41	SC	
Fijación	Placas de fijación	5	2	1	2	2	13	26	SC	
	Pasadores de seguridad	1	1	1	2	2	4	8	NC	
Posición	Tubo estructural rectangular	8	2	4	5	3	25	75	C	
Eléctrico	Botonera	5	1	1	2	1	8	8	NC	
<b>PROMEDIO DE CRITICIDAD</b>						1,9	22,3	42,2		
	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>				<b>FIRMA</b>				
<b>REALIZÓ:</b>	Fernando Guerra	28/07/2015								
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015								
<b>VALIDÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015								

Autor: Fernando Guerra

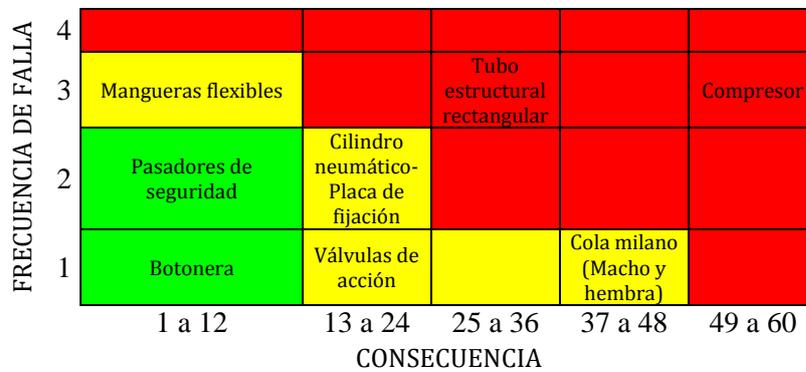


Gráfico 15. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de ventana

Autor: Fernando Guerra

Tabla 108. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de parantes

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> Registro No: 04p 										
SISTEMA	SISTEMA PARANTES	8730319720004				CÁLCULO DE CRITICIDAD			Estado de criticidad	
		Hoja:	4	de	8	IO	FO	CM		SAH
Anclaje	Platinas	5	1	1	0	1		6	6	NC
	Tornillos avellanados	1	1	1	0	1		2	2	NC
	Ángulos de anclaje	1	1	1	0	1		2	2	NC
Guía móvil	Cremallera	5	4	4	5	3		29	87	C
	Piñón	5	4	4	5	3		29	87	C
	Eje porta piñón	1	1	1	0	1		2	2	NC
	Perno-tuerca hexagonal	1	1	1	0	1		2	2	NC
Posición de parante	Guía U	5	4	1	5	2		26	52	C
	Tornillos socket	1	1	1	0	1		2	2	NC
	Platina posterior	5	2	1	5	2		16	32	C
<b>PROMEDIO DE CRITICIDAD</b>						1,6		11,6	27,4	
	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>				<b>FIRMA</b>				
<b>REALIZÓ:</b>	Fernando Guerra	28/07/2015								
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	09/08/2015								
<b>VALIDÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	09/08/2015								

Autor: Fernando Guerra

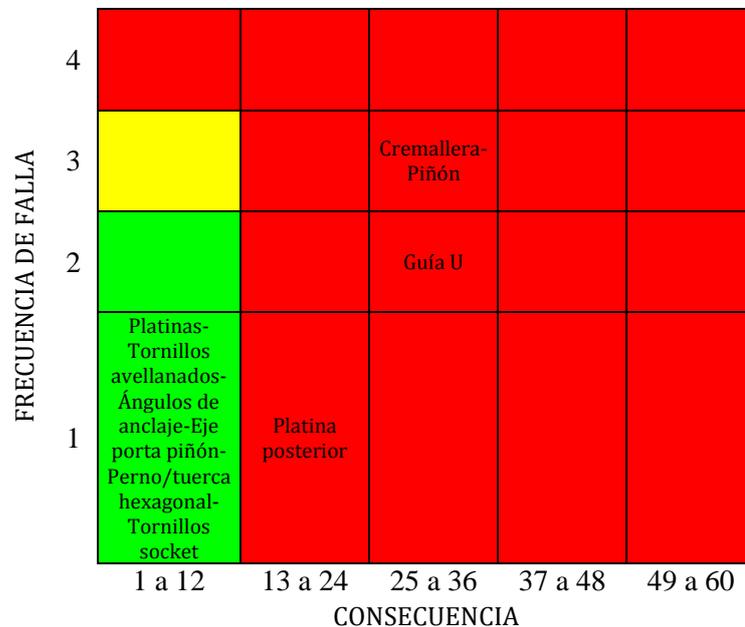


Gráfico 16. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de ventana

Autor: Fernando Guerra

Tabla 109. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de frente

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> Registro No: 05f 										
SISTEMA	SISTEMA FRENTE	8730319720005				CÁLCULO DE CRITICIDAD			Estado de criticidad	
		Hoja:	5	de	8	IO	FO	CM		SAH
Anclaje	Plancha fija	8	1	1	5	1	14	14	SC	
	Perno-tuerca hexagonal pesado	1	1	1	0	1	2	2	NC	
Guía fija	Guía U	8	1	1	5	2	14	28	C	
	Alzas topes	8	1	1	5	3	14	42	C	
Fijación	Tornillos socket	1	1	1	0	2	2	4	NC	
<b>PROMEDIO DE CRITICIDAD</b>						1,8	9,2	18,0		
	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>				<b>FIRMA</b>				
<b>REALIZÓ:</b>	Fernando Guerra	28/07/2015								
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015								
<b>VALIDÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015								

Autor: Fernando Guerra

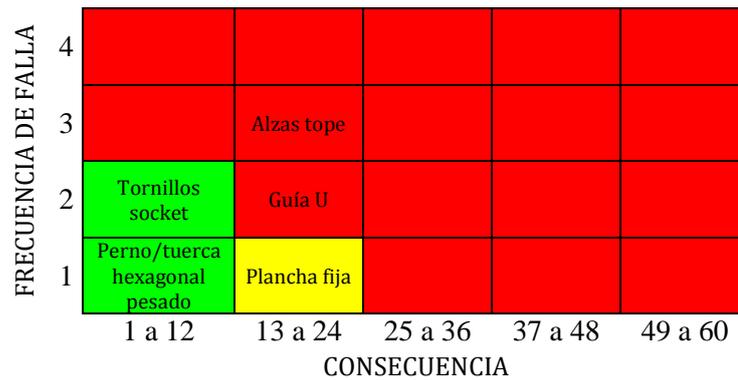


Gráfico 17. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de frente

Autor: Fernando Guerra

Tabla 110. Cálculo de criticidad del Sistema Posición de arriostre

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> Registro No: 06a 										
SISTEMA	SISTEMA ARRIOSTRE	8730319720006				CÁLCULO DE CRITICIDAD			Estado de criticidad	
		Hoja:	6	de	8	IO	FO	CM		SAH
Anclaje	Perno-tuerca hexagonal pesado	1	1	1	0	1	2	2	NC	
	Ángulos de anclaje	5	1	1	0	1	6	6	NC	
	Tubo rectangular base	5	4	1	0	1	21	21	SC	
Posición de arriostre	Guía U	5	4	4	5	2	29	58	C	
	Alzas Tope	5	4	1	5	3	26	78	C	
Fijación	Tornillos socket	1	1	1	0	1	2	2	NC	
<b>PROMEDIO DE CRITICIDAD</b>						1,5	14,3	27,8		
	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>				<b>FIRMA</b>				
<b>REALIZÓ:</b>	Fernando Guerra	29/07/2015								
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	09/08/2015								
<b>VALIDÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	09/08/2015								

Autor: Fernando Guerra

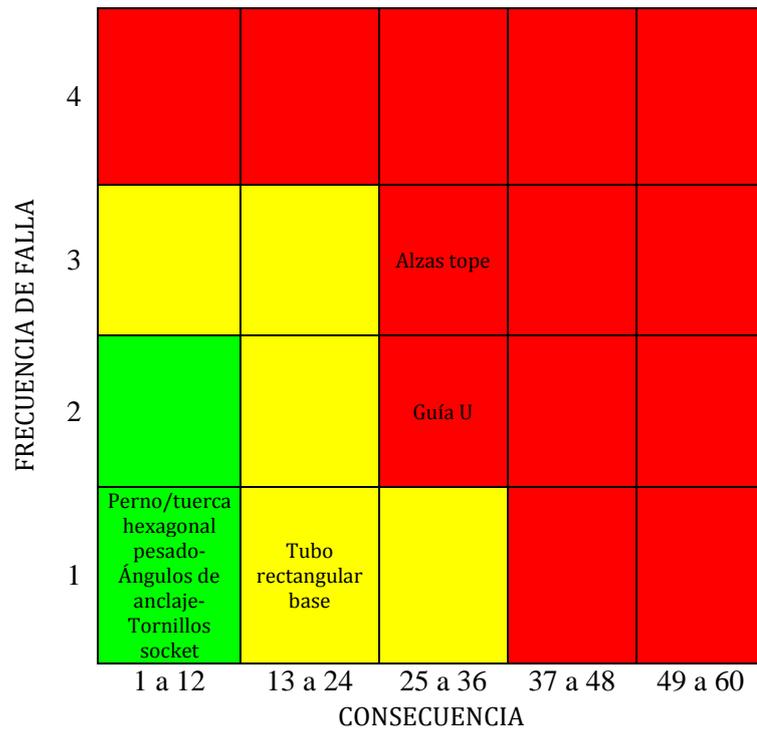


Gráfico 18. Matriz de Criticidad del Sistema Posicionamiento de arriostre

Autor: Fernando Guerra

Tabla 111. Cálculo de criticidad del Sistema de Ajuste

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> Registro No: 07a 										
SISTEMA	ELEMENTOS	8730319720007				CÁLCULO DE CRITICIDAD			Estado de criticidad	
		Hoja:	7	de	8	FF	CONSECUENCIA	CRITICIDAD		
		IO	FO	CM	SAH					
Anclaje	Tornillos socket	1	1	1	0	1	2	2	NC	
	Platina de clamp	5	4	4	0	2	24	48	C	
Manual	Clamp de ajuste	8	4	4	0	2	36	72	C	
<b>PROMEDIO DE CRITICIDAD</b>						1,67	20,7	40,7		
	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>				<b>FIRMA</b>				
<b>REALIZÓ:</b>	Fernando Guerra	29/07/2015								
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	09/08/2015								
<b>VALIDÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	09/08/2015								

Autor: Fernando Guerra

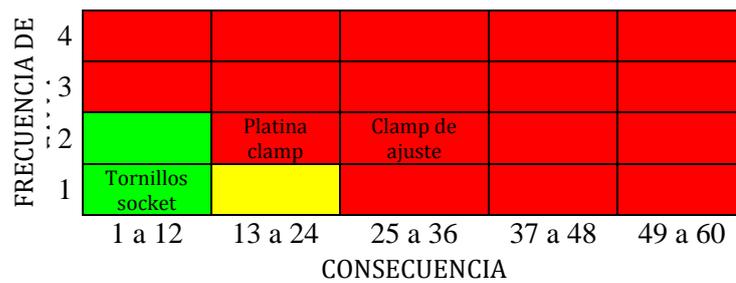


Gráfico 19. Matriz de Criticidad del Sistema de Ajuste

Autor: Fernando Guerra

Tabla 112. Cálculo de criticidad del Sistema de Desacople

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> Registro No: 08d 									
SISTEMA	SISTEMA DESACOPLE	8730319720008				CÁLCULO DE CRITICIDAD			Estado de criticidad
		Hoja:	8	de	8	FF	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	
	ELEMENTOS	IO	FO	CM	SAH				
Neumático	Cilindro neumático	5	1	4	5	2	14	28	SC
	Compresor	8	4	7	2	2	41	82	C
	Válvulas de acción	8	4	4	0	1	36	36	C
	Mangueras flexibles	5	1	1	2	3	8	24	SC
Anclaje	Bastidor	1	4	1	5	1	10	10	NC
	Porta cilindros	1	1	1	5	2	7	14	NC
Eléctrico	Botoneras	1	4	1	1	1	6	6	NC
<b>PROMEDIO DE CRITICIDAD</b>						1,83	19,3	32,3	
	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>				<b>FIRMA</b>			
<b>REALIZÓ:</b>	Fernando Guerra	29/07/2015							
<b>VERIFICÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015							
<b>VALIDÓ:</b>	Ing. Mg. Cristian Pérez	02/08/2015							

Autor: Fernando Guerra

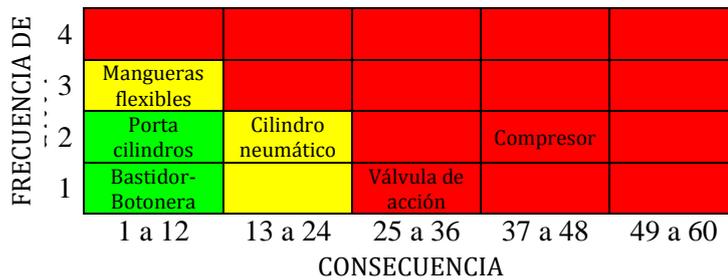


Gráfico 20. Matriz de Criticidad del Sistema de Desacople

Autor: Fernando Guerra

Tabla 113. Resumen del Análisis de criticidad del JIG de soldadura

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b> 				
MÁQUINA O ELEMENTO	CÁLCULO DE CRITICIDAD			Estado de criticidad
	FF	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	
SISTEMA ESTÁTICO	1,86	15,7	29,20	NC
SISTEMA POSICIÓN FALDÓN	1,92	22,7	43,58	NC
SISTEMA POSICIÓN VENTANA	1,9	22,3	42,37	NC
SISTEMA POSICIÓN PARANTES	1,6	11,6	18,56	NC
SISTEMA POSICIÓN FRENTE	1,8	9,2	16,56	NC
SISTEMA ARRIOSTRE	1,5	14,3	21,45	NC
SISTEMA AJUSTE	1,67	20,7	34,57	NC
SISTEMA DESACOPLE	1,83	19,3	35,32	NC

Autor: Fernando Guerra

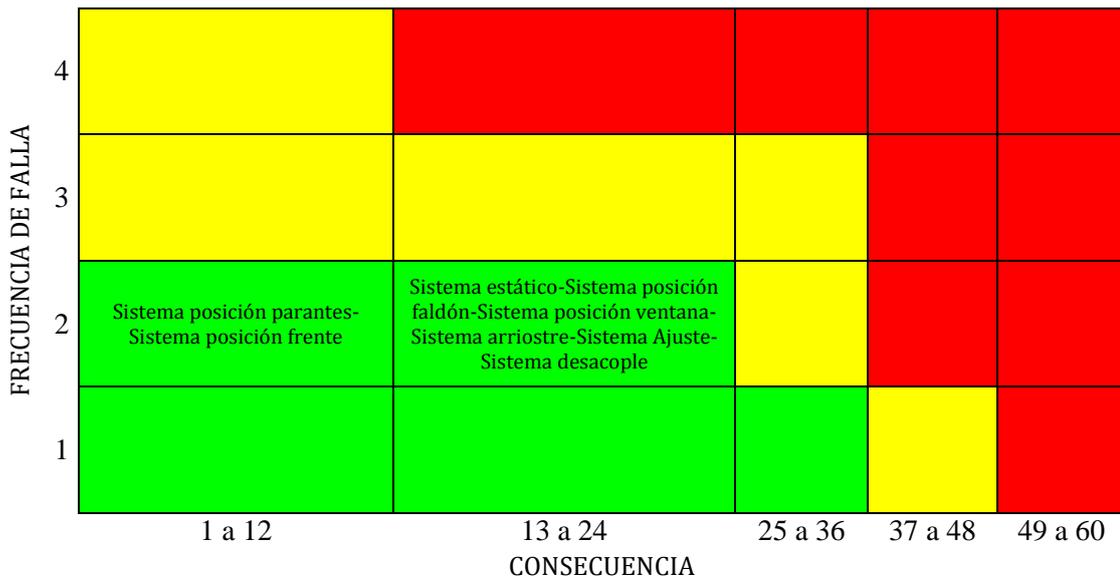


Gráfico 21. Matriz de Criticidad de los Sistemas del JIG de soldadura

Autor: Fernando Guerra

## **6.7. METODOLOGÍA O MODELO OPERATIVO**

Para la aplicación del método AMFE de forma genérica para diseños y procesos es necesario seguir la siguiente secuencia aplicable a diseños y procesos.

### **PASOS DE APLICACIÓN DEL MÉTODO AMFE**

#### **Paso 1: Nombre del producto y componente**

En el formato AMFE la primera columna corresponde al nombre del producto al que se aplica el método, así como los conjuntos y subconjuntos que lo conforman para así poder ser analizado tanto en diseño como en el proceso que se utilice en su fabricación.

#### **Paso 2: Operación o función**

La segunda columna corresponde a una información dependiente del AMFE en diseño o proceso.

- En el AMFE de diseño se escriben las funciones realizadas por cada componente, también se incluyen las interconexiones que existen entre cada componente.
- En el AMFE de proceso se escriben las operaciones realizadas durante todo el proceso de fabricación por cada componente donde se analiza operaciones de aprovisionamiento, de producción, embalaje, almacenamiento y transporte.

#### **Paso 3: Modo de fallo**

La tercera columna se puede describir los informes anteriores realizados en AMFE, estos tienen que estar relacionados con el producto o con el proceso actual. Se puede decir que un modo de fallo se da cuando un elemento o sistema no cumple o no funciona según lo especificado, o cuando no se logra lo que se desea de él. El fallo también es un error de alguna función o especificación. Un fallo puede darse sin ser detectado por el cliente aun así debe considerarse como fallo.

#### **Paso 4: Efecto/s del fallo**

Dado el caso de un fallo potencial, en la cuarta columna se escribe los efectos de fallo descritos por el cliente, estos deben ser los síntomas derivados del rendimiento o de las prestaciones del sistema.

Si se analiza una parte o componente es necesario revisar todo el sistema dando un resultado más claro del efecto. Cuando en un modo de fallo existen varios efectos a evaluar, se escoge el más crítico.

A continuación se describen los efectos típicos de fallo que se pueden dar en el diseño o proceso.

- **Para el diseño:** ruido, olor desagradable, acabado basto, inestable, inoperante, etc.
- **Para el proceso:** no se puede perforar, no se puede sujetar, no se puede montar, no puede alinearse, etc.

En la obtención de los efectos es necesario utilizar el “Diagrama causa-consecuencia” donde se considera que la consecuencia es el efecto.

#### **Paso 5: Gravedad del fallo**

Este indicador de gravedad del fallo se relaciona con los efectos del modo de fallo. En éste se valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Para encontrar este nivel se debe clasificar según los efectos del fallo. El valor del índice crece en función de:

- La insatisfacción del cliente. Producida por un gran nivel de descontento del mismo provocando que el cliente no compre más.
- La degradación de las prestaciones. La breve aparición de la avería.

- El coste de la reparación.

El índice de gravedad o también llamado de **Severidad** es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar unos criterios comunes en la empresa ha de utilizarse una tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de fallo, de forma que se objetivice la asignación de valores de **S**.

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones de diseño, y no se ve afectado por los controles actuales. Como la clasificación de gravedad está basada únicamente en el efecto de fallo, todas las causas potenciales del fallo para un efecto particular de fallo, recibirán la misma clasificación de gravedad.

#### **Paso 6: Características críticas**

Siempre que la gravedad sea 9 o 10, y que la frecuencia y detección sean superiores a 1, consideraremos el fallo y las características que le corresponden como críticas. Estas características, que pueden ser una cota o una especificación, se identificarán con un triángulo invertido u otro signo en el documento de AMFE, en el plan de control y en el plano si le corresponde. Aunque el NPR resultante sea menor que el especificado como límite, conviene actuar sobre estos modos de fallo.

#### **Paso 7: Causa del fallo**

En esta columna se reflejan todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo. La causa potencial de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras y/o preventivas puedan ser orientadas hacia las causas pertinentes.

Entre las causas típicas de fallo podrían citarse las siguientes:

- **en diseño:** porosidad, uso de material incorrecto, sobrecarga.
- **en proceso:** daño de manipulación, utillaje incorrecto, sujeción, amarre.

Decir que al igual que en la obtención de los efectos se hacía uso del diagrama "causa-efecto", a la hora de detectar las causas de un fallo se hace uso del "Árbol de fallos" que permitirá obtener las causas origen de un fallo.

### **Paso 8: Probabilidad de ocurrencia**

La probabilidad de ocurrencia sirve para determinar la posibilidad que se produzca una causa específica y se pueda presentar un modo de fallo. Este indicador es de carácter intuitivo más que un valor estadístico menos en casos de que se tenga un informe histórico fiable. Es así, que en esta columna se escribe el valor de probabilidad de ocurrencia de la causa específica. Además este índice de frecuencia está reflejado por la causa de fallo el mismo que consiste en proporcionar un cálculo probabilístico de ocurrencia en una escala del 1 al 10, como se muestra en la tabla 91. Cuando se clasifica por probabilidad de ocurrencia se consideran dos clases de probabilidades:

- La probabilidad de que se produzca la causa potencial de fallo. Aquí se debe evaluar todos los controles actuales usados evitando que se dé la causa de fallo en el elemento asignado.
- La probabilidad de que al ocurrirse la causa de fallo, ésta provoque el efecto nocivo (modo) indicado. En este cálculo se debe suponer que el causal de fallo y el modo de fallo son identificados previo a que el producto llegue al cliente.

Para reducir el índice de frecuencia se debe emplear algunas acciones:

- Cambiar el diseño y así reducir la probabilidad de que el causal de fallo se produzca.
- Aumentar o mejorar los sistemas tanto de control como prevención para impedir que de provoque el causal de fallo.

Se puede reducir el índice de frecuencia a una causa tratando directamente a la raíz de ésta. Además se puede mejorar el control de vigilancia por medio de una acción transitoria y hallar una solución que de una mejora ha dicho índice.

### **Paso 9: Controles actuales**

En esta columna se escriben todos los controles que existen actualmente previniendo las causas de fallo y detectar el efecto resultante.

### **Paso 10: Probabilidad de no Detección**

Este índice muestra la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo llegue al cliente. En este se define la “no detección” dando lugar a un crecimiento del índice de prioridad de forma análoga al resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Es así que este indicador se relaciona directamente con los controles de detección existentes. En la tabla 90, se muestra la relación entre la probabilidad de que el defecto alcance al cliente y el índice de no-detección.

No se debe confundir entre control y detección, ya que una operación de control puede ser 100 % eficaz, caso contrario a la detección que puede ser nula en casos de que las piezas no conformes sean finalmente enviadas por error al cliente.

En la mejora de este índice se puede mejorar el sistema de control de detección, aunque al hacerlo se aumentará el coste, que es el último medio al que se debe recurrir para mejorar la calidad. Algunos cambios en el diseño también pueden favorecer la probabilidad de detección.

### **Paso 11: Número de Prioridad de Riesgo (NPR)**

El Número de Prioridad de Riesgo (NPR) es el producto de la probabilidad de ocurrencia, la gravedad, y la probabilidad de no detección, este se debe calcular para cada causal de fallo. Se puede utilizar el NPR para priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras. El NPR también es denominado IPR (índice de prioridad de riesgo).

### **Paso 12: Definir responsables**

En esta columna se escriben los implicados a responder las diferentes acciones propuestas, de ser posible se puede escribir las fechas previstas de implantación de las mismas.

## 6.8. ADMINISTRACIÓN

El análisis económico del presente trabajo se presenta a continuación en una tabla donde se detallan todos los gastos que estuvieron presentes durante su desarrollo.

Tabla 114. Costo de rubros humanos para el Análisis AMFE

<b>RUBROS HUMANOS</b>	
<b>RUBROS DE GASTOS</b>	<b>VALOR (\$)</b>
Estudiante	200
<b>SUBTOTAL (1)</b>	<b>200</b>

Autor: Fernando Guerra

Tabla 115. Costo de rubros materiales para el Análisis AMFE

<b>RUBROS MATERIALES</b>	
<b>RUBROS DE GASTOS</b>	<b>VALOR (\$)</b>
Computadora	50
Material de oficina	20
Material bibliográfico	15
Transcripciones	15
Impresiones	20
Internet	10
<b>SUBTOTAL (2)</b>	<b>130</b>

Autor: Fernando Guerra

Tabla 116. Costo Total para la realización del Análisis AMFE

<b>COSTO TOTAL</b>	
<b>RUBROS DE GASTOS</b>	<b>VALOR (\$)</b>
SUBTOTAL (1)	200
SUBTOTAL (2)	130
<b>SUBTOTAL</b>	<b>330</b>
10% IMPREVISTOS	33
<b>TOTAL (\$)</b>	<b>363</b>

Autor: Fernando Guerra

## 6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Una vez hecho el JIG de soldadura, se pueden y deben hacer diseños de implementación de mantenimiento del dispositivo, también se puede realizar el procedimiento de uso del JIG.

Cuando ha transcurrido un año de funcionamiento del JIG, se puede actualizar el análisis AMFE, y evaluar el diseño, mediante los criterios y plantear soluciones o acciones correctoras.

Con un análisis más amplio de estos JIG's para carrocerías se puede indagar más sobre el campo de la mecatrónica y tratar de hacer los ensamblajes más controlados y mecánicos.

Una vez realizado el JIG de laterales se tienen ideas más claras de funcionamiento en conjunto, de guías, de matrices de posición, del desacople, del sistema de ajuste, para posteriormente diseñar y construir el JIG del techo o piso.

### **6.9.1. Conclusiones**

1. El análisis AMFE efectuado en un dispositivo nuevo, sirve principalmente como herramienta de iniciativa, en la acumulación de datos, para marcar un archivo de modos de falla y criticidad de funcionamiento, para al cabo de un periodo realizar acciones correctoras del mismo.
2. El análisis AMFE y matriz de criticidad se realizó individualmente en todos los sistemas involucrados en el dispositivo de ensamblaje.
3. En el análisis AMFE efectuado obtuvimos un número de prioridad de riesgos mayor o igual a 163, es decir que tenemos que enfocarnos en estos fallos y sus efectos.
4. Las principales causas de fallos son provocadas por la elevada temperatura y por la falta de mantenimiento preventivo.
5. En los sistemas críticos el índice operacional es elevado; y en la mayoría de sistemas existe un repuesto disponible.
6. La frecuencia de fallos es baja en la mayoría de sistemas, pero se ven presentes con frecuencia en los sistemas de matriz y en el sistema de posición de parantes en los elementos piñón-cremallera.

### **6.9.2. Recomendaciones**

1. En el desarrollo de AMFE estudiar los modos más frecuentes de fallos y la frecuencia de ocurrencia de los mismos, para planificar adecuadamente un

programa de mantenimiento que sería el siguiente paso luego del diseño y estudio de AMFE y criticidad del dispositivo de ensamblaje.

2. En el desarrollo de la matriz de criticidad se recomienda evaluar los sistemas críticos para brindar mayor seguridad al operario y vida útil al elemento o sistema.

3. Al momento de planificar el AMFE se recomienda informar a los jefes de producción, para que todos los empleados estén al tanto, y se pueda completar el análisis, ya que en sí, la tarea de AMFE es un trabajo de grupo, pero el investigador efectúo toda la labor.

4. Se recomienda realizar periódicamente un AMFE del proceso, para implementar acciones correctoras.

5. Tenemos que ser precavidos en los modos de fallos provocados por impacto y por la presencia de temperaturas elevadas.

6. El análisis AMFE, nos recomienda en múltiples ocasiones realizar una capacitación completa a los operarios del funcionamiento correcto del dispositivo de ensamblaje.

7. Obtener datos históricos o bitácoras del JIG de soldadura.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ACHIG, L. (2001). *Enfoques y Métodos de la Investigación Científica*. AFEFCE, Quito – Ecuador.
- [2] CARGUA, R y GAVILÁNES, D. (2009) *Diseño de un sistema de operaciones en métodos y tiempos para mejorar la productividad en las líneas de producción de galleta y caramelo en Industrias Alimenticias Fénix*. (Tesis Ingeniería Industrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- [3] CREUS, A. (2007) *Neumática e Hidráulica*, España.
- [4] Equipo de profesores del Centro de documentación. (2010). *Carrocerías y bastidores: Tipos, características, procesos de fabricación, elementos que los componen y métodos de ensamblado y unión de éstos*.
- [5] GARCÍA Criollo, Roberto, (1998). *Estudio del Trabajo: Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo*. Segunda Edición, McGraw Hill.
- [6] Ley s/n de 2011. De los ámbitos de operación del transporte terrestre. Junio 2012 25. RO S N° 731.
- [7] Mc CORMACK, Jack (2002) *Diseño de estructuras de acero Método LRFD*. ALFAOMEGA Grupo Editor, México – México.
- [8] MUÑOZ, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. Editorial PEARSON EDUCATION, México – México.
- [9] NARANJO. Galo (2004). *Tutoría de la Investigación Científica*. Editorial DIEMERINO. Quito – Ecuador.
- [10] Norma Técnica Ecuatoriano-NTE INEN 1 323:2009 *Vehículos automotores. Carrocerías de buses. Requisitos*.
- [11] Norma Técnica Ecuatoriano-NTE-INEN 2 205:2010 *Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos*.

[12] Norma Técnica Ecuatoriano –NTE-ISO 3 833-2008 primera revisión *Vehículos automotores, Tipos, Términos y Definiciones.*

[13] Reglamento Técnico Ecuatoriano-RTE-INEN 038:2010 *Bus Urbano.*

[14] Reglamento Técnico Ecuatoriano-RTE-INEN 043:2010 *Bus Interprovincial e Intraprovincial*

[15] Sistemas de anclaje y sujeción para concreto y mampostería C-SAS-2012SP  
Catálogo SIMPSON Strong-Tie.

[16] Tooling Catalog, Manufacture of tools and tool holders, for Brown &Sharpe  
Automatics, Michigan, USA

## LINKOGRAFÍA

[1] LÓPEZ, Francisco. Ensayo: *Fabricación y reparación de paneles laterales*. Recuperado en Mayo del 2014:

[http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1068379](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1068379)

[2] CANCECO, Carlos. Tesis: *La producción y su impacto en los costos de la empresa Produplic, período 2008-2010*. Recuperado en Mayo del 2014

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1459/TE0006.pdf?sequence=1>

[3] FUENTES, Miguel. 01-2014. *Cifras de producción por las carroceras de buses en Brasil*. Recuperado en Mayo del 2014.

<http://www.fanbus.cl/cifras-de-produccion-por-las-carrocerias-en-brasil>

[4] *México, octavo productor de vehículos pesados*. Recuperado en Mayo del 2014.

<http://eleconomista.com.mx/industrias/2013/12/04/mexico-octavo-productor-vehiculos-pesados>

[5] VELASTEGUÍ, Carlos. 02-3013. El comercio. *Industria carrocera en crecimiento*. Recuperado en Mayo del 2014.

[http://www.elcomercio.com.ec/negocios/Industria-carrocera-crecimiento-autos-Tungurahua\\_0\\_871712904.html](http://www.elcomercio.com.ec/negocios/Industria-carrocera-crecimiento-autos-Tungurahua_0_871712904.html)

[6] LÓPEZ, Carolina y PAUCAR, Mónica. Tesis: *Desarrollo y Aplicación de la metodología para la implementación de la norma ISO 9001-2000 en MIRAL AUTOBUSES*. Recuperado en Mayo 2014:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1420/1/85T00141.pdf>

[7] Catálogo Koom Transmisión por cremallera piñón

Recuperado en Mayo 2015:

<http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf>

## ANEXOS A

### Anexo 1. Propiedades mecánicas del Acero ASTM A500

Norma ASTM A500 Grado del Acero		PROPIEDADES MECÁNICAS (MÍNIMAS)				
		Límite de Fluencia MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Límite de Fluencia psi	Resistencia a la tracción MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción psi	% Elon- gación
Circular	A	228 (2320)	33000	310 (3170)	45000	25
	B	290 (2955)	42000	400 (4080)	58000	23
	C	317 (3230)	46000	427 (4360)	62000	21(*)
Cuadrado y rectangular	A	269 (2740)	39000	310 (3170)	45000	25
	B	317 (3230)	46000	400 (4080)	58000	23
	C	345 (3515)	50000	427 (4360)	62000	21(*)

(\*)Para espesores menores a 3 mm, el valor mínimo de elongación garantizado es de 15%.

Fuente: Industrias Unicon C.A.; Tubac S.A. (Guatemala)

### Anexo 2. Propiedades mecánicas del Acero ASTM A36 y F1554

Norma ASTM A36	PROPIEDADES MECÁNICAS				
	Límite de Fluencia MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Límite de Fluencia psi	Resistencia a la tracción MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción psi	% Elon- gación
mínima	250 (2550)	36000	400 (4078)	58000	20 <sup>(1)</sup>
máxima	-	-	550 (5608)	80000	23 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Elongación en 200 mm

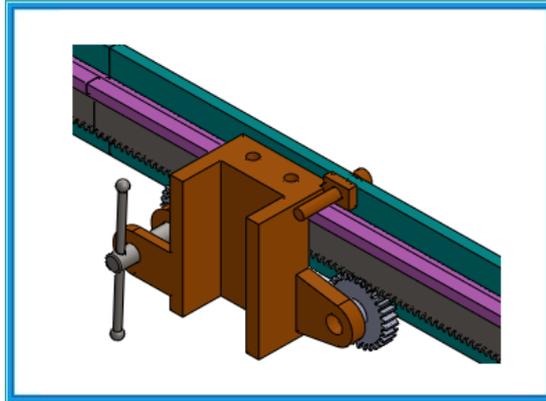
<sup>(2)</sup> Elongación en 50 mm (%)

Fuente: Hoja técnica del Acero ASTM A36/A36M-08, Empresa Ternium

Norma ASTM F1554 Grado	PROPIEDADES MECÁNICAS (MÍNIMAS)				
	Límite de Fluencia MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Límite de Fluencia psi	Resistencia a la tracción MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción ksi	% Elon- gación
36	248 (2530)	36000	400-551 (4080-5620)	58-80	23
55	379 (3865)	55000	517-655 (5273-6681)	75-95	21
105	724 (7384)	105000	861-1034 (8782-10546)	125-150	15

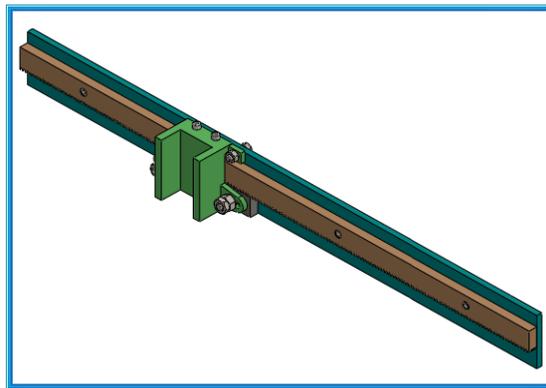
Fuente: Hoja técnica del Acero ASTM F1554/A36, Empresa Portland Bolt & Manufacturing Company

**Anexo 3. Sistema guía parante lateral (juego cremallera, piñones)**



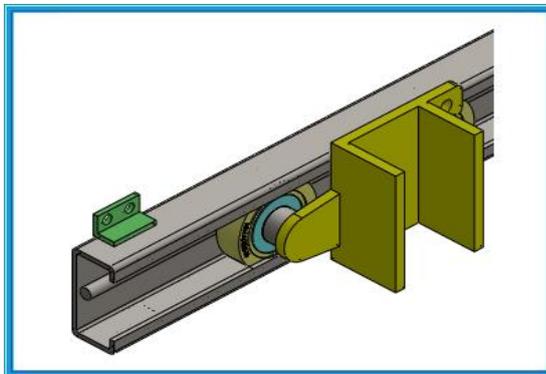
Autor: Fernando Guerra

**Anexo 4. Sistema guía parante lateral (juego cremallera macho-hembra)**



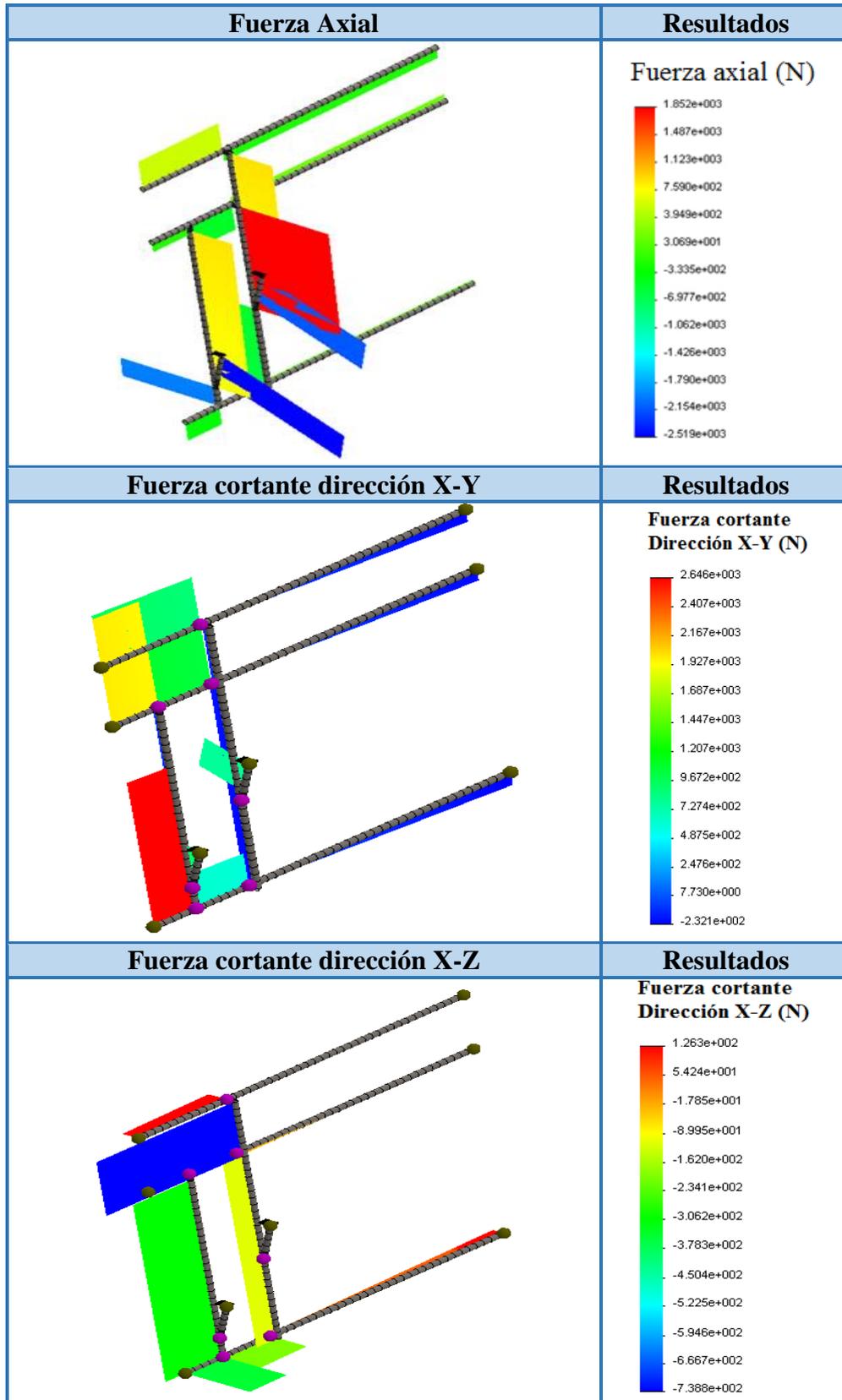
Autor: Fernando Guerra

**Anexo 5. Sistema guía parante lateral (juego riel rodamientos)**



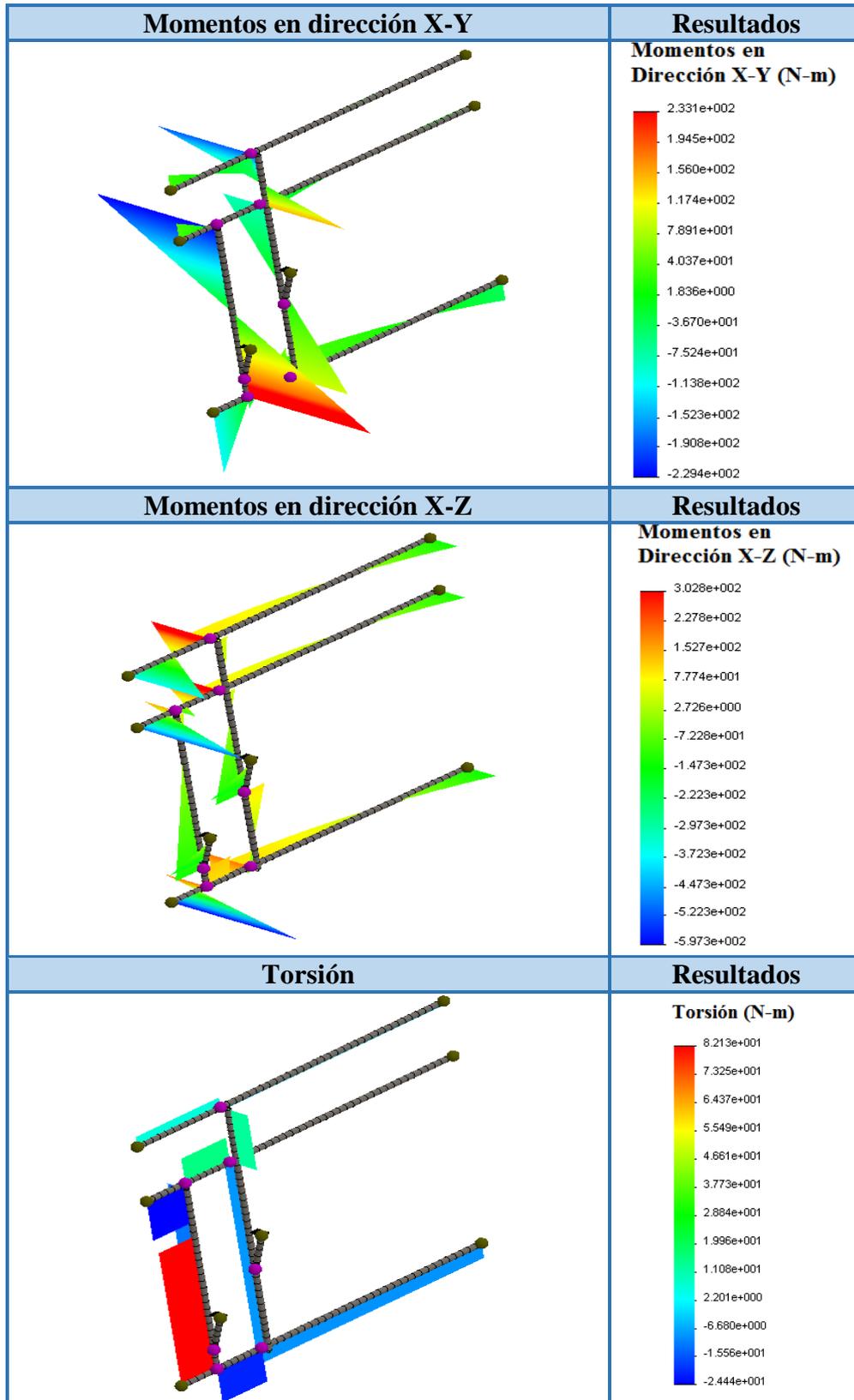
Autor: Fernando Guerra

## Anexo 6. Resultados FEM Análisis Armadura simple



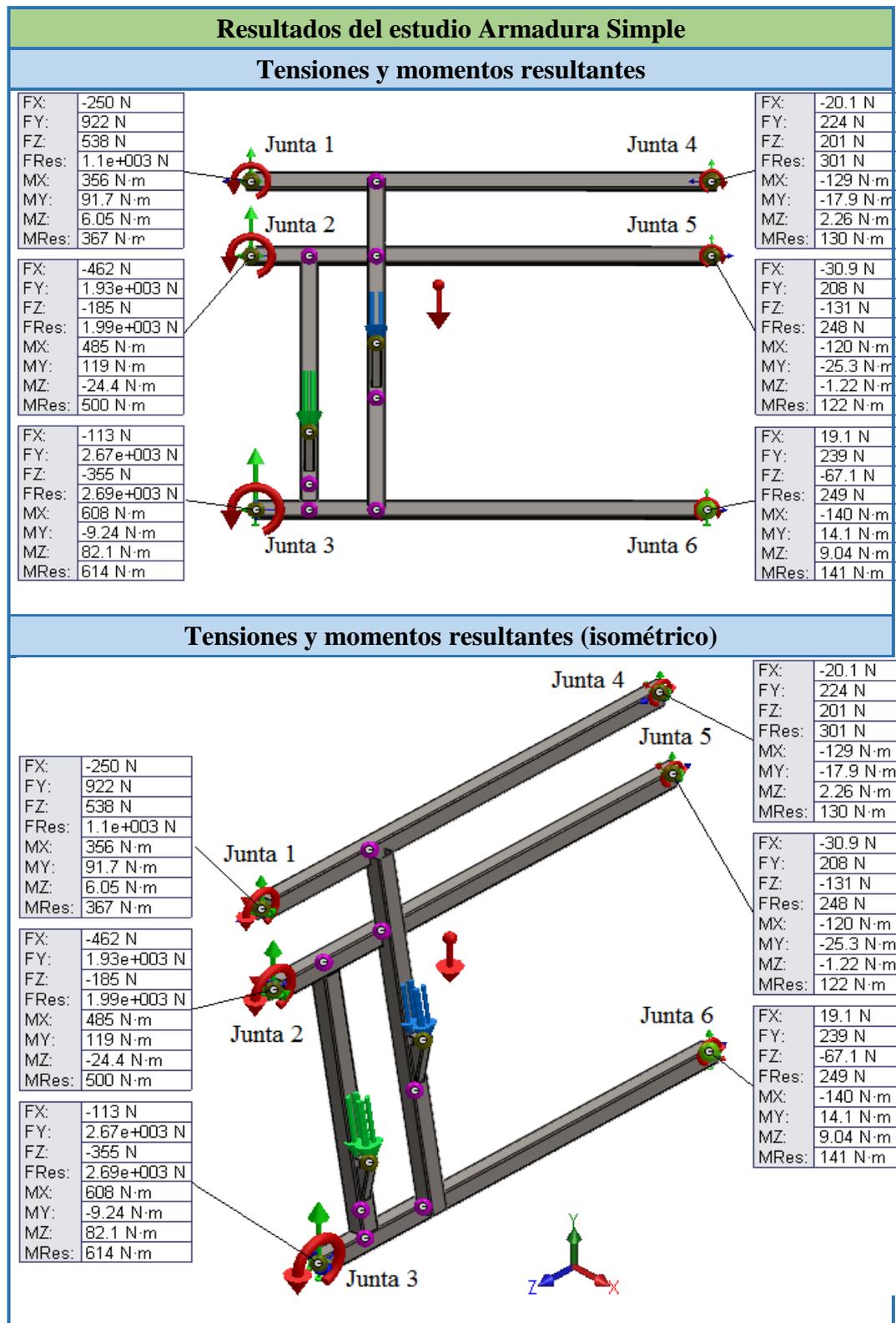
Autor: Fernando Guerra

## Anexo 7. Resultados FEM Análisis Armadura simple

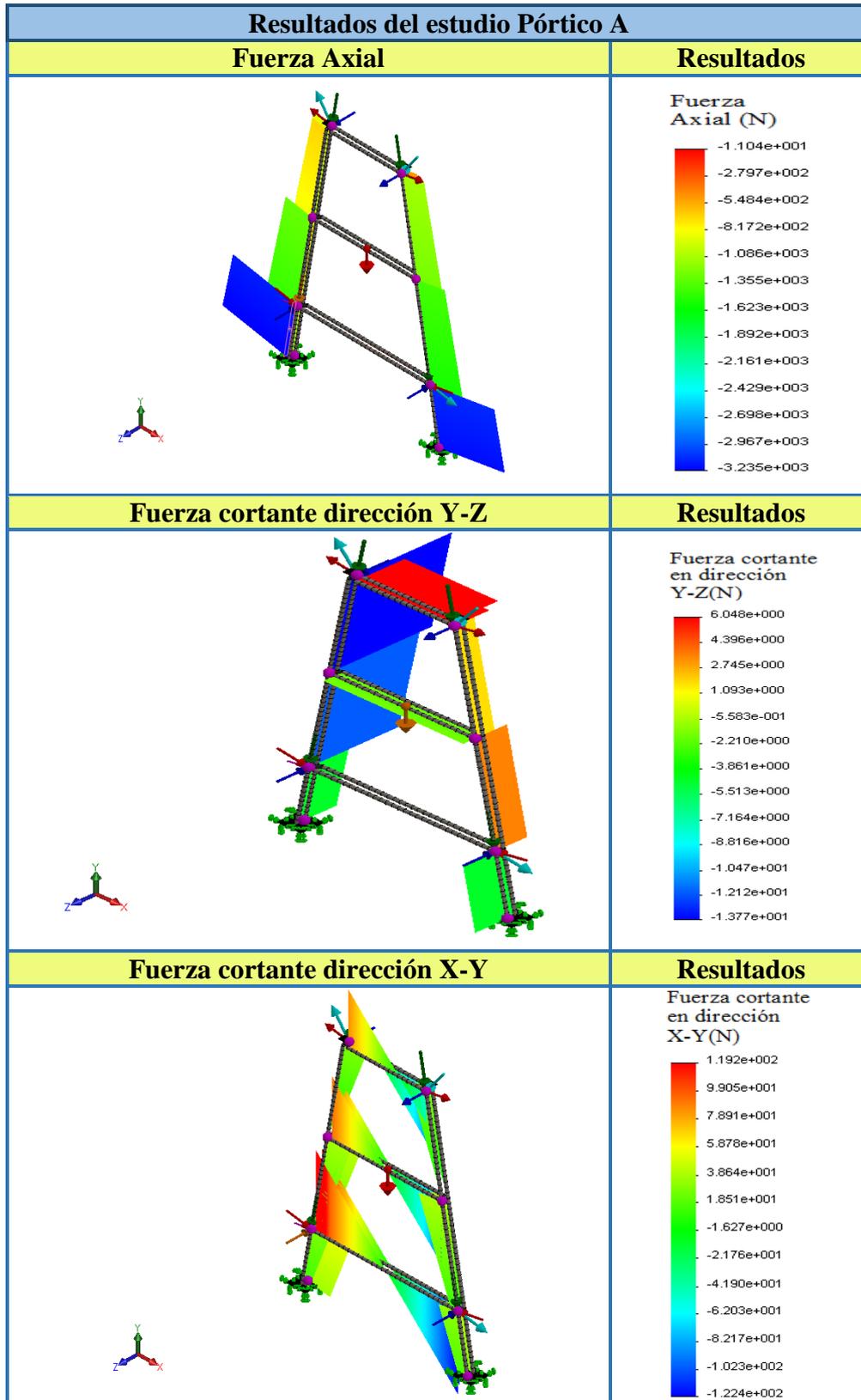


Autor: Fernando Guerra

## Anexo 8. Resultados FEM Análisis Armadura simple

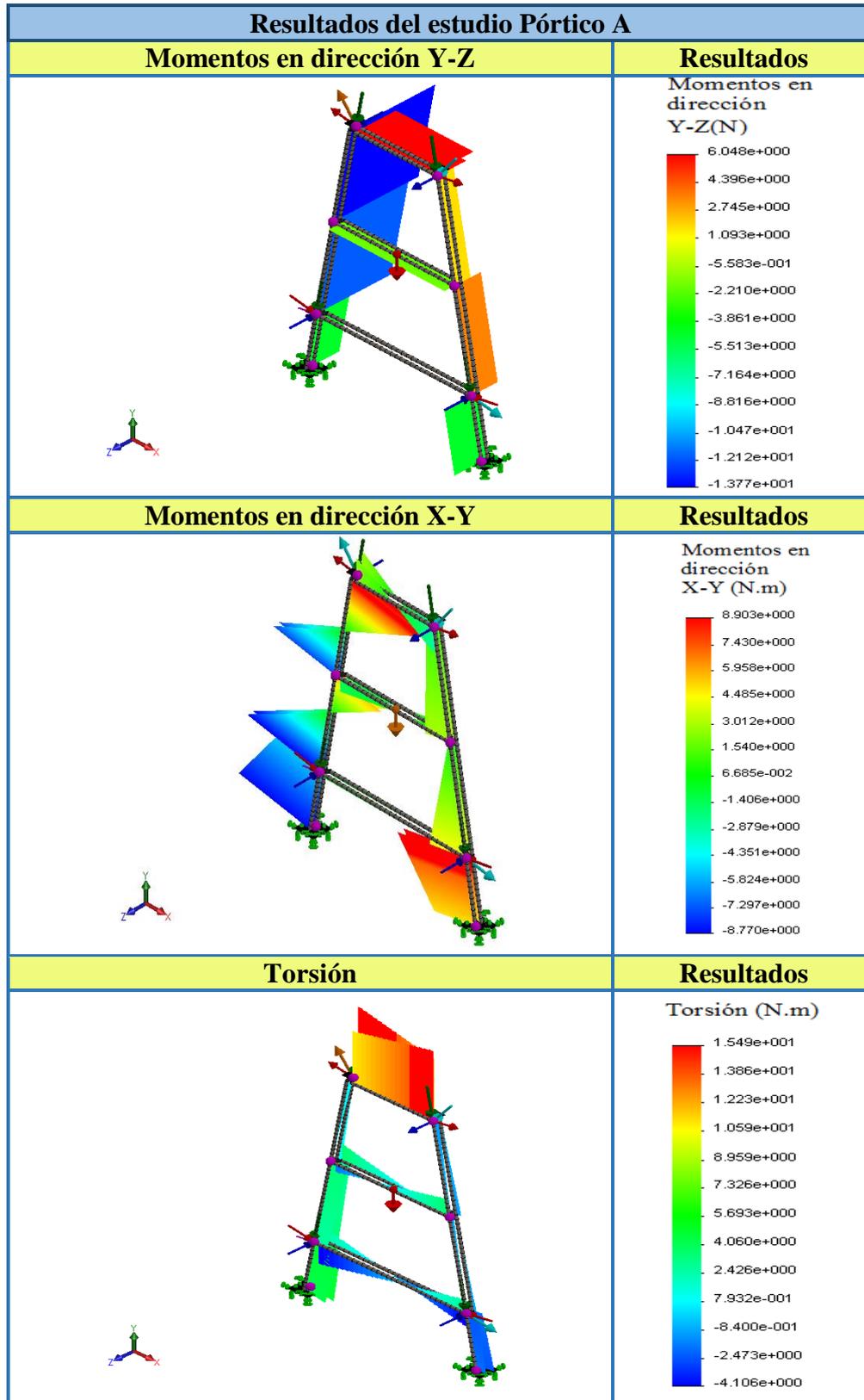


Anexo 9. Resultados FEM Análisis Pórtico A (bastidor principal)



Autor: Fernando Guerra

Anexo 10. Resultados FEM Análisis Pórtico A (bastidor principal)



Autor: Fernando Guerra

## Anexo 11. Hoja de especificación para el JIG de soldadura estático

### 1. INFORMACION GENERAL:

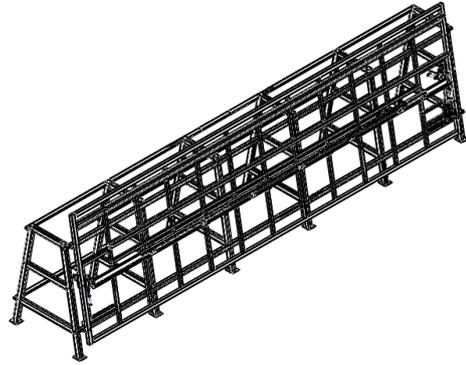
**Identificación:** Dispositivo de ensamblaje o JIG de soldadura para estructuras laterales estático.

**Cantidad:** 1

**Servicio:** Dispositivo de ensamblaje que sirve como matriz para el armado y posteriormente la unión mediante soldadura, el objetivo es una producción en serie de estructuras laterales.

**Tipo de dispositivo según su movimiento:** Estático.

**Costo Unitario:** US\$ 18756,78



### 2. REQUERIMIENTOS DE PROCESO:

Producción (u/día):	1
Tipo de trabajo:	Continuo
Carga total soportada (kg)	800,00
Modelos disponibles de ensamble:	Interprovincial (INFINITY) Urbano (QUANTUM) Escolar
Temperatura de trabajo (°C):	Ambiente
Temperatura de elementos en contacto con suelda (°C):	90
Soldadura sobre cabeza:	No frecuente
Remate de uniones soldadas	Sí

### 3. PARÁMETROS DE DISEÑO:

Alto (m):	3,89
Ancho (m):	2,39
Largo (m):	13,2
Longitud útil (m):	12,19
Ancho útil (m):	3,34
Material:	Acero estructural: ASTM A36, A500
Angulo de ensamble (°):	80

### 4. MANTENIMIENTO:

*Tipo de mantenimiento: Mantenimiento preventivo*

## Anexo 12. Hoja de especificación para el JIG de soldadura móvil

### 1. INFORMACION GENERAL:

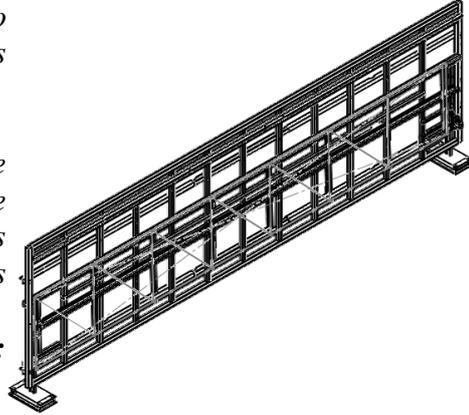
**Identificación:** JIG de soldadura móvil o Dispositivo de ensamblaje para estructuras laterales de tipo giratorio.

**Cantidad:** 1

**Servicio:** Dispositivo de ensamblaje que sirve como matriz para el armado y posteriormente la unión mediante soldadura, el objetivo es una producción en serie de estructuras laterales.

**Tipo de dispositivo según su movimiento:** Giratorio.

**Costo Unitario:** US\$ 44678



### 2. REQUERIMIENTOS DE PROCESO:

Producción (u/día):	1
Tipo de trabajo:	Continuo
Carga total soportada (kg)	450,00
Modelos disponibles de ensamble (excluyente):	Interprovincial (INFINITY) Urbano (QUANTUM) Escolar
Temperatura de trabajo (°C):	Ambiente
Temperatura de elementos en contacto con suelda (°C):	90
Soldadura sobre cabeza:	No
Remate de uniones soldadas	Sí

### 3. PARÁMETROS DE DISEÑO:

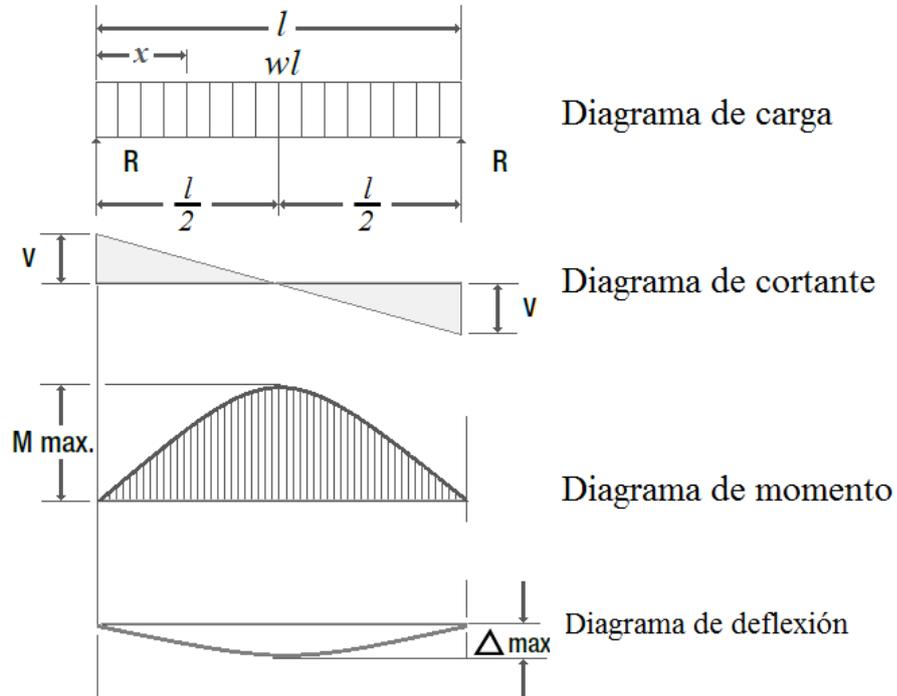
Alto (m):	2,58
Ancho (m):	2,1
Largo (m):	13,2
Longitud útil (m):	12,19
Ancho útil (m):	3,34
Material:	Acero estructural: ASTM A36, A500
Angulo de giro (°):	350
Tipo de transmisión:	Moto-reductor
Velocidad salida (RPM):	Bajas revoluciones 1-5
Velocidad entrada (RPM):	Medias revoluciones
Potencia (hp):	29,5
Tipo de Motor (conexión):	Trifásica

### 4. MANTENIMIENTO:

Tipo de mantenimiento: Mantenimiento preventivo

## Anexo 13. Diagrama de carga, cortante y momento flexionante

### 13.1. Para Viga simplemente apoyada – Carga uniformemente distribuida

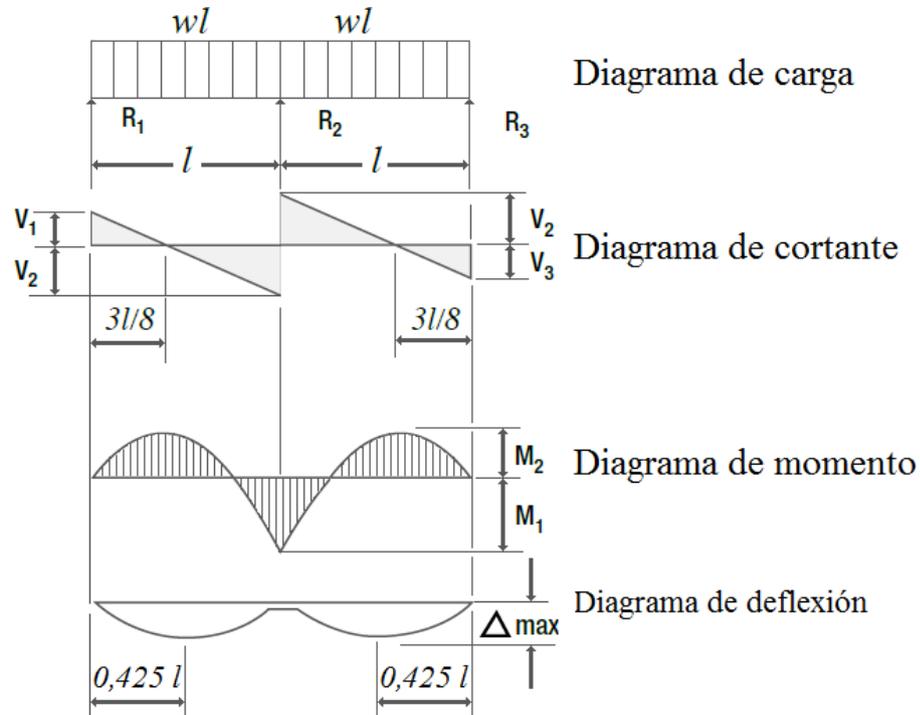


Carga equivalente	$= wl$
$R = V$	$= \frac{wl}{2}$
$V_x$	$= w \left( \frac{l}{2} - x \right)$
M máx (en el centro)	$= \frac{wl^2}{8}$
$M_x$	$= \frac{wx}{2} (l - x)$
$\Delta$ máx (en el centro)	$= \frac{5 wl^4}{384 EI}$
$\Delta_x$	$= \frac{wx}{24 EI} (l^3 - 2lx^2 + x^3)$

Fuente: Manual de Perfiles, ACESCO, Malambo, Atlántico – Colombia

## Anexo 13. Diagrama de carga, cortante y momento flexionante

### 13.2. Para Viga con dos luces continuas – Carga uniformemente distribuida



$$\text{Carga equivalente} = wl$$

$$R_1 = V_1 = R_3 = V_3 = \frac{3wl}{8}$$

$$R_2 = \frac{10wl}{8}$$

$$V_2 = V_{\text{máx}} = \frac{5wl}{8}$$

$$M_1 = \frac{wl^2}{8}$$

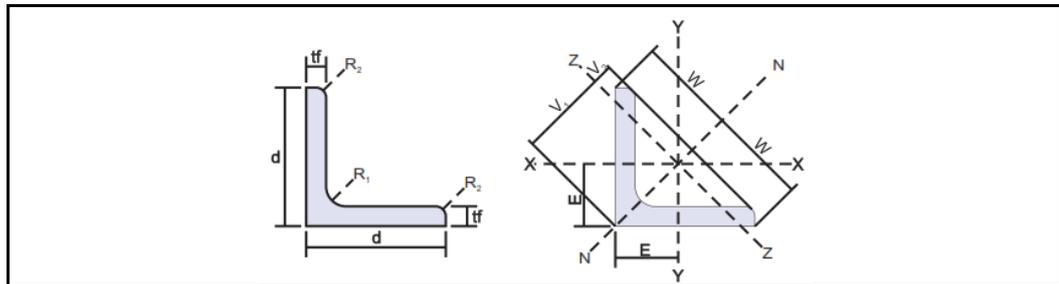
$$M_2 \left( \frac{3l}{8} \right) = \frac{9wl^2}{128}$$

$$\Delta_{\text{máx}} (0,4215 l \text{ aprox. desde } R_1 \text{ y } R_3)$$

$$= \frac{wl^4}{185 EI}$$

Fuente: Manual de Perfiles, ACESCO, Malambo, Atlántico – Colombia

## Anexo 14. Propiedades físicas de ángulos de alas iguales



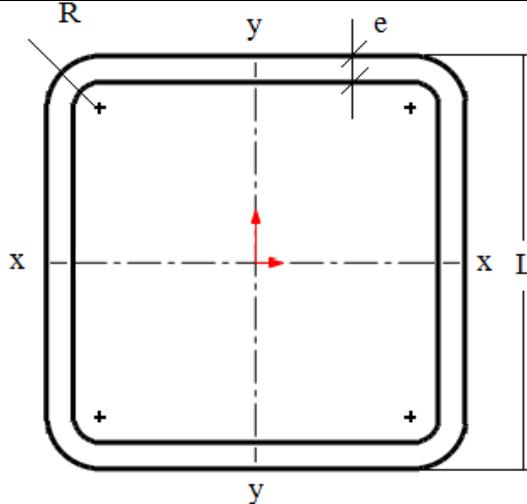
Designación	Área	Peso	Propiedades Estáticas en relación a los Ejes							
			X-X Y-Y			N-N		Z-Z		
Ld x d x tf mm x mm x mm	A cm <sup>2</sup>	P kgf/m	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> cm	I <sub>n</sub> cm <sup>4</sup>	r <sub>n</sub> cm	I <sub>z</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>z</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>z</sub> cm
L75x75x7	10,10	7,94	52,40	9,67	2,28	83,60	2,88	21,10	7,15	1,45
x8	11,50	9,03	58,90	11,00	2,26	93,30	2,85	24,40	8,11	1,46
L90x90x7	12,24	9,62	92,57	14,13	2,75	147,00	3,46	38,00	11,00	1,77
L100x100x8	15,50	12,20	145,00	19,90	3,06	230,00	3,85	59,90	15,50	1,96
x10	19,20	15,10	177,00	24,70	3,04	280,00	3,82	73,30	18,40	1,95
L110x110x8	17,11	13,43	195,20	24,40	3,38	310,00	4,26	80,52	19,10	2,17
x10	21,20	16,60	239,00	30,10	3,36	379,00	4,23	98,60	22,70	2,16
L120x120x10	23,18	18,20	313,00	36,00	3,68	497,00	4,73	129,00	27,60	2,37
x12	27,50	21,60	368,00	42,70	3,65	584,00	4,60	152,00	31,60	2,35

NOTA: Notación según norma COVENIN 1036-86

Fuente: Catálogo de aceros MAPLOCA, Caracas, Venezuela.

## Anexo 15. Propiedades físicas de tubo cuadrado estructural

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO	
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 metros
Otros largos	Previa consulta
Dimensiones	Desde 20 mm a 100 mm
Espesor	Desde 2,0 mm a 3,0 mm



A	Espesor	Peso	Área	Propiedades Estáticas					
				X-X		Y-Y		Z-Z	
L	e	P	A	I <sub>x</sub>	S <sub>x</sub>	r <sub>x</sub>	Z	J	C
mm	mm	kgf/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,679	1,97	5,462	18,064	7,480
	2,0	3,03	3,74	14,13	5,655	1,94	6,664	21,970	9,19
	2,5	3,60	4,58	16,93	6,773	1,92	8,078	26,507	11,2
	3,0	4,48	5,61	21,2	8,155	1,91	9,895	32,211	13,9

J = Módulo de torsión

Z = Módulo plástico

C = Constante torsional

**Nota:** Fuente adaptada de Catálogos de Acero Dipac, Manta-Ecuador.

## Anexo 16. Cargas de tensión en concreto de densidad normal

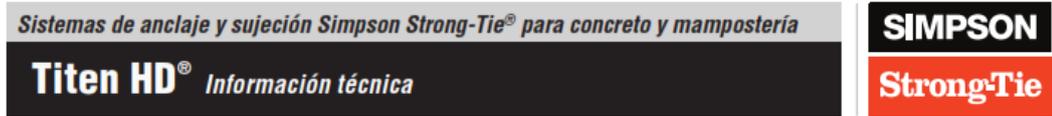
Anclaje de tornillo de servicio pesado para concreto fisurado y sin fisuras

					
Tamaño pulg (mm)	Diámetro de broca pulg	Profundidad de empotramiento pulg (mm)	Distancia crítica al borde pulg (mm)	Distancia de separación crítica pulg (mm)	Carga de tensión Concreto $f_c' \geq$ 3000 psi (20.7 MPa) Permissible lb (kN)
3/8 (9.5)	3/8	2 3/4 (70)	3 (76)	6 (152)	1,315 (5.8)
		3 3/4 (95)			2,115 (9.4)
1/2 (12.7)	1/2	2 3/4 (70)	4 (102)	8 (203)	1,400 (6.2)
		3 5/8 (92)			2,270 (10.1)
		5 3/4 (146)			3,240 (14.4)
5/8 (15.9)	5/8	2 3/4 (70)	5 (127)	10 (254)	1,400 (6.2)
		4 1/8 (105)			2,630 (11.7)
		5 3/4 (146)			3,955 (17.6)
3/4 (19.1)	3/4	2 3/4 (70)	6 (152)	12 (305)	1,405 (6.3)
		4 1/8 (117)			3,470 (15.4)
		5 3/4 (146)			4,055 (18.0)

**Nota:** Fuente adaptada de Sistemas de anclaje y sujeción para concreto y mampostería C-SAS-2012SP Catálogo SIMPSON Strong-Tie

Estas tablas no deben usarse con los métodos de diseño ASD

Anexo 17. Factores de ajuste de carga ( $f_c$ ) para anclajes en concreto de densidad normal



Factores de ajuste de carga para anclajes Titen HD® en concreto de densidad normal: distancia al borde, cargas de tensión y corte



Dist. al borde $C_{act}$ (pulg)	Diám.	3/8			1/2			5/8			3/4		
	E	2 3/4	3 3/4	2 3/4	3 3/8	5 3/4	2 3/4	4 1/8	5 3/4	2 3/4	4 5/8	5 3/4	
$C_{cr}$	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6		
$C_{min}$	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4		
$f_{cmin}$	0.83	0.73	0.67	0.57	0.73	0.67	0.57	0.59	0.67	0.48	0.58		
1 3/4	0.83	0.73	0.67	0.57	0.73	0.67	0.57	0.59	0.67	0.48	0.58		
2	0.86	0.78	0.71	0.62	0.76	0.70	0.60	0.62	0.69	0.51	0.60		
2 1/4	0.90	0.84	0.74	0.67	0.79	0.72	0.64	0.65	0.71	0.54	0.63		
2 1/2	0.93	0.89	0.78	0.71	0.82	0.75	0.67	0.68	0.73	0.57	0.65		
2 3/4	0.97	0.95	0.82	0.76	0.85	0.77	0.70	0.72	0.75	0.60	0.68		
3	1.00	1.00	0.85	0.81	0.88	0.80	0.74	0.75	0.77	0.63	0.70		
3 1/4			0.89	0.86	0.91	0.82	0.77	0.78	0.79	0.66	0.73		
3 1/2			0.93	0.90	0.94	0.85	0.80	0.81	0.81	0.69	0.75		
3 3/4			0.96	0.95	0.97	0.87	0.83	0.84	0.83	0.72	0.78		
4			1.00	1.00	1.00	0.90	0.87	0.87	0.84	0.76	0.80		
4 1/4						0.92	0.90	0.91	0.86	0.79	0.83		
4 1/2						0.95	0.93	0.94	0.88	0.82	0.85		
4 3/4						0.97	0.97	0.97	0.90	0.85	0.88		
5						1.00	1.00	1.00	0.92	0.88	0.90		
5 1/4									0.94	0.91	0.93		
5 1/2									0.96	0.94	0.95		
5 3/4									0.98	0.97	0.98		
6									1.00	1.00	1.00		

Consulte las notas a continuación



**Estas tablas no deben usarse con los métodos de diseño SD**

Fuente: Sistemas de anclaje y sujeción para concreto y mampostería C-SAS-2012SP Catálogo SIMPSON Strong-Tie

**Nota:** Estas tablas no deben usarse con los métodos de diseño SD

Con el diámetro del perno de anclaje 5/8", la distancia de empotramiento 4 1/8" y la distancia al borde de 2 1/2", tenemos:

$$f_c = 0,67$$

**Anexo 18. Tensión de separación ( $f_s$ ) para anclajes en concreto de densidad normal, Modelos de Tornillos de anclaje para servicio pesado**

Sistemas de anclaje y sujeción Simpson Strong-Tie® para concreto y mampostería

**Titen HD®** Información técnica

**SIMPSON Strong-Tie**

Tensión de separación ( $f_s$ )

$S_{act}$ (pulg)	Diám.	$\frac{3}{8}$			$\frac{1}{2}$			$\frac{5}{8}$			$\frac{3}{4}$		
	E	2¼	3¼	2¼	3¾	5¼	2¼	4¼	5¼	2¼	4¼	5¼	
$S_{cr}$	6	6	8	8	8	10	10	10	12	12	12		
$S_{min}$	1½	1½	2	2	2	2½	2½	2½	3	3	3		
$f_{smin}$	0.66	0.56	0.72	0.63	0.76	0.79	0.69	0.73	0.80	0.70	0.72		
1½		0.66	0.56										
2		0.70	0.61	0.72	0.63	0.76							
2½		0.74	0.66	0.74	0.66	0.78	0.79	0.69	0.73				
3		0.77	0.71	0.77	0.69	0.80	0.80	0.71	0.75	0.80	0.70		
4		0.85	0.80	0.81	0.75	0.84	0.83	0.75	0.78	0.82	0.73		
5		0.92	0.90	0.86	0.82	0.88	0.86	0.79	0.82	0.84	0.77		
6		1.00	1.00	0.91	0.88	0.92	0.89	0.83	0.86	0.87	0.80		
7				0.95	0.94	0.96	0.92	0.88	0.89	0.89	0.83		
8				1.00	1.00	1.00	0.94	0.92	0.93	0.91	0.87		
9							0.97	0.96	0.96	0.93	0.90		
10							1.00	1.00	1.00	0.96	0.93		
11										0.98	0.97		
12										1.00	1.00		

Consulte las notas a continuación

**Estas tablas no deben usarse con los métodos de diseño SD**



Sistemas de anclaje y sujeción Simpson Strong-Tie® para concreto y mampostería

**Titen HD®** Anclaje de tornillo de servicio pesado para concreto fisurado y sin fisuras

**SIMPSON Strong-Tie**

**Datos de producto del anclaje Titen HD® - enchapado en zinc**

Tamaño (pulg.)	No. de modelo	Diám. de broca (pulg)	Tamaño de la llave (pulg)	Cantidad	
				Caja	Paquete
5/8 x 4	THD62400H	5/8	15/16	10	40
5/8 x 5	THD62500H			10	40
5/8 x 6	THD62600H			10	40
5/8 x 6 1/2	THD62612H			10	40
5/8 x 8	THD62800H			10	20

Fuente: Sistemas de anclaje y sujeción para concreto y mampostería C-SAS-2012SP Catálogo SIMPSON Strong-Tie

**Nota:** Estas tablas no deben usarse con los métodos de diseño SD.

Se debe interpolar el valor de  $f_s$  con  $S_{act} = 6,5$  pulg  
 $f_s = 0,854$

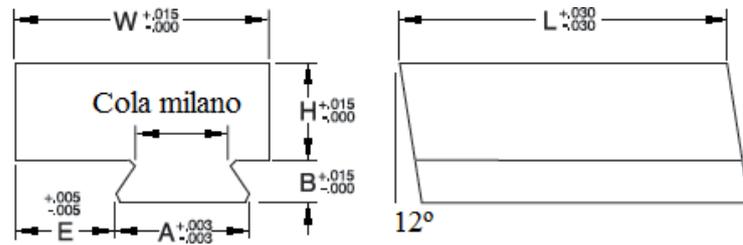
## Anexo 19. Resultados CAE Análisis de pernos de anclaje

Resultados del estudio de pernos de anclaje	
Diseño de pernos de anclaje y zapata de concreto	Resultados
<p>3D-Model</p> <p>Chart   ✓ Cmin ≥ 1.75   ✓ Smin ≥ 3.00   ✗ N = -   ✗ V = -   ✗ N+V = -   <b>Fail</b></p>	FALLA
<p>3D-Model</p> <p>Chart   ✓ Cmin ≥ 1.75   ✓ Smin ≥ 3.00   ✓ N = 19 %   ✓ V = 3 %   ✓ N+V = 19 %   <b>Pass</b></p>	CUMPLE

**Nota:** Se recomienda que la profundidad de la zapata sea mayor o igual a 6,5 pulgadas, para que los pernos de anclaje cumplan su función.

Autor: Fernando Guerra

## Anexo 20. Dimensiones normalizadas de las guías cola de milano (dovetail)



Endurecido y molido  
3/8" Cola de milano

H	W	L	A	B	E	M-42	T-15	76 PM
3/4"	1"	1"	0.6995	0.297	0.281	FDB-8420	FDB-8620	FDB-8820

1 1/4" Cola de milano

H	W	L	A	B	E	M-42	T-15	76 PM
1"	1 1/4"	15/16"	0.951	0.297	0.281	FDB-8435	FDB-8635	FDB-8835
1"	1 1/2"	2 1/4"	0.951	0.297	0.531	FDB-8439	FDB-8639	FDB-8839

1 1/4" Cola de milano

H	W	L	A	B	E	M-42	T-15	76 PM
1 1/2"	3"	2 1/4"	1.882	0.547	0.625	FDB-8459	FDB-8659	FDB-8859



Fuente: Tooling Catalog for Brown & Sharpe Automatics, Michigan, USA

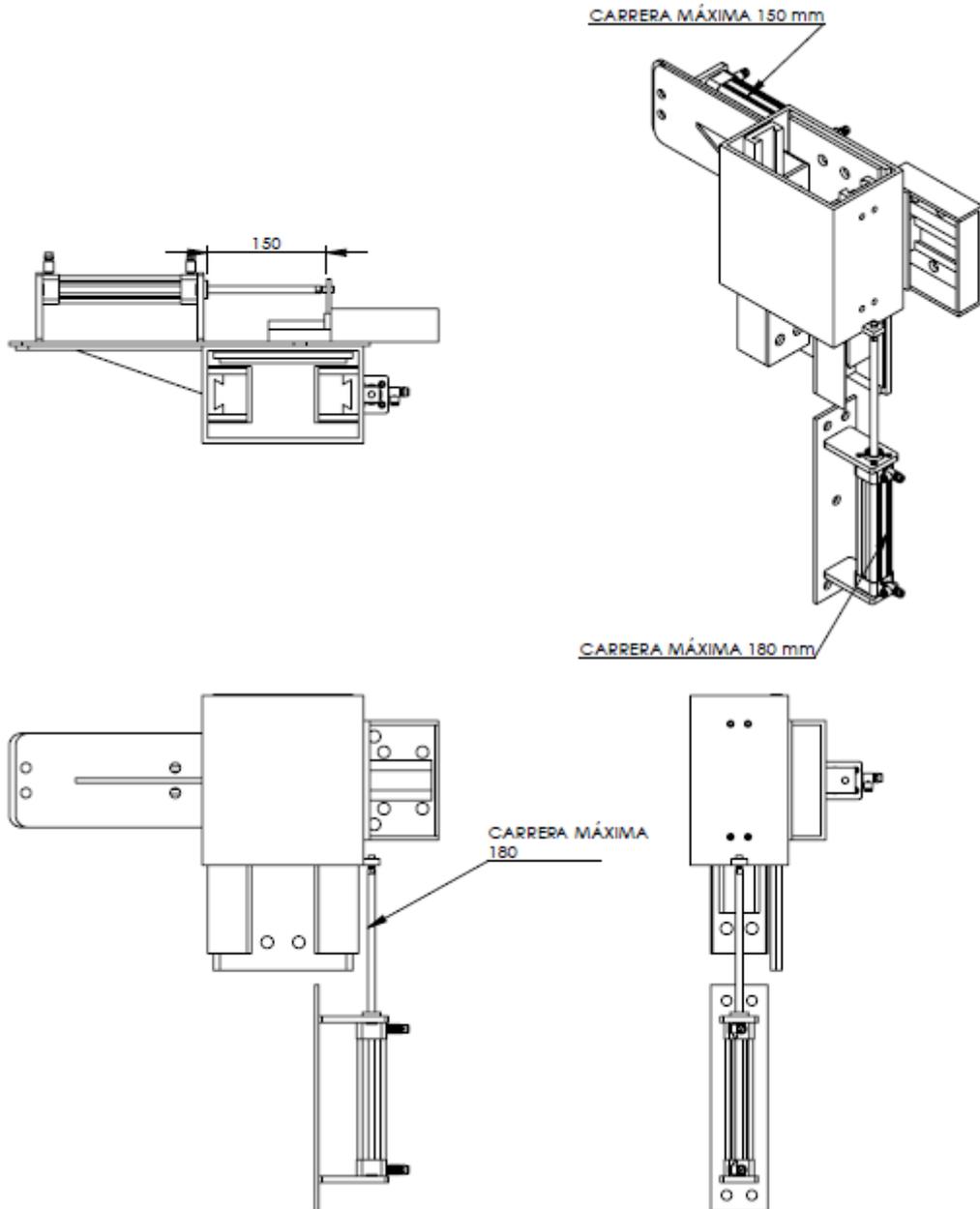
**Anexo 21. Catálogo de Cilindros neumáticos E-MC**



																			
Diámetro cilindro (mm)	32		40		50		63		80		100		125		160		200		
Diámetro vástago (mm)	12		16		20		20		25		25		32		40		40		
Tipo de actuador	Doble efecto		Doble efecto		Doble efecto		Doble efecto		Doble efecto		Doble efecto		Doble efecto		Doble efecto		Doble efecto		
	FE	FT	FE	FT	FE	FT	FE	FT	FE	FT	FE	FT	FE	FT	FE	FT	FE	FT	
(mm <sup>2</sup> ) Área actual de trabajo	804	690	1256	1055	1963	1649	3117	2803	5026	4536	7853	7362	12272	11468	20106	18849	31416	30157	
Presión de trabajo (MPa)	0.1	80.4	69.0	125.6	105.5	196.3	164.9	311.7	280.3	502.6	453.6	785.3	736.2	1227.2	1146.8	2010.6	1884.9	3141.1	3015.7
	0.2	160.8	138.0	251.2	211.0	392.6	329.8	623.4	560.6	1005.2	907.2	1570.6	1472.4	2454.4	2293.6	4021.2	3769.8	6283.2	6031.4
	0.3	241.2	207.0	376.8	316.5	588.9	494.7	935.1	840.9	1507.8	1360.8	2355.9	2208.6	3681.0	3440.4	6031.8	5654.7	9424.8	9047.1
	0.4	321.6	276.0	502.4	422.0	785.2	659.6	1246.8	1121.2	2010.4	1814.4	3141.2	2944.8	4908.8	4587.2	8042.4	7539.6	12566.4	12062.8
	0.5	402.0	345.0	628.0	527.5	981.5	824.5	1558.5	1401.5	2513.0	2268.0	3926.5	3681.0	6136.0	5734.0	10053.0	9424.5	15708.0	15078.5
	0.6	482.4	414.0	753.6	633.0	1177.8	989.4	1870.2	1681.8	3015.6	2721.6	4711.8	4417.2	7363.2	6880.8	12063.6	11309.4	18849.6	18094.2
	0.7	562.8	483.0	879.2	738.5	1374.1	1154.3	2181.9	1962.1	3518.2	3175.2	5497.1	5153.4	8590.4	8027.6	14074.2	13194.3	21991.2	21109.9
	0.8	643.2	552.0	1004.8	844.0	1570.4	1319.2	2493.6	2242.4	4020.8	3628.8	6282.4	5889.6	9817.6	9174.4	16084.8	15079.2	25132.8	24125.6
	0.9	723.6	621.0	1130.4	949.5	1766.7	1484.1	2805.3	2522.7	4523.4	4082.4	7067.7	6625.8	11044.8	10321.2	18095.4	16964.1	28274.4	27141.3

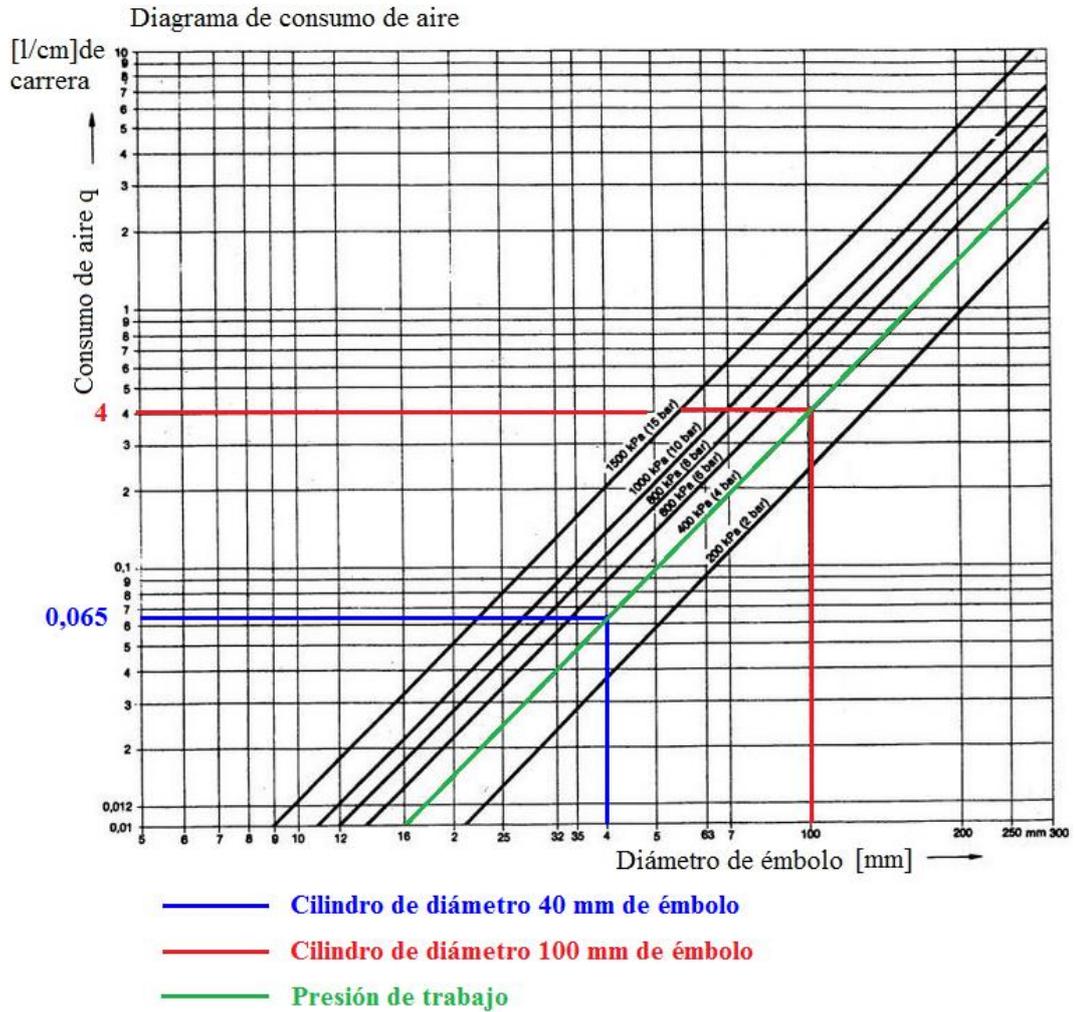
Fuente: Adaptado del catálogo de cilindros neumáticos E.MC

**Anexo 22. Esquema de funcionamiento de cilindros neumáticos (accionados secuencialmente) para posicionamiento de faldón**



Fuente: Diseño del sistema posicionamiento de faldón en software de modelado CAD. Diseñado por Fernando Guerra (Autor)

## Anexo 23: Diagrama de consumo de aire



Fuente: [http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item\\_797523](http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise/valvulas-corredera-36315-797563.html#product-item_797523)

## Anexo 24: Consumo de aire en los cilindros



*Sección horizontal*

### CONSUMO DE AIRE EN LOS CILINDROS

Diámetro cilindro D mm	Diámetro eje d mm	Movimiento	cm <sup>2</sup>	Consumo de aire en empuje y tracción en NI/cm de carrera, en función de la presión de ejercicio P en bar, a 20°C									
				1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar
12	4	empuje	1,13	0,0023	0,0034	0,0045	0,0057	0,0068	0,0079	0,0090	0,0102	0,0113	0,0124
		tracción	1,00	0,0020	0,0030	0,0040	0,0050	0,0060	0,0070	0,0080	0,0090	0,0100	0,0110
16	6	empuje	2,01	0,0040	0,0060	0,0080	0,0100	0,0121	0,0141	0,0161	0,0181	0,0202	0,0221
		tracción	1,73	0,0035	0,0052	0,0069	0,0086	0,0104	0,0121	0,0138	0,0156	0,0173	0,0190
20	8	empuje	3,14	0,0063	0,0094	0,0126	0,0157	0,0188	0,0220	0,0251	0,0283	0,0314	0,0346
		tracción	2,64	0,0053	0,0079	0,0106	0,0132	0,0158	0,0185	0,0211	0,0238	0,0264	0,0290
25	12	empuje	4,91	0,0098	0,0147	0,0196	0,0245	0,0295	0,0344	0,0393	0,0442	0,0491	0,0540
		tracción	3,78	0,0076	0,0113	0,0151	0,0189	0,0227	0,0264	0,0302	0,0340	0,0378	0,0415
32	12	empuje	8,04	0,016	0,024	0,032	0,040	0,048	0,056	0,064	0,072	0,080	0,088
		tracción	6,91	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042	0,049	0,058	0,063	0,070	0,076
40	16	empuje	12,56	0,025	0,038	0,050	0,063	0,076	0,088	0,100	0,113	0,126	0,138
		tracción	10,55	0,021	0,032	0,042	0,053	0,063	0,074	0,088	0,095	0,106	0,116
50	20	empuje	19,63	0,039	0,059	0,079	0,098	0,118	0,137	0,157	0,177	0,196	0,216
		tracción	16,49	0,033	0,050	0,066	0,082	0,099	0,115	0,132	0,149	0,165	0,181
63	20	empuje	31,16	0,062	0,093	0,125	0,156	0,187	0,218	0,249	0,280	0,312	0,343
		tracción	28,02	0,056	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280	0,308
80	25	empuje	50,24	0,100	0,150	0,200	0,250	0,301	0,351	0,402	0,452	0,502	0,552
		tracción	45,36	0,091	0,138	0,181	0,227	0,272	0,318	0,363	0,408	0,454	0,500
100	32	empuje	78,54	0,157	0,238	0,314	0,382	0,471	0,549	0,628	0,706	0,785	0,862
		tracción	70,50	0,141	0,211	0,282	0,352	0,423	0,493	0,564	0,635	0,705	0,775
125	32	empuje	122,66	0,245	0,368	0,490	0,613	0,736	0,859	0,981	1,104	1,226	1,349
		tracción	114,67	0,229	0,344	0,459	0,573	0,688	0,803	0,917	1,032	1,147	1,262
160	40	empuje	201,06	0,402	0,603	0,804	1,005	1,206	1,407	1,608	1,809	2,010	2,211
		tracción	188,49	0,377	0,565	0,754	0,942	1,130	1,319	1,508	1,696	1,884	2,073
200	40	empuje	314,15	0,628	0,942	1,257	1,571	1,885	2,199	2,513	2,827	3,145	3,456
		tracción	301,59	0,603	0,905	1,206	1,508	1,810	2,111	2,413	2,714	3,016	3,318

### FUERZA DE LOS MUELLES DE LOS CILINDROS DE SIMPLE EFECTO (TEÓRICA)

Cilindro ISO 6431 Simple Efecto				Cilindro SSC Simple Efecto			
Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N	Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N
32	63	250	35	12	6	25	1,5
40	88	250	51	16	7	25	3
50	102	250	64	20	12	25	4
63	102	250	64	25	14	25	5
				32	33	50	6
				40	45	50	15
				50	70	50	20
				63	81	50	25
Cilindro ISO 6432 Simple Efecto				Cilindro redondo simple efecto			
Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N	Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N
8	3	50	1	32	86	250	34
10	5	50	1	40	95	250	50
12	7	50	3	50	108	250	62
16	20	50	5				
20	22	50	12				
25	28	50	17				
Cilindro de cartucho Simple Efecto				Cilindro de cartucho Simple Efecto			
Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N	Diámetro mm	Fuerza del muelle comprimido N	Carrera max mm	Fuerza del muelle extendido N
6	5.03	15	-	6	5.03	15	-
10	7.05	15	-	10	7.05	15	-
16	7.05	15	-	16	7.05	15	-

$$P = P_1 + \frac{(P_2 - P_1)}{C_{max}} \cdot C_x$$

$P_1$  = Fuerza del muelle extendido  
 $P_2$  = Fuerza del muelle comprimido  
 $C_x$  = Carrera deseada  
 $C_{max}$  = Carrera max.

1.1/04

Fuente: Catálogo METAL WORK

## Anexo 25. Sistemas guía instalados en dispositivo actual

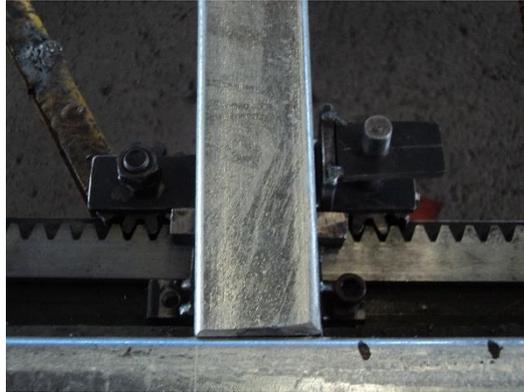


Figura 44. Guía de posición piñon cremallera

Fotografía: Fernando Guerra, Autorización: Ing. Braulio Atacusi

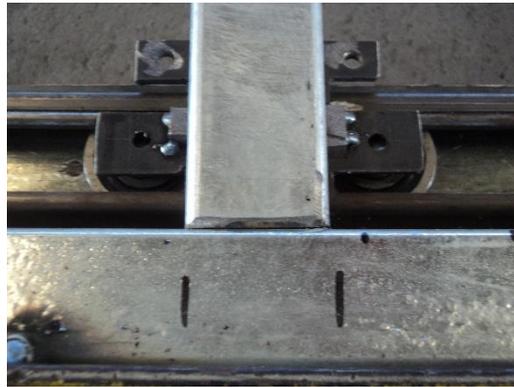


Figura 45. Guía de posición sistema rodamientos

Fotografía: Fernando Guerra, Autorización: Ing. Braulio Atacusi



Figura 46. Guía de posición cremallera macho-hembra

Fotografía: Fernando Guerra, Autorización: Ing. Braulio Atacusi

**Anexo 26. Costos para construir el JIG de soldadura**

<b>COSTO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES PARA JIG DE SOLDADURA</b>						
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>V.UNIT (\$)</b>	<b>V.TOTAL (\$)</b>
1	Perfil UPN 120x55x7 (A36)	6	m	4	98,34	393,36
4	Tubo rectangular estructural 100x50x3 (A500)	6	m	16	39,15	626,40
5	Ángulo 100x100x10 (A36 laminado)	6	m	15	133,5	2002,50
8	Tubo cuadrado estructural 75x75x4 (A500)	6	m	24	52,3	1255,20
8	Tubo cuadrado estructural 100x100x5 (A500)	6	m	11	131,68	1448,48
11	Plancha 4x8x3/8"	1	plancha	1	149,83	149,83
12	Plancha 4x8x1/4"	1	plancha	1	100,16	100,16
13	Plancha 4x8x1/2"	1	plancha	1	199,75	199,75
14	Plancha 4x8x5/8"	1	plancha	1	248,05	248,05
15	Perno hexagonal G8 UNC 5/8"x5"	1	u	132	2,0964	276,72
16	Tuerca hexagonal G5 UNC 5/8"	1	u	132	0,25	33,00
17	Perno hexagonal G8 UNC 9/16"x 2 1/2"	1	u	264	0,97	256,08
18	Tuerca hexagonal G5 UNC 9/16"	1	u	264	0,21	55,44
29	Cola de milano macho-hembra 1 1/4" l=220	1	juego	8	39,6	316,80
30	Cola de milano macho-hembra 1 1/4" l=170	1	juego	4	30,8	123,20
31	Cola de milano macho-hembra 1 1/4" l=150	1	juego	4	30,8	123,20
				<b>IMPORTE BASE</b>		<b>7608,17</b>
				<b>IVA 12%</b>		<b>912,98</b>
				<b>IMPREVISTOS 25%</b>		<b>1902,0437</b>
				<b>TOTAL</b>		<b>10423,20</b>

Autor: Fernando Guerra

**26.1. Costo del Sistema guía para posicionamiento de faldón y ventana para construir el JIG de soldadura**

<b>COSTO DEL SISTEMA GUÍA POSICIÓN DE PARANTES PARA JIG DE SOLDADURA</b>						
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>V.UNIT (\$)</b>	<b>V.TOTAL (\$)</b>
1	Platina 2"x1/4"	6	m	10	8,23	82,3
2	Cremallera m=5	1	m	60	25	1500
3	Piñón recto Z=30	1	u	84	15	1260
4	Platina 3"x1/4"x140mm (bloque)	6	m	5	8	40
5	Eje de transmisión 1/2"x 85mm	1	eje	42	0,35	14,7
6	Perno, tuerca, contratuerca 1/2"	1	juego	42	0,3	12,6
7	Guía rozamiento (acero)	1	guía	42	0,25	10,5
8	Pernos cabeza avellanada 3/8"	1	perno	174	0,06	10,44
9	Tornillos de ajuste 3/8" hexagonal interior	1	perno	84	0,12	10,08
				<b>IMPORTE BASE</b>		<b>2940,62</b>
				<b>IVA 12%</b>		<b>352,87</b>
				<b>IMPREVISTOS 10%</b>		<b>294,062</b>
				<b>TOTAL</b>		<b>3587,56</b>

Autor: Fernando Guerra

**26.2. Costo del Sistema neumático para posicionamiento de faldón y ventana para construir el JIG de soldadura**

<b>COSTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO PARA JIG DE SOLDADURA</b>						
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>V.UNIT (\$)</b>	<b>V.TOTAL (\$)</b>
1	Sistema neumático	1	sistema	1	1290,29	1290,29
2	Mecanismo cilindro neumático	1	mecanismo	4	88	352,00
					IMPORTE BASE	1642,29
					IVA 12%	197,07
					IMPREVISTOS 25%	410,5725
					<b>TOTAL</b>	<b>2249,94</b>

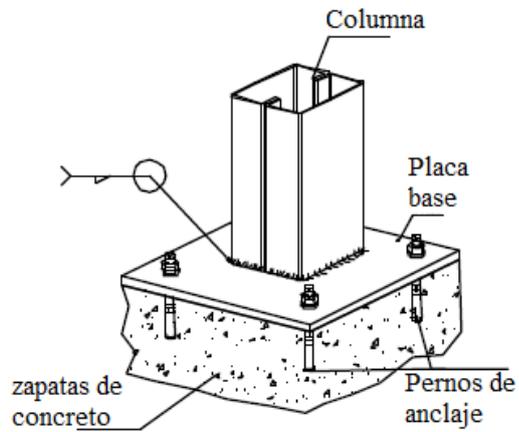
Autor: Fernando Guerra

**26.3. Costo del JIG de soldadura**

<b>COSTO DEL JIG DE SOLDADURA</b>						
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>V.UNIT (\$)</b>	<b>V.TOTAL (\$)</b>
1	ESTRUCTURA GABARITO	1	Estructura	1	7608,17	7608,17
2	SISTEMA GUÍA PIÑÓN CREMALLERA	1	Sistema	1	2940,62	2940,62
3	SISTEMA NEUMÁTICO	1	Sistema	1	1642,29	1642,29
4	SISTEMA SUJECCIÓN CLAMPS	1	Sistema	1	1500	1500,00
					IMPORTE BASE	13691,08
					IVA 12%	1642,93
					IMPREVISTOS 25%	3422,77
					<b>TOTAL</b>	<b>18756,78</b>

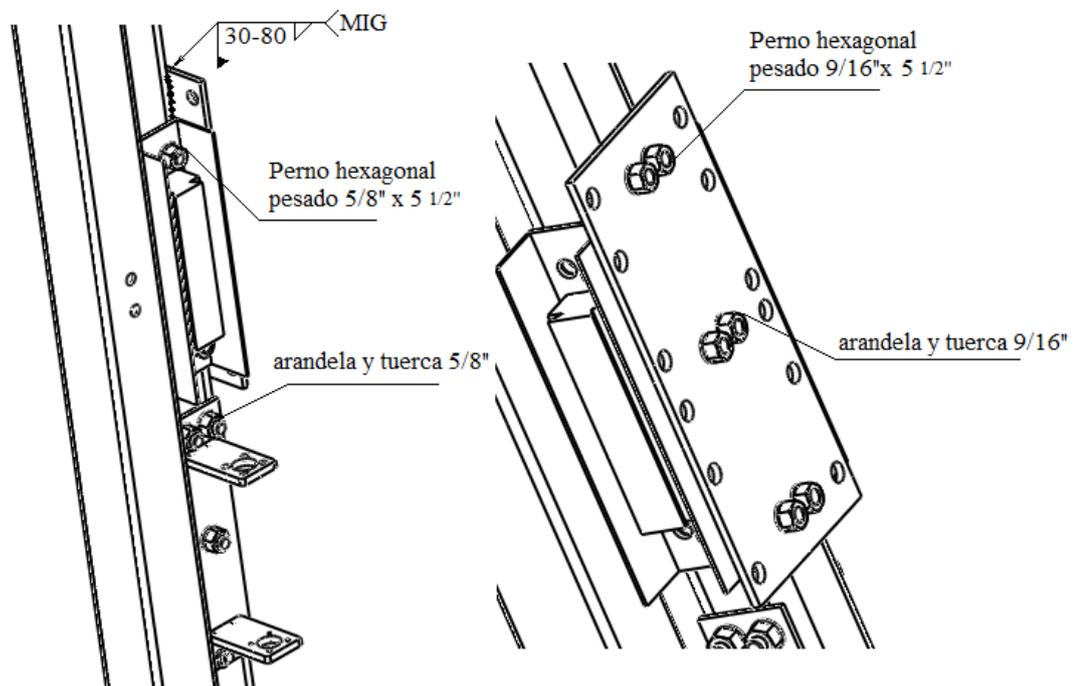
Autor: Fernando Guerra

## Anexo 27. Detalles constructivos del JIG de soldadura



27.1. Detalle constructivo del pórtico unido a la placa base y anclaje al suelo.

Autor: Fernando Guerra



27.2. Detalle constructivo de sistema base de la guía cola de milano, placa de seguridad-fijación y porta cilindros.

Autor: Fernando Guerra

## Anexo 28. Conceptos de Cv y Kv

El factor de caudal Cv se define como:

*«Caudal de agua en galones USA por minuto a la temperatura de 60° F (15,5° C) que pasa a través de la válvula en posición completamente abierta y con una pérdida de carga de una libra por pulgada cuadrada (psi)».*

Y el factor de caudal Kv (norma internacional IEC-534-1987) se define del siguiente modo:

*«Caudal de agua a 20° C en m<sup>3</sup>/h que pasa a través de la válvula a una apertura dada y con una pérdida de carga de 1 bar (10<sup>5</sup> Pa) (1,02 kg/cm<sup>2</sup>)».*

La equivalencia entre los coeficientes Kv y Cv es:

$$Kv = 0,853 \times Cv \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$Cv = 1,16 \times Kv \text{ [galones por minuto]}$$

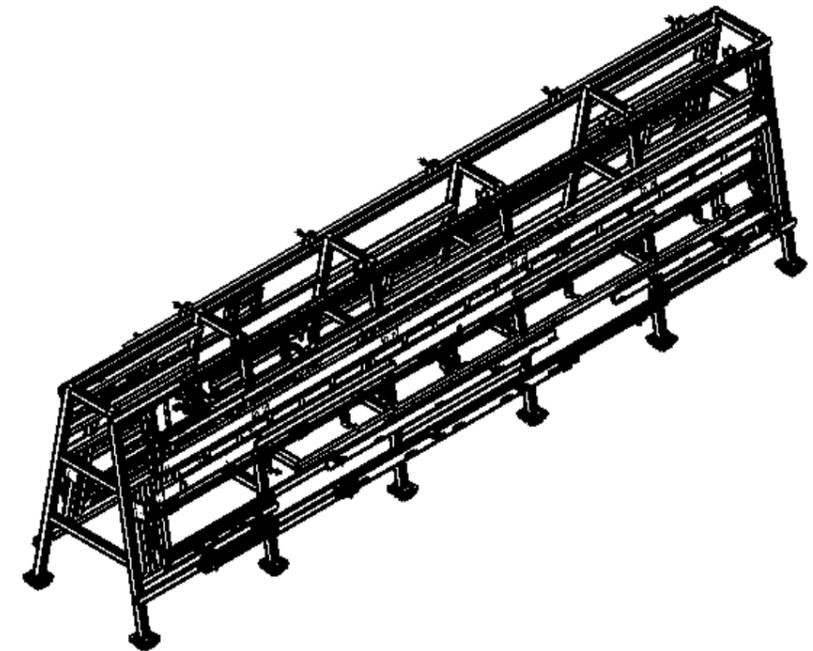
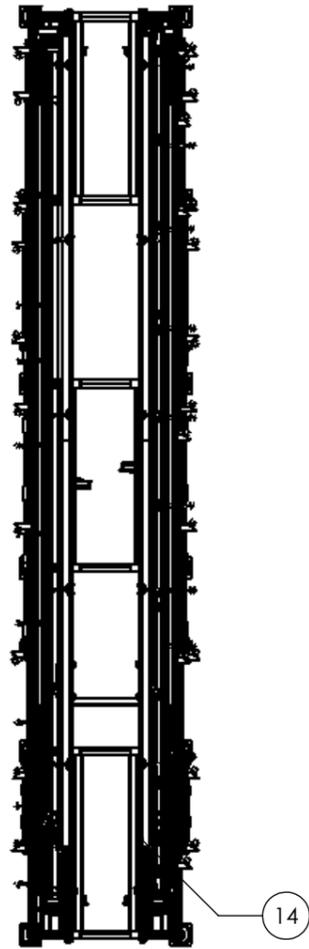
## Anexo 29. Tabla para seleccionar válvula distribuidora 3/2

Serie B	3	4	5	6	7	8
Tamaño	1/8", 1/4"	1/4"	1/4", 3/8"	3/8"	1/2"	3/4"
Cv	0,75	1,22	1,4	2,7	4,9	7

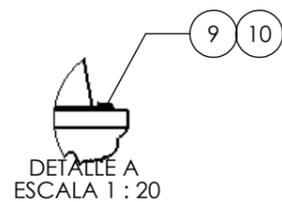
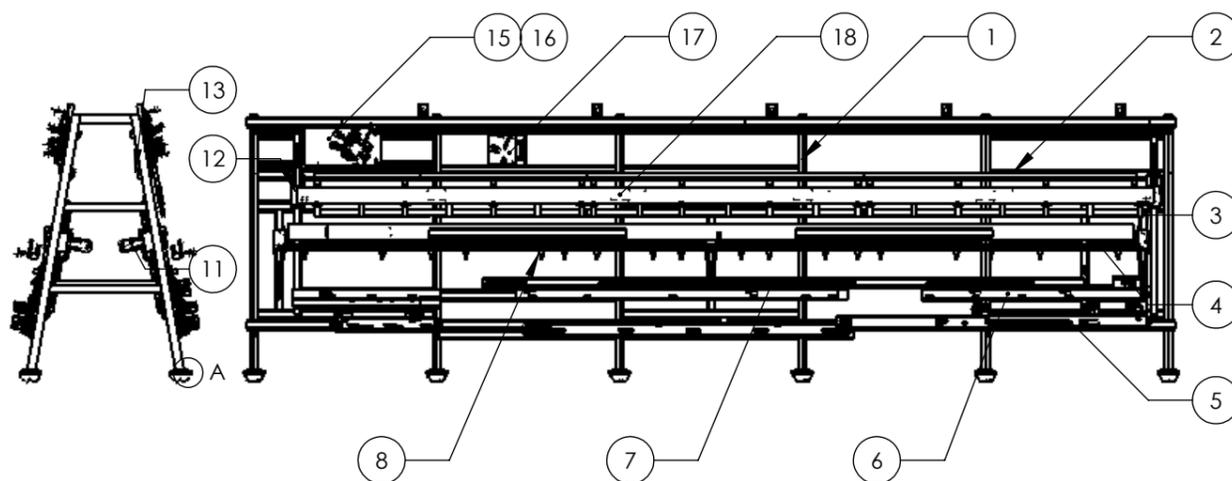
Fuente: Parker Hannifin Corporation

## **ANEXO B**

### **PLANOS MECÁNICOS**



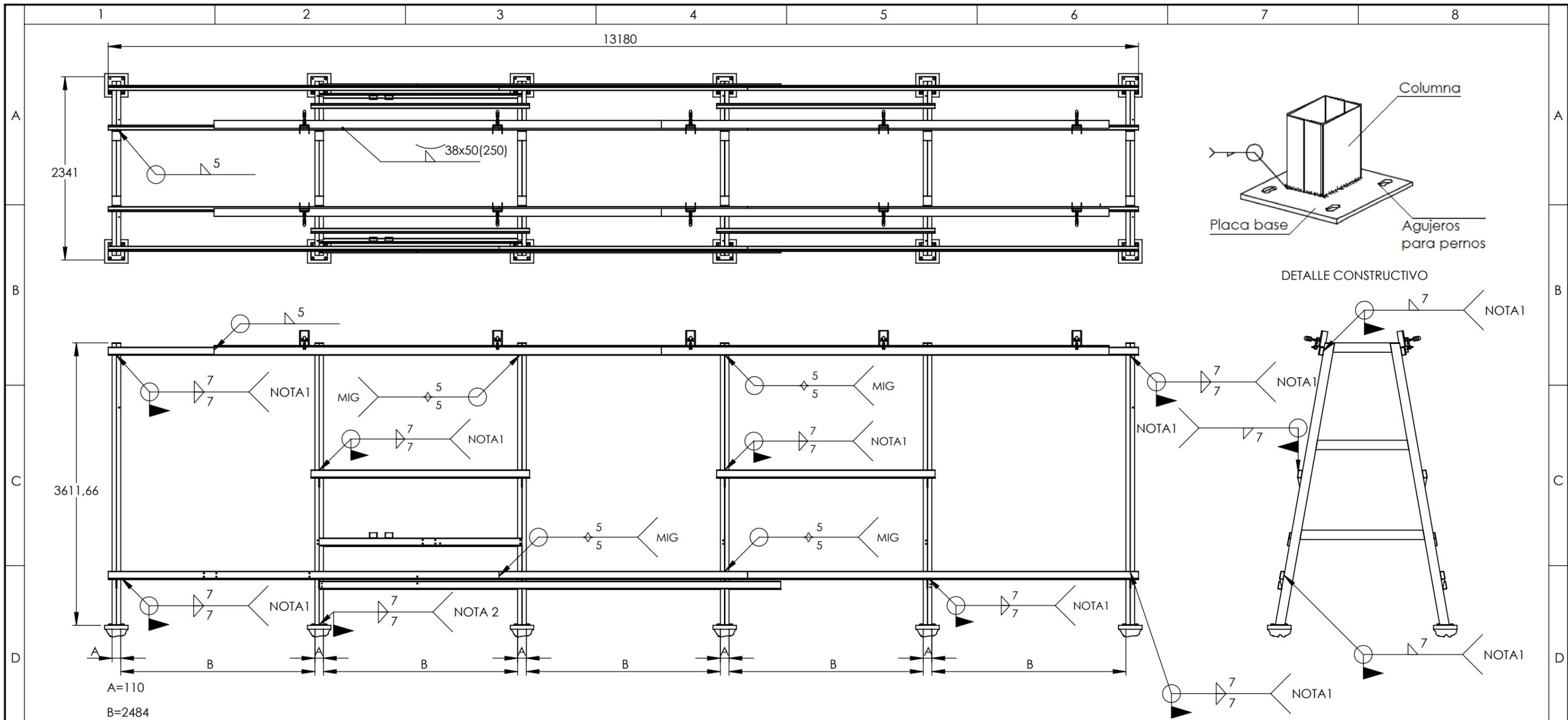
Vista Isométrica



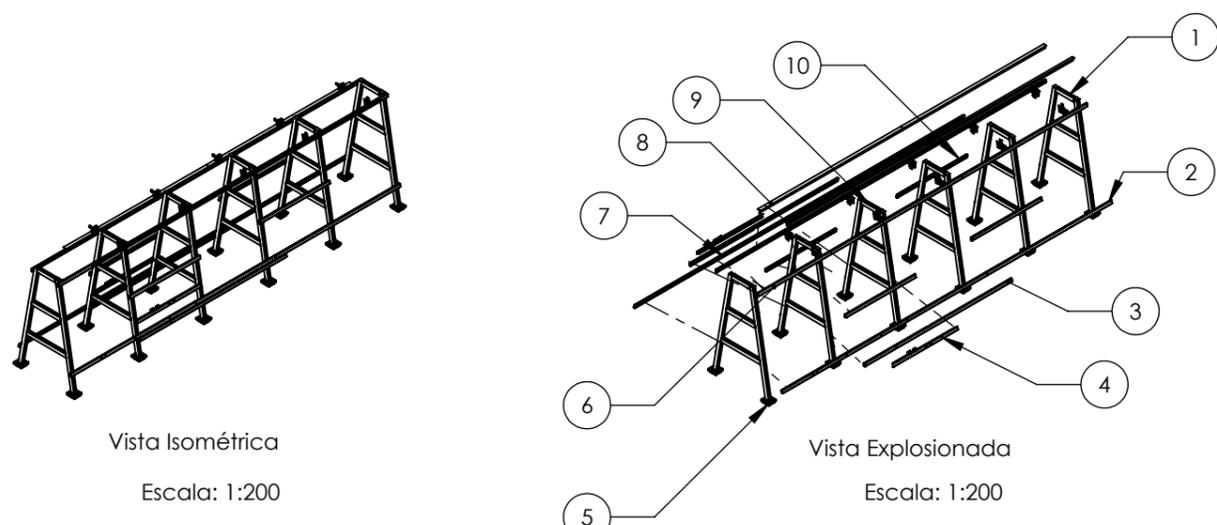
6	SISTEMA POSICIÓN PARANTES		VARIOS	18			Construido
2	MATRIZ FRENTE ESCOLAR		VARIOS	17			Construido
2	MATRIZ FRENTE QUANTUM		VARIOS	16			Construido
2	MATRIZ FRENTE INFINITY		VARIOS	15			Construido
2	ANGULO BASE SUPERIOR		ASTM A500	14			Construido
8	APOYOS SUPERIORES VENTANA		ASTM A500	13			Construido
2	SISTEMA ELEVACIÓN VENTANA		VARIOS	12			Construido
8	APOYOS INTERMEDIOS FALDÓN		ASTM A500	11			Construido
14	PLACA BASE 220X210X6.35 mm		ASTM A 36	10			Construido
56	PERNO ANCLAJE SERVICIO PESADO		ASTMF1554	9	THD 62500H		Adquirido
14	ABRAZADERA DE FALDÓN		VARIOS	8	MODELO 548		Adquirido
2	SISTEMA DE ARRIOSTRE ESCOLAR		VARIOS	7			Construido
2	SISTEMA DE ARRIOSTRE QUANTUM		VARIOS	6			Construido
2	SISTEMA DE ARRIOSTRE INFINITY		VARIOS	5			Construido
2	PERFIL SECCIÓN COMBINADO		ASTM A500	4			Construido
2	SISTEMA ELEVACIÓN FALDÓN		VARIOS	3			Construido
2	ESTRUCTURA TIPO ARMADURA		ASTM A 36	2			Construido
1	ESTRUCTURA PÓRTICO TIPO A		ASTM A500	1			Construido

No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
--------------	--------------	---------------------	----------	--------------	-----------------------------	---------------	---------------

00							
			Tolerancia	Peso	Materiales:		
			±1	4.904 Tn	VARIOS MATERIALES		
			Fecha	Nombre	Título:		Escala:
			Dibujó: 05/11/2015	Fernando Guerra	JIG DE SOLDADURA PARA ENSAMBLAR ESTRUCTURAS LATERALES DE AUTOBÚS		1:100
			Revisó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg			
			Aprobó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg			
			<b>U.T.A</b>		Número del dibujo: 1 de 11		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		Sustitución	



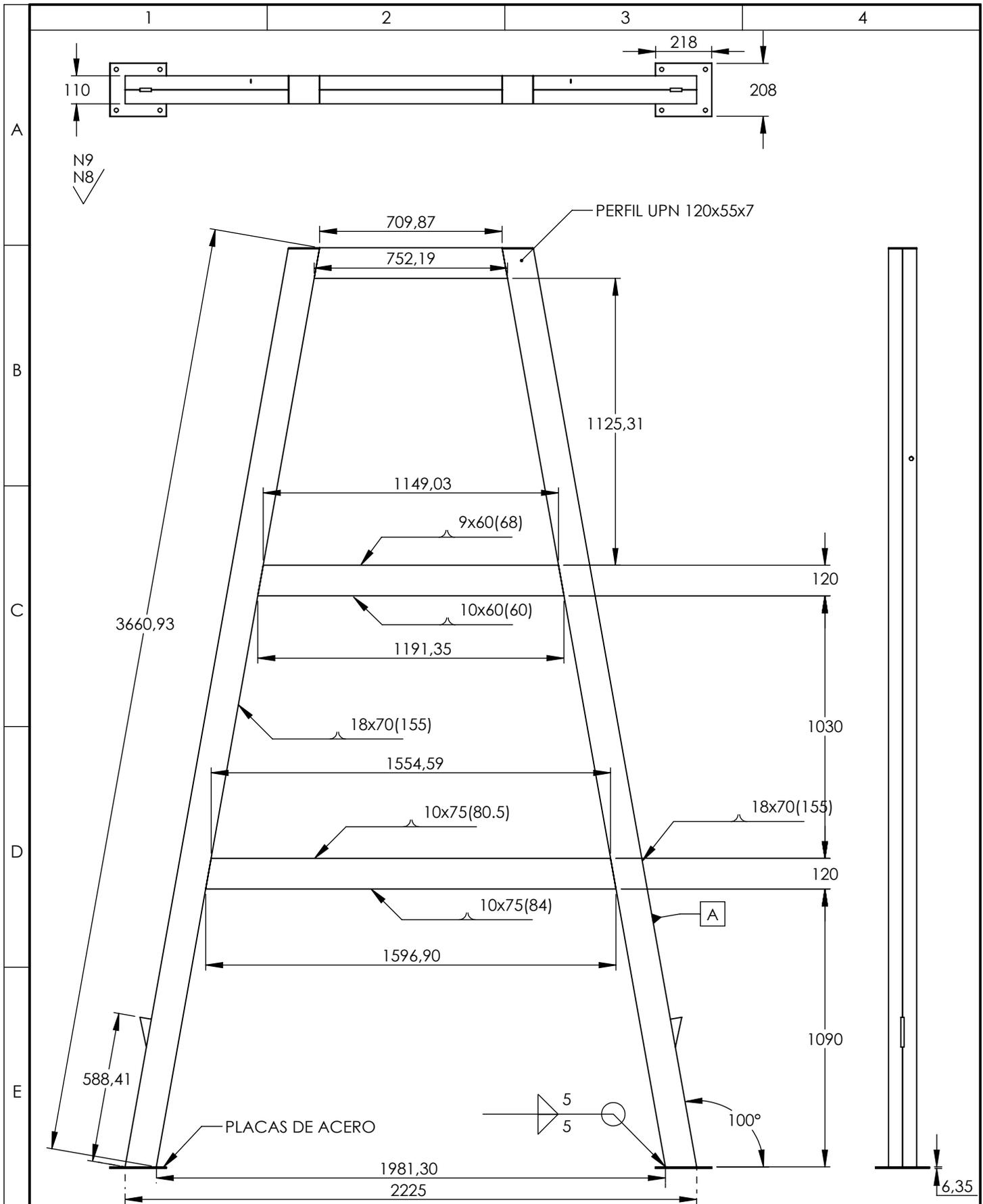
NOTA 1: La soldadura se realizará a los 6 pórticos tipo A in situ (SMAW)  
 NOTA 2: La soldadura se realizará para la unión de todos los 6 pórticos y las placas base tipo A in situ (SMAW)



Vista Isométrica  
Escala: 1:200

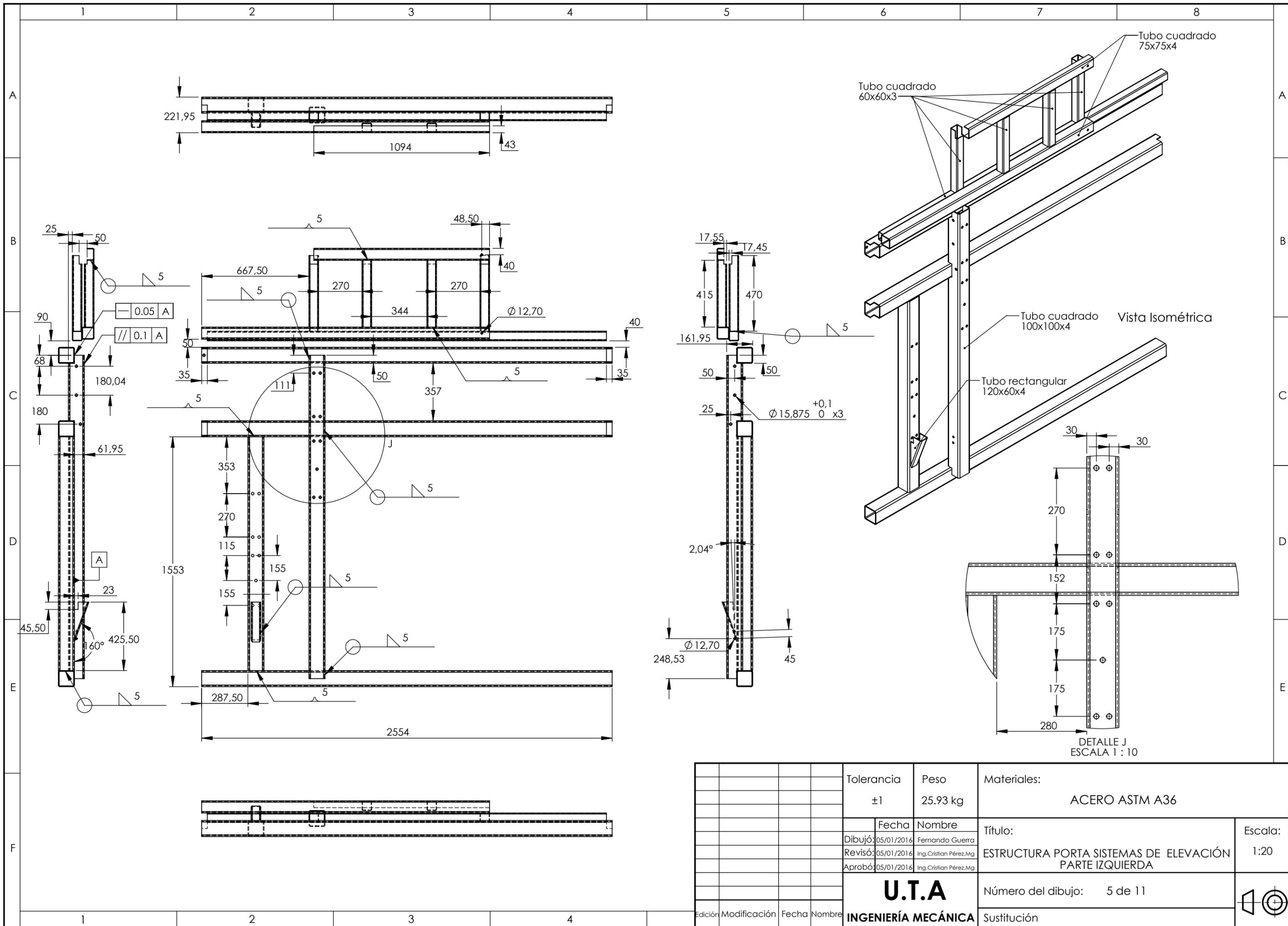
Vista Explosionada  
Escala: 1:200

4	TR 100x50x4 (L=2797) MEDIOS	ASTM A500	10			Construido	
4	PORTICO TIPO A (MEDIOS)	ASTM A500	9			Construido	
2	ANGULO BASE 100x100x6	ASTM A500	8			Construido	
2	TR 100x50x4 (L=13180) SUPERIOR	ASTM A500	7			Construido	
2	TR 100x50x4(L=13180) BASE ANGULO	ASTM A500	6			Construido	
12	ZAPATA DE CONCRETO	CONCRETO	5			Fundición	
2	TR 100x50x3 (L=2594)	ASTM A500	4			Construido	
2	TR 100x50x4 (L=5900) ARRIOSTRE	ASTM A500	3			Construido	
2	TR 100x50x4 (L=13180)INFERIOR	ASTM A500	2			Construido	
2	PORTICO TIPO A (EXTREMOS)	ASTM A36	1			Construido	
No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
00							
		Tolerancia	Peso	Materiales:			
		±1	3.198 Tn	VARIOS MATERIALES			
		Fecha	Nombre	Título:			Escala:
		Dibujó: 29/09/2015	Fernando Guerra	ESTRUCTURA PRINCIPAL DE SOPORTE DEL JIG DE SOLDADURA			1:100
		Revisó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg				
		Aprobó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg				
			<b>U.T.A</b>	Número del dibujo: 2 de 11			
			<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	Sustitución			

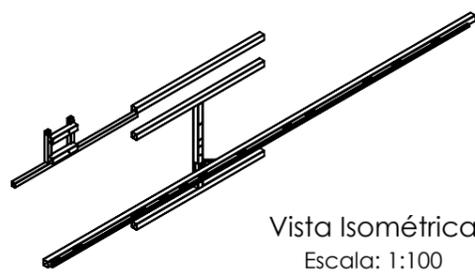
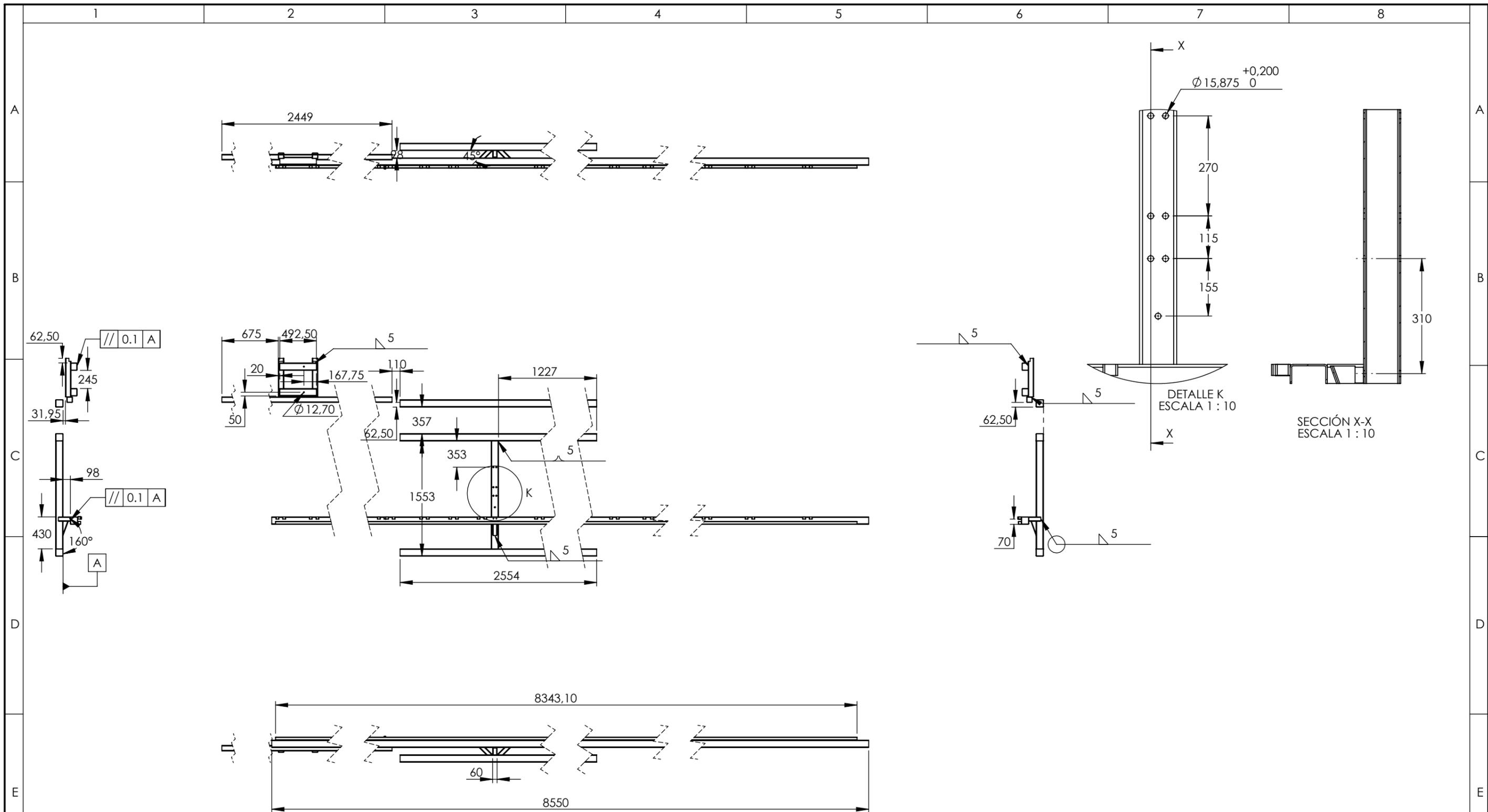


				Tolerancia ±1	Peso 306.27 kg	Material: ACERO ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Título: PÓRTICO ESTRUCTURAL A POSICIÓN EXTREMOS	Escala: 1:20
				Dibujó: 29/09/2015	Fernando Guerra		
				Revisó: 06/11/2015	Ing. Cristian Pérez, Mg		
				Aprobó: 06/11/2015	Ing. Cristian Pérez, Mg		
				<b>U.T.A</b>		Número del dibujo: 3 de 11	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			INGENIERÍA MECÁNICA	



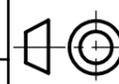


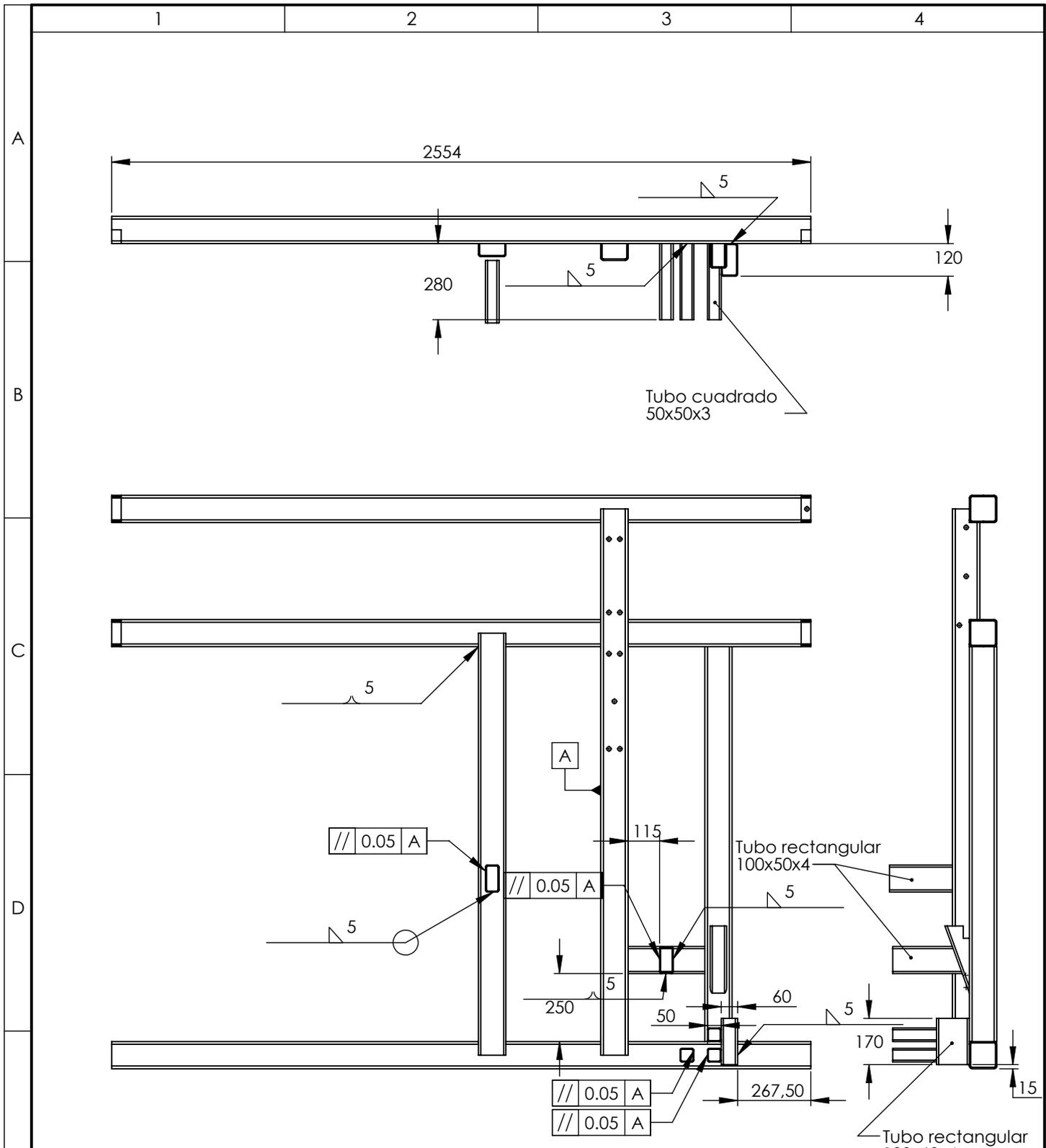
				Tolerancia ±1	Peso 25.93 kg	Materiales: ACERO ASTM A36	
						Escala: 1:20	
				Fecha 05/01/2016	Nombre Fernando Guerra	Título: ESTRUCTURA PORTA SISTEMAS DE ELEVACIÓN PARTE IZQUIERDA	
				Revisó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg	Número del dibujo: 5 de 11	
				Aprobó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg	Sustitución	
				<b>U.T.A</b>			
				<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>			



Vista Isométrica  
Escala: 1:100

				Tolerancia ±1	Peso 25.93 kg	Materiales: ACERO ASTM A36	
						Escala: 1:20	
				Fecha 05/01/2016	Nombre Fernando Guerra	Título: ESTRUCTURA PORTA SISTEMAS DE ELEVACIÓN PARTE IZQUIERDA	
				Revisó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg		
				Aprobó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg		
				<b>U.T.A</b>		Número del dibujo: 6 de 11	
				<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		Sustitución	

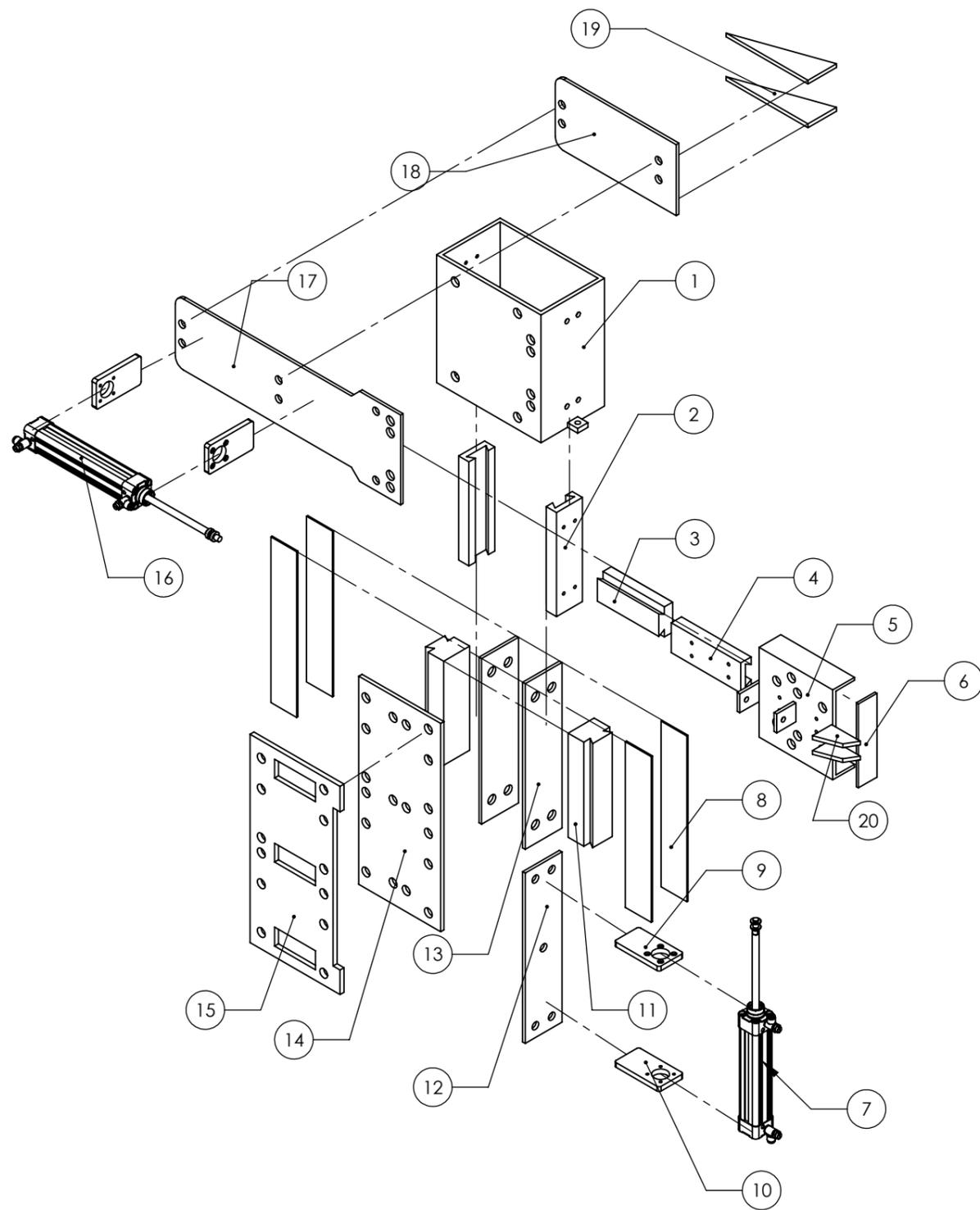




NOTA: Las medidas son similares a la estructura izquierda, con los debidos cambios.

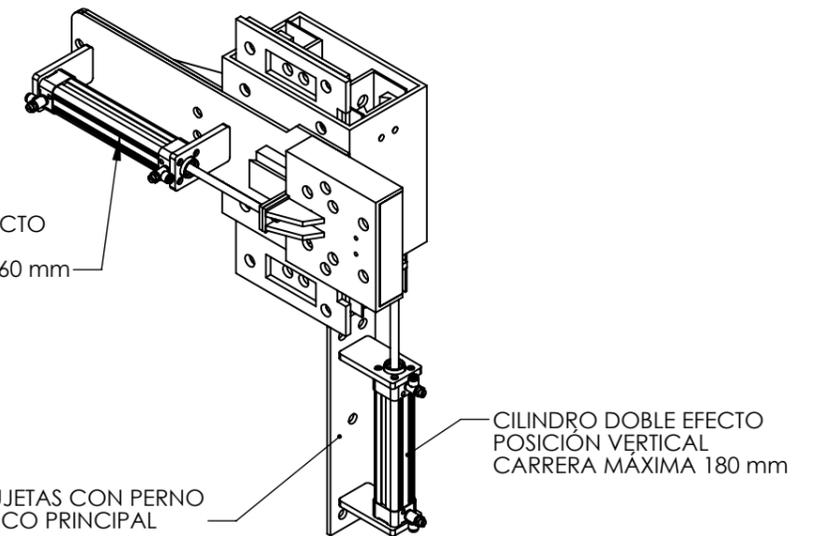
				Tolerancia	Peso	Material:	
				±1	24.16 kg	ACERO ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujó: 29/09/2015	Fernando Guerra	ESTRUCTURA PORTA SISTEMAS DE ELEVACIÓN PARTE DERECHA	1:20
				Revisó: 06/11/2015	Ing. Cristian Pérez, Mg		
				Aprobó: 06/11/2015	Ing. Cristian Pérez, Mg		
				<b>U.T.A</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		Número del dibujo: 7 de 11	Registro:
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	





Vista Explosionada

MECANISMO PARA ELEVACIÓN DE SOPORTE DONDE MONTA EL PERFIL QUE GUÍA EL PISO DE LOS LATERALES ( 3 POSICIONES) MEDIANTE CILINDROS HIDRAULICOS



Vista Isométrica

2	CARTELAS PEQUEÑAS	ASTM A500	20			Construido
2	CARTELAS GRANDES	ASTM A 36	19			Construido
1	PLACA FIJA REFUERZO	ASTM A 36	18			Construido
1	PLACA FIJA SOPORTE CILINDRO	ASTM A500	17			Construido
1	CILINDRO D.E. HORIZONTAL	VARIOS	16			Construido
1	PLACA FIJA SOPORTE B	ASTM A 36	15			Construido
1	PLACA FIJA SOPORTE A	ASTM A500	14			Construido
2	PLACA FIJA SUPERIOR	ASTM A500	13			Construido
1	PLACA FIJA INFERIOR	ASTM A 36	12			Construido
2	COLA MILANO MACHO VERTICAL	ASTM A500	11	MODELO 1 1/4"		Construido
2	PORTA CILINDRO POSTERIOR	ASTMF1554	10			Similar anterior
2	PORTA CILINDRO ANTERIOR	ASTMF1554	9			Similar posterior
4	PLACA PROTECCIÓN COLAS M	ASTM A 36	8			Adquirido
1	CILINDRO D.E. VERTICAL	VARIOS	7			Construido
1	PLACA FIJA PROTECCIÓN	ASTM A 36	6			Construido
1	BLOQUE SUPERIOR	ASTM A 36	5			Construido
1	COLA MILANO HEMBRA HORIZ.	ASTM A500	4	MODELO 1 1/4"		Construido
1	COLA MILANO MACHO HORIZ.	ASTM A500	3	MODELO 1 1/4"		Construido
2	COLA MILANO HEMBRA VERTICAL	ASTM A500	2	MODELO 1 1/4"		Construido
1	BLOQUE PRINCIPAL	ASTM A 36	1			Construido

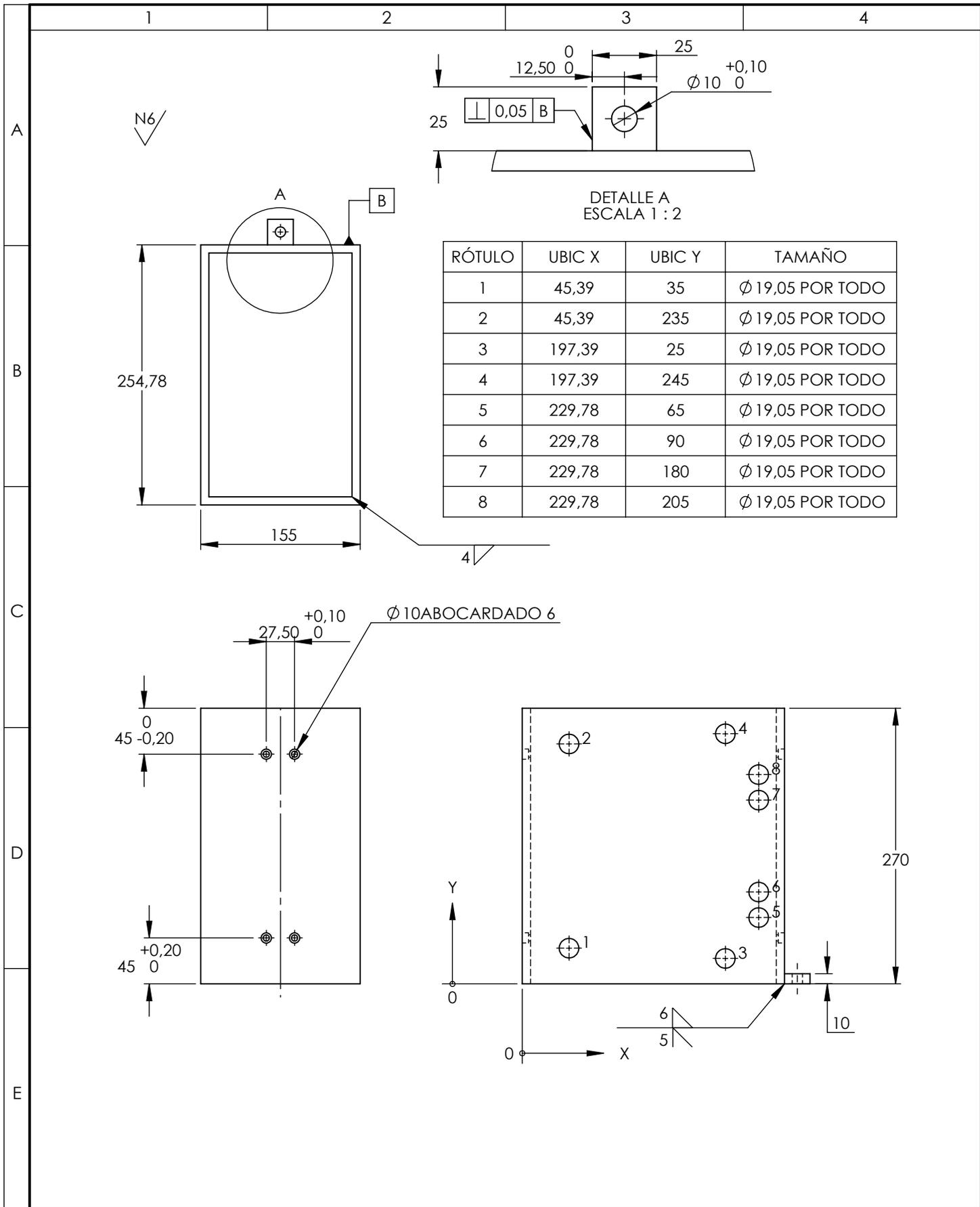
No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
--------------	--------------	---------------------	----------	--------------	-----------------------------	---------------	---------------

Tolerancia	Peso	Materiales:
±1	61.29 kg	VARIOS MATERIALES

Fecha	Nombre	Título:	Escala:
Dibujó: 26/02/2015	Fernando Guerra	SISTEMA DE POSICIÓN ENSAMBLAJE FALDÓN	1:10
Revisó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg		
Aprobó: 05/01/2016	Ing.Cristian Pérez.Mg		

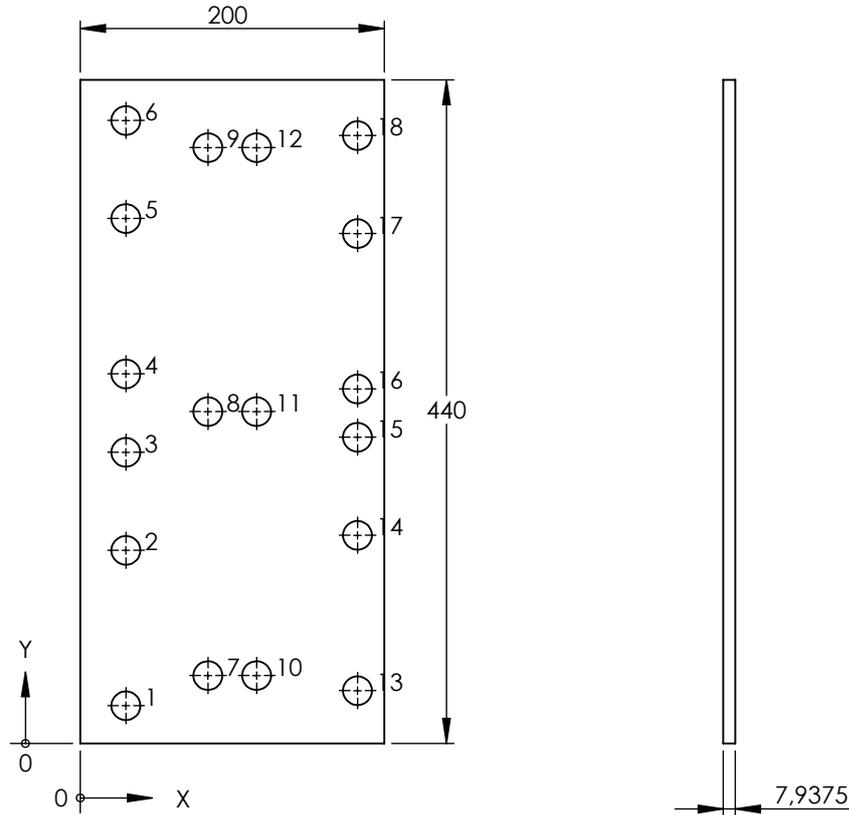
<b>U.T.A</b>		Número del dibujo: 9 de 11	
<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		Sustitución	

Edición	Modificación	Fecha	Nombre
---------	--------------	-------	--------



				Tolerancia	Peso	Material:	
				±0.3	13.12 kg	ACERO ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Título: BLOQUE PRINCIPAL DE POSICIÓN FALDÓN VERTICAL	Escala: 1:5
			Dibujó:	26/02/2015	Fernando Guerra		
			Revisó:	06/11/2015	Ing. Cristian Pérez, Mg		
				Aprobó:	06/11/2015	Ing. Cristian Pérez, Mg	
				<b>U.T.A</b>		Número del dibujo:	10 de 11
						INGENIERÍA MECÁNICA	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Registro: 	

N6



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
1	30	25	Ø 19,05 POR TODO
2	30	128	Ø 19,05 POR TODO
3	30	193	Ø 19,05 POR TODO
4	30	245	Ø 19,05 POR TODO
5	30	348	Ø 19,05 POR TODO
6	30	413	Ø 19,05 POR TODO
7	84	45	Ø 19,05 POR TODO
8	84	220	Ø 19,05 POR TODO
9	84	395	Ø 19,05 POR TODO
10	116	45	Ø 19,05 POR TODO
11	116	220	Ø 19,05 POR TODO
12	116	395	Ø 19,05 POR TODO
13	182,39	35	Ø 19,05 POR TODO
14	182,39	138	Ø 19,05 POR TODO
15	182,39	203	Ø 19,05 POR TODO
16	182,39	235	Ø 19,05 POR TODO
17	182,39	338	Ø 19,05 POR TODO
18	182,39	403	Ø 19,05 POR TODO

				Tolerancia	Peso	Material:	
				±0.1	5.163 kg	ACERO ASTM A500	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujó: 26/02/2015	Fernando Guerra		
				Revisó: 06/11/2015	Ing.Cristian Pérez,Mg		
				Aprobó: 06/11/2015	Ing.Cristian Pérez,Mg	PLACA DE SEGURIDAD VERTICAL	
				<p style="text-align: center;"><b>U.T.A</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INGENIERÍA MECÁNICA</b></p>		Número del dibujo:	11 de 11
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	