



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Sistemas tandem para ciclistas y
usuarios de sillas de ruedas

- Anexos -

Autor

Íñigo Marín Alcalá

Directores

José Luis Santolaya Sáenz
Ana Serrano Tierz

EINA
2014

ANEXO I

ESTUDIO CINEMÁTICO

1. Sistema Silla Delante - Bicicleta detrás

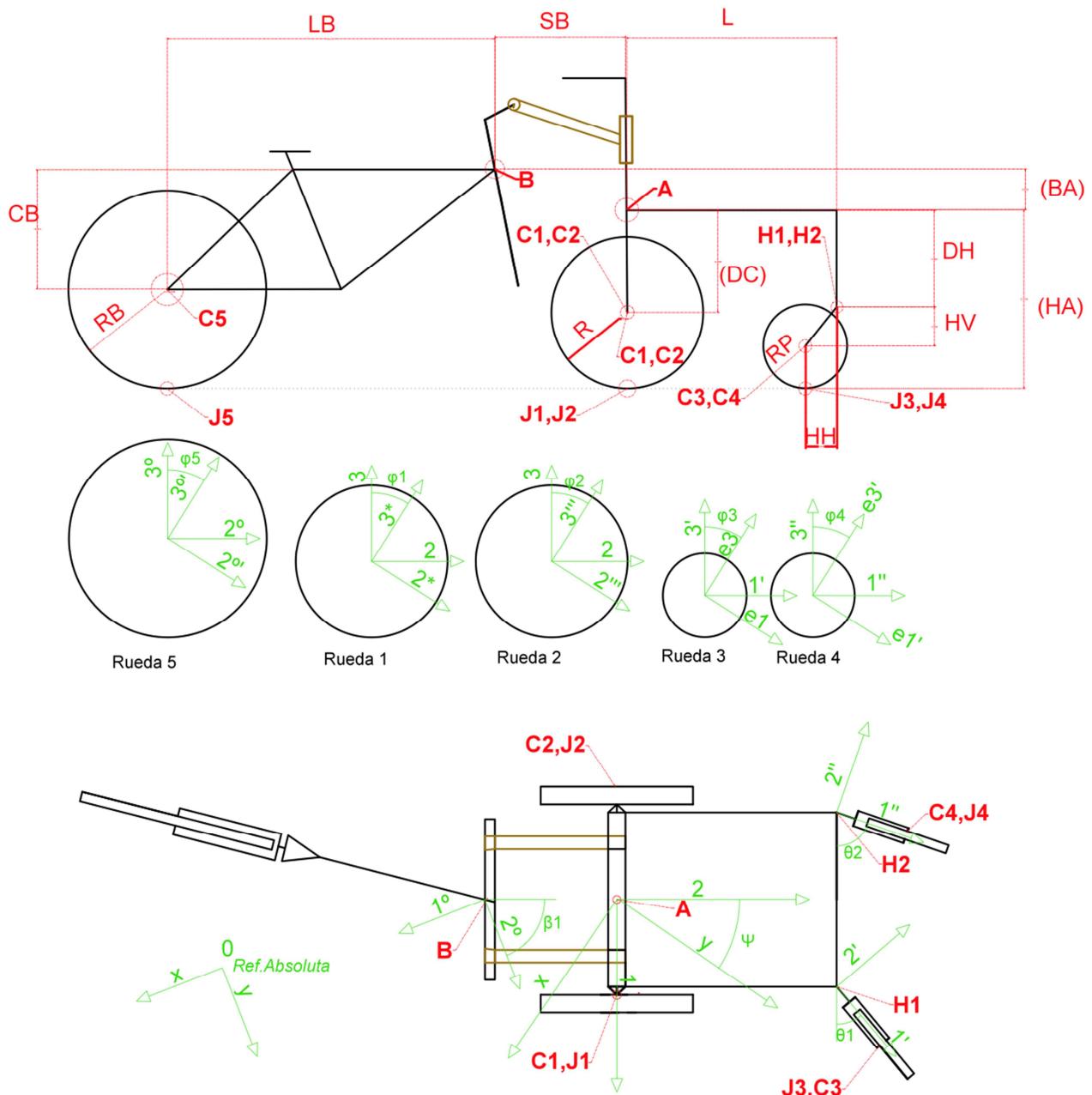


Figura 1 Medidas y puntos de referencia del sistema Silla Delante

1.1. Coordenadas y velocidades generalizadas.

- Chasis Silla respecto a Referencia Absoluta (0,xyz):

$$\text{Posicion: } A \in \text{Chasis. } \{\overline{OA}\}_{xyz} = \begin{Bmatrix} X_A \\ Y_A \\ H_A = cte \end{Bmatrix}_{xyz}$$

$\overset{\Psi}{\underset{Z=3}{\longrightarrow}}$

$$\text{Orientación: } xyz \xrightarrow{\Psi} 123. \quad \Psi$$

- Rueda 1:

$$\text{Posicion: } C1 \in \begin{Bmatrix} \text{Chasis.} \\ \text{Rueda 1} \end{Bmatrix}_{\phi_1}$$

$$\text{Orientación: } 123 \xrightarrow{1=1^*} 1^*2^*3^*. \quad (\Psi), \phi_1$$

- Rueda 2:

$$\text{Posicion: } C1 \in \begin{Bmatrix} \text{Chasis.} \\ \text{Rueda 1} \end{Bmatrix}_{\phi_1}$$

$$\text{Orientación: } 123 \xrightarrow{1=1'''} 1'''2'''3'''. \quad (\Psi), \phi_2$$

- Horquilla 1:

$$\text{Posicion: } H1 \in \begin{Bmatrix} \text{Chasis.} \\ \text{Horquilla 1} \end{Bmatrix}_{\theta_1}$$

$$\text{Orientación: } 123 \xrightarrow{3=3'} 1'2'3'. \quad (\Psi), \theta_1$$

- Horquilla 2:

$$\text{Posicion: } H2 \in \begin{Bmatrix} \text{Chasis.} \\ \text{Horquilla 2} \end{Bmatrix}_{\theta_2}$$

$$\text{Orientación: } 123 \xrightarrow{3=3''} 1''2''3''. \quad (\Psi), \theta_2$$

- Rueda 3:

$$\text{Posicion: } C3 \in \begin{Bmatrix} \text{Horquilla 1} \\ \text{Rueda 3} \end{Bmatrix}_{\phi_3}$$

$$\text{Orientación: } 1'2'3' \xrightarrow{2=e_2} e_1 e_2 e_3. \quad (\Psi, \theta_1), \phi_3$$

- Rueda 4.

$$\text{Posicion: } C4 \in \begin{Bmatrix} \text{Horquilla 2} \\ \text{Rueda 4} \end{Bmatrix}_{\phi_4}$$

$$\text{Orientación: } 1''2''3'' \xrightarrow{2''=e_2'} e_1' e_2' e_3'. \quad (\Psi, \theta_2), \phi_4$$

- Chasis Bici:

$$\text{Posicion: } B \in \begin{cases} \text{Chasis Silla (extensión fija)} \\ \text{Chasis bici} \end{cases}$$

$$\text{Orientación: } 123 \xrightarrow{\beta_1} 1^o 2^o 3^o. \quad (\Psi), \beta_1$$

- Rueda 5:

$$\text{Posicion: } C5 \in \begin{cases} \text{Chasis bici} \\ \text{Rueda 5} \\ \varphi_5 \end{cases}$$

$$\text{Orientación: } 1^o 2^o 3^o \xrightarrow{1^o = 1^o'} 1^o' 2^o' 3^o'. \quad (\Psi, \beta_1), \varphi_5$$

COORDENADAS GENERALES: CG (qi)

$$= X_A, Y_A, \Psi, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5, \theta_1, \theta_2, \beta_1 \quad (11)$$

VELOCIDADES GENERALES: VG (q̇i)

$$= \dot{X}_A, \dot{Y}_A, \dot{\Psi}, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, \dot{\varphi}_4, \dot{\varphi}_5, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\beta}_1 \quad (11)$$

1.2. Condiciones de enlace

- Velocidad del Chasis silla respecto Referencia Absoluta:

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{xyz} = \begin{Bmatrix} \dot{X}_A \\ \dot{Y}_A \\ 0 \end{Bmatrix}_{xyz}$$

- Enlace Rueda 1 con Chasis en C1:

$$\overline{V_{ABS}}(C1_{Chasis}) = \overline{V_{ABS}}(C1_{Rueda1})$$

- Enlace Rueda 1 con plano horizontal en J1:

$$\overline{V_{ABS}}(J1_{Rueda1}) = \overline{V_{ABS}}(J1_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

- Enlace Rueda 2 con chasis en C2:

$$\overline{V_{ABS}}(C2_{Chasis}) = \overline{V_{ABS}}(C2_{Rueda2})$$

- Enlace Rueda 2 con plano horizontal en J2:

$$\overline{V_{ABS}}(J2_{Rueda2}) = \overline{V_{ABS}}(J2_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

- Enlace Horquilla 1 con chasis en H1:

$$\overline{V_{ABS}}(H1_{ChasisSilla}) = \overline{V_{ABS}}(H1_{Horquilla1})$$

- Enlace Rueda 3 con Horquilla 1 en C3:

$$\overline{V_{ABS}}(C3_{Horquilla1}) = \overline{V_{ABS}}(C3_{Rueda3})$$

- Enlace Rueda 3 con plano horizontal en J3:

$$\overline{V_{ABS}}(J3_{Rueda3}) = \overline{V_{ABS}}(J3_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

- Enlace Horquilla 2 con Chasis en H2:

$$\overline{V_{ABS}}(H2_{ChasisSilla}) = \overline{V_{ABS}}(H2_{Horquilla2})$$

- Enlace Rueda 4 con Horquilla 2 en C4:

$$\overline{V_{ABS}}(C4_{Horquilla2}) = \overline{V_{ABS}}(C4_{Rueda4})$$

- Enlace Rueda 4 con plano horizontal en J4:

$$\overline{V_{ABS}}(J4_{Rueda4}) = \overline{V_{ABS}}(J4_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

- Enlace Chasis Silla con Chasis Bici en B:

$$\overline{V_{ABS}}(B_{Silla}) = \overline{V_{ABS}}(B_{Bici})$$

- Enlace Chasis Bici con Rueda 5 en C5:

$$\overline{V_{ABS}}(C5_{Bici}) = \overline{V_{ABS}}(C5_{Rueda5})$$

- Enlace Rueda 5 con plano horizontal en J5:

$$\overline{V_{ABS}}(J5_{Rueda5}) = \overline{V_{ABS}}(J5_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

1.3. Ecuaciones de enlace

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123}$ con $\{\overline{V_{ABS}}(J1\ PH)\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_1)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(chasis) \wedge \overline{C_1 A}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_1)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_1)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Rueda1) \wedge \overline{J_1 C_1}\}_{123}$$

y donde $\overline{V_{ABS}}(J_1) = 0$ (*Contacto puntual sin deslizamiento*).

$$= 0 + \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_1 \\ 0 \\ \Psi \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -R \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} 0 \\ R \cdot \dot{\phi}_1 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$= \begin{Bmatrix} 0 \\ R \cdot \dot{\phi}_1 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} -N \\ 0 \\ D_C \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} 0 \\ N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123}$ con $\{\overline{V_{ABS}}(J_{2 PH})\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_2)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(chasis) \wedge \overline{C_2 A}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_2)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_2)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Rueda2) \wedge \overline{J_2 C_2}\}_{123}$$

y donde $\overline{V_{ABS}}(J_2) = 0$ (*Contacto puntual sin deslizamiento*).

$$= 0 + \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_2 \\ 0 \\ \Psi \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -R \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} 0 \\ R \cdot \dot{\phi}_2 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$= \begin{Bmatrix} 0 \\ R \cdot \dot{\phi}_2 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} N \\ 0 \\ D_C \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} 0 \\ -N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_2 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123}$ con $\{\overline{V_{ABS}}(J_{3 PH})\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(H_1)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(chasis) \wedge \overline{H_1 A}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(H_1)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_3)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Horquilla 1) \wedge \overline{C_3 H_1}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_3)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_3)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Rueda3) \wedge \overline{J_3 C_3}\}_{123}$$

y donde $\overline{V_{ABS}}(J_3) = 0$ (*Contacto puntual sin deslizamiento*).

$$= 0 + \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_3 \cdot \sin(\theta_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot \cos(\theta_1) \\ \dot{\theta}_1 + \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$\begin{aligned}
&= \left\{ \begin{array}{c} \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) \\ 0 \end{array} \right\}_{123} + \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} + \dot{\theta}_1 \end{array} \right\}_{123} \wedge \left\{ \begin{array}{c} H_H \cdot \cos(\theta_1) \\ H_H \cdot \sin(\theta_1) \\ H_V \end{array} \right\}_{123} \\
&= \left\{ \begin{array}{c} \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\theta_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \cos(\theta_1) \\ 0 \end{array} \right\}_{123} \\
&= \left\{ \begin{array}{c} \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\theta_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \cos(\theta_1) \\ 0 \end{array} \right\}_{123} + \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{array} \right\}_{123} \wedge \left\{ \begin{array}{c} -N \\ -L \\ D_H \end{array} \right\}_{123} \\
&= \left\{ \begin{array}{c} \Psi \cdot L + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\theta_1) \\ -\Psi \cdot N + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \cos(\theta_1) \\ 0 \end{array} \right\}_{123}
\end{aligned}$$

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123}$ con $\{\overline{V_{ABS}}(J_{4\ PH})\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(H_2)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(chasis) \wedge \overline{H_2 A}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(H_2)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_4)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Horquilla\ 2) \wedge \overline{C_4 H_2}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_4)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_4)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Rueda4) \wedge \overline{J_4 C_4}\}_{123}$$

y donde $\overline{V_{ABS}}(J_4) = 0$ (Contacto puntual sin deslizamiento).

$$\begin{aligned}
&= 0 + \left\{ \begin{array}{c} -\dot{\phi}_4 \cdot \sin(\theta_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot \cos(\theta_2) \\ \dot{\theta}_2 + \dot{\Psi} \end{array} \right\}_{123} \wedge \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ R \end{array} \right\}_{123} = \left\{ \begin{array}{c} \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) \\ 0 \end{array} \right\}_{123} \\
&= \left\{ \begin{array}{c} \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) \\ 0 \end{array} \right\}_{123} + \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} + \dot{\theta}_2 \end{array} \right\}_{123} \wedge \left\{ \begin{array}{c} H_H \cdot \cos(\theta_2) \\ H_H \cdot \sin(\theta_2) \\ H_V \end{array} \right\}_{123} \\
&= \left\{ \begin{array}{c} \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \sin(\theta_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \cos(\theta_2) \\ 0 \end{array} \right\}_{123} \\
&= \left\{ \begin{array}{c} \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \sin(\theta_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \cos(\theta_2) \\ 0 \end{array} \right\}_{123} + \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{array} \right\}_{123} \wedge \left\{ \begin{array}{c} -N \\ -L \\ D_H \end{array} \right\}_{123} \\
&= \left\{ \begin{array}{c} \Psi \cdot L + \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \sin(\theta_2) \\ -\Psi \cdot N + \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \cos(\theta_2) \\ 0 \end{array} \right\}_{123}
\end{aligned}$$

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} \text{ con } \{\overline{V_{ABS}}(J_5 PH)\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(B)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(\text{chasis}) \wedge \overline{BA}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(B)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_5)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(\text{Bici}) \wedge \overline{C_5 B}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_5)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_5)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(\text{Rueda5}) \wedge \overline{J_5 C_5}\}_{123}$$

y donde $\overline{V_{ABS}}(J_5) = 0$ (Contacto puntual sin deslizamiento).

$$= 0 + \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_5 \cdot \cos(\beta_1) \\ -\dot{\phi}_5 \cdot \sin(\beta_1) \\ \dot{\beta}_1 + \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ R_B \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) \\ -\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$\begin{aligned} &= \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) \\ -\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} + \dot{\beta}_1 \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} L_B \cdot \cos(\beta_1) \\ L_B \cdot \sin(\beta_1) \\ C_B \end{Bmatrix}_{123} \\ &= \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \sin(\beta_1) \\ \dot{\phi}_5 \cdot R \cdot \cos(\beta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \cos(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \sin(\beta_1) \\ \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \cos(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ S_B \\ -B_A \end{Bmatrix}_{123} \\ &= \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \sin(\beta_1) - S_B \cdot \dot{\Psi} \\ \dot{\phi}_5 \cdot R \cdot \cos(\beta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \cos(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} \end{aligned}$$

1.4. Conclusión.

- Ecuaciones de enlace.

$$N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 = -N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_2 \Rightarrow \text{Integrable}$$

$$N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 = -\Psi \cdot N + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_1) \Rightarrow \text{Integrable}$$

$$N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 = -\Psi \cdot N + \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_2) \Rightarrow \text{Integrable}$$

$$\begin{aligned} &\Psi \cdot L + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_1) \\ &= \Psi \cdot L + \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_2) \Rightarrow \text{Integrable} \end{aligned}$$

$$X_A \cdot \sin(\Psi) + Y_A \cdot \cos(\Psi) = N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 \Rightarrow \text{No integrable}$$

$$\dot{X}_A \cdot \cos(\Psi) + \dot{Y}_A \cdot \sin(\Psi) = \Psi \cdot L + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_1)$$

\Rightarrow No integrable

$$\begin{aligned} -\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \sin(\beta_1) - S_B \cdot \dot{\Psi} \\ = \Psi \cdot L + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\theta_1) \Rightarrow \text{Integrable} \end{aligned}$$

$$\dot{\phi}_5 \cdot R \cdot \cos(\beta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \cos(\beta_1) = N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 \Rightarrow \text{Integrable}$$

- Numero de coordenadas independientes:

$$N^o \text{ CI} = n^o \text{ CG} - n^o \text{ ecuaciones de enlace integrables} = 11 - 6 = 5$$

- Numero de grados de libertad:

$$N^o \text{ GL} = n^o \text{ velocidades Generales} - n^o \text{ ecuaciones de enlace} = 11 - 8 = 3$$

Como el número de grados de libertad del sistema mecánico es menor que el número de coordenadas independientes del sistema, dicho sistema se comporta como un sistema no holónomo; es decir, en dicho sistema **se podrá producir un cambio de dirección independiente del avance.**

2. Sistema: Bicicleta delante - Silla detrás

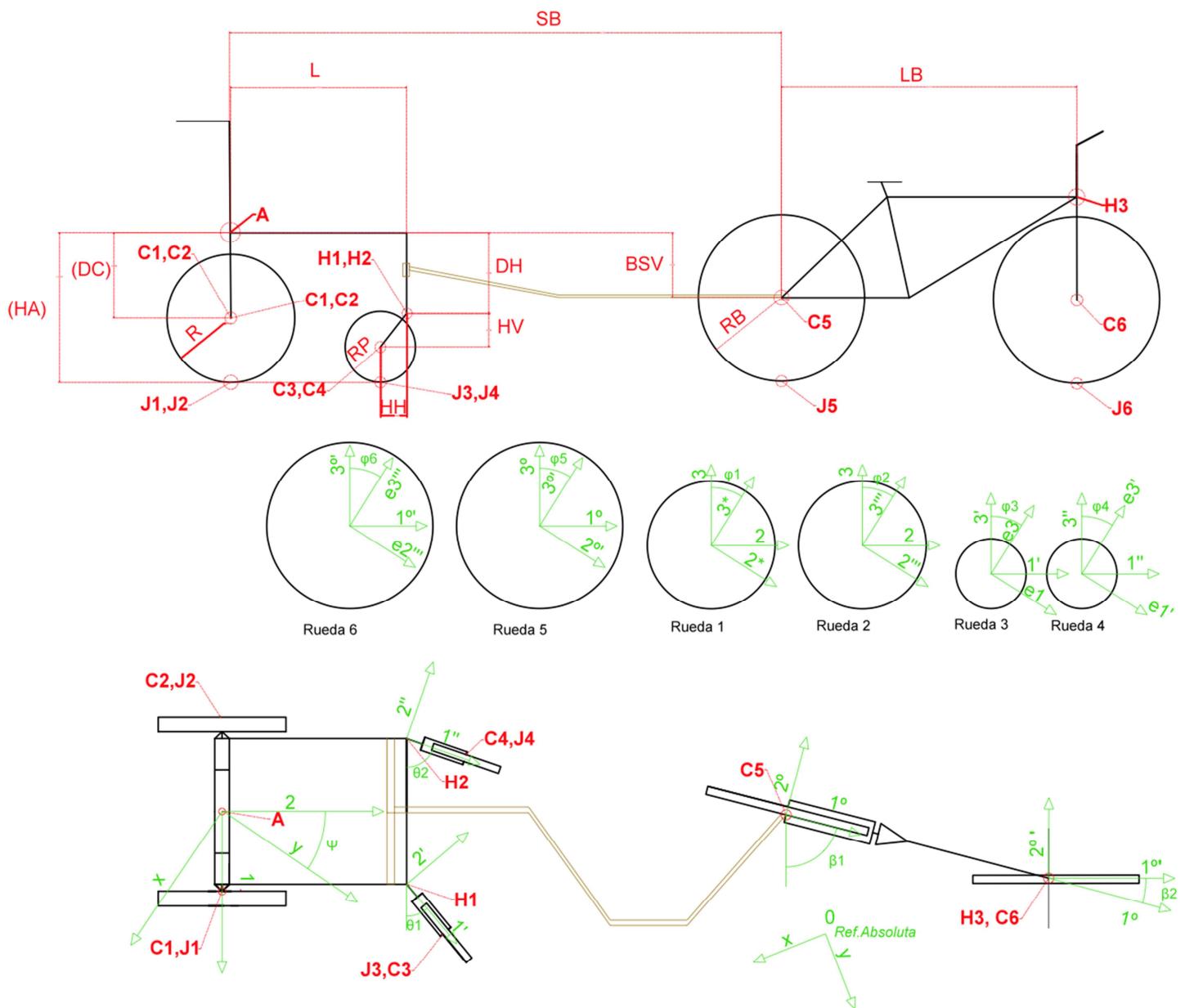


Figura 2 Medidas y puntos de referencia del sistema Silla detrás.

2.1. Coordenadas y velocidades generalizadas

- Chasis Silla respecto a Referencia Absoluta (0,xyz):

$$\text{Posicion: } A \in \text{Chasis. } \{\overline{OA}\}_{xyz} = \begin{Bmatrix} X_A \\ Y_A \\ H_A = cte \end{Bmatrix}_{xyz}$$

Orientación: $xyz \xrightarrow{z=3} 123. \quad \Psi$

- Rueda 1:

Posición: $C1 \in \begin{cases} \text{Chasis.} \\ \text{Rueda 1} \end{cases}$

Orientación: $123 \xrightarrow{1=1^*} 1^*2^*3^*. \quad (\Psi), \varphi_1$

- Rueda 2:

Posición: $C1 \in \begin{cases} \text{Chasis.} \\ \text{Rueda 1} \end{cases}$

Orientación: $123 \xrightarrow{1=1'''} 1'''2'''3'''. \quad (\Psi), \varphi_2$

- Horquilla 1:

Posición: $H1 \in \begin{cases} \text{Chasis.} \\ \text{Horquilla 1} \end{cases}$

Orientación: $123 \xrightarrow{3=3'} 1'2'3'. \quad (\Psi), \theta_1$

- Horquilla 2:

Posición: $H2 \in \begin{cases} \text{Chasis.} \\ \text{Horquilla 2} \end{cases}$

Orientación: $123 \xrightarrow{3=3''} 1''2''3''. \quad (\Psi), \theta_2$

- Rueda 3:

Posición: $C3 \in \begin{cases} \text{Horquilla 1} \\ \text{Rueda 3} \end{cases}$

Orientación: $1'2'3' \xrightarrow{2=e_2} e_1 e_2 e_3. \quad (\Psi, \theta_1), \varphi_3$

- Rueda 4:

Posición: $C4 \in \begin{cases} \text{Horquilla 2} \\ \text{Rueda 4} \end{cases}$

Orientación: $1''2''3'' \xrightarrow{2''=e_2'} e_1' e_2' e_3'. \quad (\Psi, \theta_2), \varphi_4$

- Chasis Bici:

$$\text{Posicion: } B \in \begin{cases} \text{Chasis Silla (extensión fija)} \\ \text{Chasis bici} \end{cases}$$

$$\text{Orientación: } 123 \xrightarrow[3=3^o]{\beta_1} 1^o 2^o 3^o. \quad (\Psi), \beta_1$$

- Rueda 5:

$$\text{Posicion: } C5 \in \begin{cases} \text{Chasis bici} \\ \text{Rueda 5} \end{cases}$$

$$\text{Orientación: } 1^o 2^o 3^o \xrightarrow[1^o=1^o']{\varphi_5} e_1'' e_2'' e_3''. \quad (\Psi, \beta_1), \varphi_5$$

- Horquilla Bici:

$$\text{Posicion: } H3 \in \begin{cases} \text{Chasis bici} \\ \text{Horquilla Bici} \end{cases}$$

$$\text{Orientación: } 1^o 2^o 3^o \xrightarrow[3^o=3^o']{\beta_2} 1^o' 2^o' 3^o'. \quad (\Psi, \beta_1), \beta_2$$

- Rueda 6:

$$\text{Posicion: } C6 \in \begin{cases} \text{Horquilla bici} \\ \text{Rueda 6} \end{cases}$$

$$\text{Orientación: } 1^o' 2^o' 3^o' \xrightarrow[2^o'=e_2''']{\varphi_6} e_1''' e_2''' e_3'''. \quad (\Psi, \beta_1), \varphi_6$$

COORDENADAS GENERALES: CG (qi)
 $= X_A, Y_A, \Psi, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5, \varphi_6, \theta_1, \theta_2, \beta_1, \beta_2 \quad (13)$

VELOCIDADES GENERALES: VG (qi)
 $= \dot{X}_A, \dot{Y}_A, \dot{\Psi}, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, \dot{\varphi}_4, \dot{\varphi}_5, \dot{\varphi}_6, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\beta}_1, \dot{\beta}_2 \quad (13)$

2.2. Condiciones de enlace

- Velocidad del Chasis silla respecto Referencia Absoluta

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{xyz} = \begin{Bmatrix} \dot{X}_A \\ \dot{Y}_A \\ 0 \end{Bmatrix}_{xyz}$$

- Enlace Rueda 1 con Chasis en C1

$$\overline{V_{ABS}}(C1_{Chasis}) = \overline{V_{ABS}}(C1_{Rueda1})$$

- Enlace Rueda 1 con plano horizontal en J1

$$\overline{V_{ABS}}(J1_{Rueda1}) = \overline{V_{ABS}}(J1_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

- Enlace Rueda 2 con chasis en C2

$$\overline{V_{ABS}}(C2_{Chasis}) = \overline{V_{ABS}}(C2_{Rueda2})$$

- Enlace Rueda 2 con plano horizontal en J2

$$\overline{V_{ABS}}(J2_{Rueda2}) = \overline{V_{ABS}}(J2_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

- Enlace Horquilla 1 con chasis en H1

$$\overline{V_{ABS}}(H1_{ChasisSilla}) = \overline{V_{ABS}}(H1_{Horquilla1})$$

- Enlace Rueda 3 con Horquilla 1 en C3

$$\overline{V_{ABS}}(C3_{Horquilla1}) = \overline{V_{ABS}}(C3_{Rueda3})$$

- Enlace Rueda 3 con plano horizontal en J3

$$\overline{V_{ABS}}(J3_{Rueda3}) = \overline{V_{ABS}}(J3_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

- Enlace Horquilla 2 con Chasis en H2

$$\overline{V_{ABS}}(H2_{ChasisSilla}) = \overline{V_{ABS}}(H2_{Horquilla2})$$

- Enlace Rueda 4 con Horquilla 2 en C4

$$\overline{V_{ABS}}(C4_{Horquilla2}) = \overline{V_{ABS}}(C4_{Rueda4})$$

- Enlace Rueda 4 con plano horizontal en J4

$$\overline{V_{ABS}}(J4_{Rueda4}) = \overline{V_{ABS}}(J4_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

- Enlace Chasis Silla con Chasis Bici en C5

$$\overline{V_{ABS}}(C5_{Silla}) = \overline{V_{ABS}}(C5_{Bici})$$

- Enlace Chasis Bici con Rueda 5 en C5

$$\overline{V_{ABS}}(C5_{Bici}) = \overline{V_{ABS}}(C5_{Rueda5})$$

- Enlace Rueda 5 con plano horizontal en J5

$$\overline{V_{ABS}}(J5_{Rueda5}) = \overline{V_{ABS}}(J5_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

- Enlace Horquilla Bici con Chasis Bici en H3

$$\overline{V_{ABS}}(H3_{Bici}) = \overline{V_{ABS}}(H3_{Horquilla})$$

- Enlace Horquilla con Rueda 6 en C6

$$\overline{V_{ABS}}(C6_{HorquillaBici}) = \overline{V_{ABS}}(C6_{Rueda6})$$

- Enlace Rueda 6 con plano horizontal en J6

$$\overline{V_{ABS}}(J6_{Rueda6}) = \overline{V_{ABS}}(J6_{Plano\ Horizontal}) = 0$$

2.3. Ecuaciones de enlace

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123}$ con $\{\overline{V_{ABS}}(J_{1\ PH})\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_1)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(chasis) \wedge \overline{C_1 A}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_1)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_1)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Rueda1) \wedge \overline{J_1 C_1}\}_{123}$$

y donde $J_1 = 0$ (Contacto puntual sin deslizamiento).

$$= 0 + \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_1 \\ 0 \\ \Psi \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -R \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} 0 \\ R \cdot \dot{\phi}_1 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$= \begin{Bmatrix} 0 \\ R \cdot \dot{\phi}_1 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} -N \\ 0 \\ D_C \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} 0 \\ N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123}$ con $\{\overline{V_{ABS}}(J_{2\ PH})\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_2)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(chasis) \wedge \overline{C_2 A}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_2)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_2)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Rueda2) \wedge \overline{J_2 C_2}\}_{123}$$

y donde $J_2 = 0$ (Contacto puntual sin deslizamiento).

$$= 0 + \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_2 \\ 0 \\ \Psi \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -R \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} 0 \\ R \cdot \dot{\phi}_2 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$= \begin{Bmatrix} 0 \\ R \cdot \dot{\phi}_2 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} N \\ 0 \\ D_C \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} 0 \\ -N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_2 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} \text{ con } \{\overline{V_{ABS}}(J_{3 PH})\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(H_1)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(chasis) \wedge \overline{H_1 A}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(H_1)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_3)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Horquilla 1) \wedge \overline{C_3 H_1}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_3)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_3)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Rueda3) \wedge \overline{J_3 C_3}\}_{123}$$

y donde $J_3 = 0$ (Contacto puntual sin deslizamiento).

$$= 0 + \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) \\ \dot{\theta}_1 + \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$\begin{aligned} &= \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} + \dot{\theta}_1 \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_1) \\ H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_1) \\ H_V \end{Bmatrix}_{123} \\ &= \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_1) \\ \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} -N \\ -L \\ D_H \end{Bmatrix}_{123} \\ &= \begin{Bmatrix} \Psi \cdot L + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_1) \\ -\Psi \cdot N + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} \end{aligned}$$

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} \text{ con } \{\overline{V_{ABS}}(J_{4 PH})\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(H_2)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(chasis) \wedge \overline{H_2 A}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(H_2)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_4)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(\text{Horquilla 2}) \wedge \overline{C_4 H_2}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_4)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_4)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(\text{Rueda4}) \wedge \overline{J_4 C_4}\}_{123}$$

y donde $J_4 = 0$ (*Contacto puntual sin deslizamiento*).

$$= 0 + \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) \\ \dot{\theta}_2 + \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$\begin{aligned} &= \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} + \dot{\theta}_2 \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_2) \\ H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_2) \\ H_V \end{Bmatrix}_{123} \\ &= \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_2) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_2) \\ \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_2) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} -N \\ -L \\ D_H \end{Bmatrix}_{123} \\ &= \begin{Bmatrix} \Psi \cdot L + \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_2) \\ -\Psi \cdot N + \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_2) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} \end{aligned}$$

- $\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123}$ con $\{\overline{V_{ABS}}(J_{5 PH})\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(A)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_5)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(\text{chasis}) \wedge \overline{BA}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_5)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_5)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(\text{Bici}) \wedge \overline{C_5 B}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_5)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_5)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(\text{Rueda5}) \wedge \overline{J_5 C_5}\}_{123}$$

y donde $\overline{V_{ABS}}(J_5) = 0$ (*Contacto puntual sin deslizamiento*).

$$= 0 + \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_5 \cdot \sin(\beta_1) \\ \dot{\phi}_5 \cdot \cos(\beta_1) \\ \dot{\beta}_1 + \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ R_B \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) \\ \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$= \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) \\ \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} + \dot{\beta}_1 \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) \\ \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

$$= \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) \\ \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} \end{Bmatrix} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ -S_B \\ -B_A \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) + S_B \cdot \dot{\Psi} \\ \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123}$$

- $\{\overline{V_{ABS}}(C_5)\}_{123}$ con $\{\overline{V_{ABS}}(J_{6\ PH})\}_{123}$

$$\{\overline{V_{ABS}}(C_5)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(C_6)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(bici) \wedge \overline{C_5 C_6}\}_{123}$$

$$\text{donde } \{\overline{V_{ABS}}(C_6)\}_{123} = \{\overline{V_{ABS}}(J_6)\}_{123} + \{\Omega_{ABS}(Rueda6) \wedge \overline{J_6 C_6}\}_{123}$$

y donde $\overline{V_{ABS}}(J_6) = 0$ (Contacto puntual sin deslizamiento).

$$\begin{aligned} &= 0 + \begin{Bmatrix} -\dot{\phi}_6 \cdot \sin(\beta_2) \\ \dot{\phi}_6 \cdot \cos(\beta_2) \\ \dot{\beta}_2 + \dot{\beta}_1 + \dot{\Psi} \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ R_B \end{Bmatrix}_{123} = \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_6 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_2) \\ \dot{\phi}_6 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_2) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} \\ &= \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_6 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_2) \\ \dot{\phi}_6 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_2) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\Psi} + \dot{\beta}_1 \end{Bmatrix}_{123} \wedge \begin{Bmatrix} L_B \cdot \cos(\beta_1) \\ L_B \cdot \sin(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} = \\ &\quad \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_6 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \sin(\beta_1) \\ \dot{\phi}_6 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \cos(\beta_1) \\ 0 \end{Bmatrix}_{123} \end{aligned}$$

2.4. Conclusión

- Ecuaciones de enlace.

$$N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 = -N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_2 \Rightarrow \text{Integrable}$$

$$N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 = -\Psi \cdot N + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \sin(\theta_1) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_1) \Rightarrow \text{Integrable}$$

$$N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 = -\Psi \cdot N + \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \sin(\theta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \cos(\dot{\theta}_2) \Rightarrow \text{Integrable}$$

$$\begin{aligned} \Psi \cdot L + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_1) \\ = \Psi \cdot L + \dot{\phi}_4 \cdot R \cdot \cos(\theta_2) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_2) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_2) \Rightarrow \text{Integrable} \end{aligned}$$

$$\dot{X}_A \cdot \sin(\Psi) + \dot{Y}_A \cdot \cos(\Psi) = N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 \Rightarrow \text{No integrable}$$

$$\begin{aligned} \dot{X}_A \cdot \cos(\Psi) + \dot{Y}_A \cdot \sin(\Psi) = \Psi \cdot L + \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_1) \\ \Rightarrow \text{No integrable} \end{aligned}$$

$$\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) + S_B \cdot \dot{\Psi} = \dot{\phi}_3 \cdot R \cdot \cos(\theta_1) - (\dot{\Psi} + \dot{\theta}_1) \cdot H_H \cdot \sin(\dot{\theta}_1) \Rightarrow Integrable$$

$$\dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) = N \cdot \dot{\Psi} + R \cdot \dot{\phi}_1 \Rightarrow Integrable$$

$$\dot{\phi}_6 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \sin(\beta_1) = \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \cos(\beta_1) \Rightarrow Integrable$$

$$\dot{\phi}_6 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_2) + (\dot{\Psi} + \dot{\beta}_1) \cdot L_B \cdot \cos(\beta_1) = \dot{\phi}_5 \cdot R_B \cdot \sin(\beta_1) \Rightarrow Integrable$$

- Numero de coordenadas independientes:

$N^o CI = n^o$ Coordenadas generales - n^o ecuaciones de enlace integrables =

- Numero de grados de libertad:

$N^o GL = n^o$ Velocidades Generales - n^o ecuaciones de enlace

Análogamente en este sistema, como el número de grados de libertad del sistema mecánico vuelve a ser menor que el número de coordenadas independientes del sistema, dicho sistema también **se comportará como un sistema no holónomo**.

ANEXO II

ESTUDIO RESISTENTE

1. Fuerzas de giro del usuario

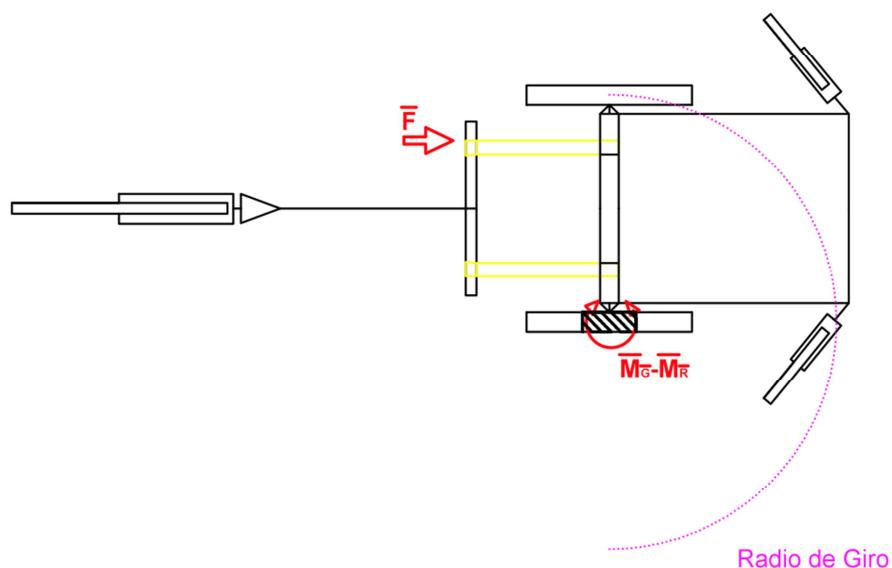
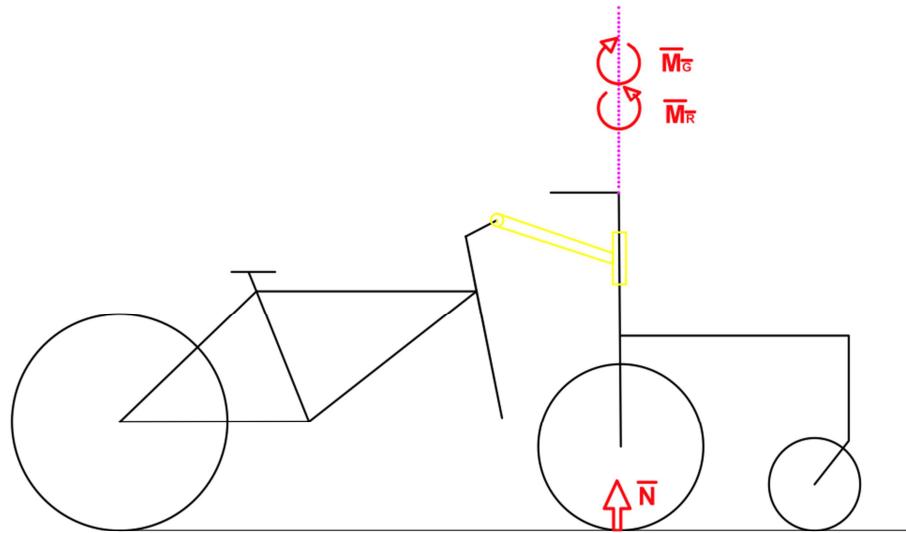


Figura 3. Esquema giro sistema con silla delante. Centro de giro sobre una rueda.

Se considera un giro de la bicicleta donde el radio de giro se halle en una de las ruedas, poniéndonos en la situación más desfavorable, ya que entonces el sistema ha de pivotar sobre dicha rueda, anulándose la condición de rodadura.

Además, se considera que la normal se sitúa justo encima de la rueda, como si el usuario depositara todo su peso sobre esta.

Finalmente también se considera que la rueda se encuentra algo desinflada y no se encuentra en la situación ideal, aumentando así su superficie de contacto.

Consideramos L la anchura de la silla. Siendo Mg el momento generado y Mr el momento resistente, para que se produzca el giro ha de cumplirse que $Mg>Mr$.

El momento resistente será debido al rozamiento. Si llamamos x a la longitud de la rueda apoyada sobre el suelo, $Mr=(Fr/2).(x/2)+(Fr/2)(x/2)=(Fr/2).x$; donde $Fr=\mu.N$, siendo:

- $\mu=1$ (coeficiente de rozamiento entre la goma de neumáticos y el asfalto)
- $N=9,81.m=9,81.120$ (bajo el supuesto de un usuario de 100kg más el peso de la silla de 20kg).

Siendo las ruedas de la silla de 24'', cuando este desinflada tendrá una superficie de contacto que vamos a considerar de límite 5cm en línea sobre el plano.

Considerando además una situación hipotética de que todo el peso del usuario recaiga sobre la rueda, siendo esta la situación más desfavorable (ya que el resto de ruedas tienen condición de rodadura), obtenemos:

- $Fr=1.9,81.120=981N$
- $Mr=981.0,025=12,263\text{ N.m}$

Aplicando la condición de $Mg>Mr$ para que se produzca el giro, vemos que este ha de ser superior de 12,263N.m

El punto de giro será la suma de 28cm/2 (distancia mínima de incorporación del sistema al manillar)+39cm/2 (anchura mínima de la silla), lo que hace un total de 335mm.

Por tanto, $Mg>12,263\text{ N.m} \rightarrow F.0,335>12,263\text{ N} \rightarrow F>36,606\text{ N} \rightarrow$ Lo equivalente a mover 3,7kg.

A pesar de ponernos en hipótesis enormemente restrictivas y limitaciones extremas, observamos que la fuerza necesaria es relativamente baja, siendo esta menor posteriormente en una situación real en la que en primer lugar se divide el peso entre las ruedas y parte del momento se aplique también con el brazo interior del giro.

2. Dimensionado de elementos críticos

Para el cálculo de los desplazamientos y las tensiones se ha empleado el software MEFI de cálculo de estructuras, indicando la sección y la inercia de cada uno de los componentes frente a las componentes de fuerzas a analizar; observando posteriormente los resultados y tomando las medidas pertinentes para el correcto funcionamiento del sistema.

2.1. Abrazaderas de la silla al sistema.

- Equilibrio Estático:

Las abrazaderas han de estar fijadas con una fuerza suficiente que impida el deslizamiento de la estructura hacia abajo a lo largo de las barras traseras de la silla.

La fuerza del usuario suponemos que se distribuirá equitativamente entre las dos abrazaderas, teniendo que soportar la mitad de su peso cada una de ellas aproximadamente.

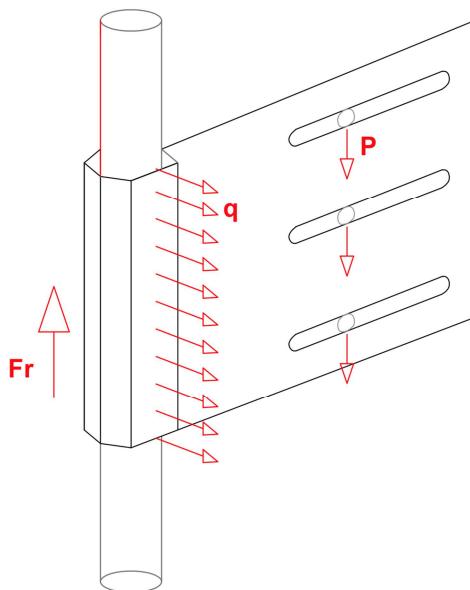


Figura 4. Equilibrio estático abrazaderas.

Así, la Fuerza resistente necesaria será:

$$F_r = \mu_{res} \cdot N$$

donde $N = q \cdot \text{Superficie}$

$$P = \frac{\text{Peso(usuario)}}{6(\text{tornillos})}$$

Por tanto, la fuerza a soportar, teniendo en cuenta que se distribuye el peso del usuario entre 2 abrazaderas, será:

$$F_{eq} = \frac{P_d}{2} = [\mu_{res} \cdot q \cdot \text{Sup}]$$

El segundo término corresponde a la carga q que tendrá que ejercerse sobre la abrazadera de modo que se igualen las fuerzas y la abrazadera no se deslice hacia abajo, considerando la superficie que abraza a la silla.

Donde

- S: Superficie de contacto. Será de 5970 mm^2 en la abrazadera y 6900 mm^2 en el caso de la pletina que se aprieta contra la abrazadera, haciendo un total de 12870 mm^2 .
- P_d : Peso delantero del ciclista. Poniéndonos en la situación más crítica, se considera que el usuario deposita todo su peso sobre el manillar delantero, considerada de 100kg.
- μ_{res} : coeficiente de rozamiento entre la silla y la abrazadera. Dicho valor corresponde al coeficiente entre materiales tejidos, correspondiente a la tela del respaldo que cubre la barra de la silla y aluminio de las abrazaderas.

Del rango de materiales tejidos, se considera el coeficiente mínimo, poniéndonos nuevamente en la situación límite y evitando posibles fallos por deslizamiento del sistema a lo largo de la estructura.

Tabla 1. Coeficiente de fricción metales-tejidos. (Bonilla-Mercado, 2003)

Materiales de fricción	Coeficiente de fricción - μ_{res}
Metales-Materiales Tejidos	0.25-0.45

Despejando q de la ecuación anterior se obtiene:

$$q = \frac{P_d}{\mu_{res} \cdot \text{Sup} \cdot 2} = \frac{(100/2) \cdot 9,81}{0,25 \cdot 12870} = 0,15245 \text{ N/mm}^2$$

Dicha tensión será aplicada mediante 2 tornillos de mango estrella, los cuales resistirán perfectamente las fuerzas solicitadas, siendo su módulo de Young 4 órdenes de magnitud superior. La justificación de los tornillos empleados se ha incluido en el ANEXO III.

- Equilibrio dinámico

El ciclista ha de ejercer un empuje suficiente para desplazar el peso del conjunto del vehículo tandem. Dichas fuerzas se transferirán al sistema de acoplamiento, que deberá oponer una fuerza igual para no ser deformado ni roto.

Llamando E al empuje realizado por el ciclista sobre el sistema; y F a la fuerza que opone el conjunto Silla y su usuario, el equilibrio de fuerzas queda de la siguiente manera:

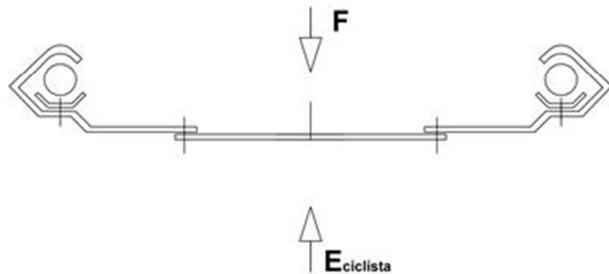


Figura 5. Abrazadera. Vista Superior.

Cuando el sistema se encuentre en desplazamiento, las abrazaderas deberán soportar una carga a flexión debido a las fuerzas en esta dirección tal y como se indica en la siguiente figura:

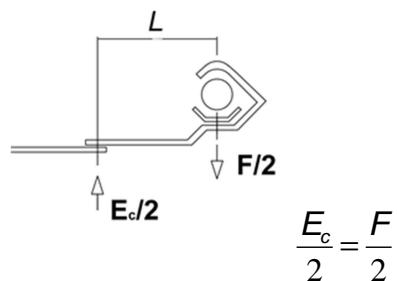


Figura 6. Vista superior abrazadera. Fuerzas desplazamiento recto.

Las mayores fuerzas salían las de inercia en el caso de frenada del sistema, siendo estas opuestas a las fuerzas de rozamiento y rodadura, y bastante superiores. Por tanto, los cálculos se harán evaluando el comportamiento del sistema frente a dichas fuerzas. De cara a contar con un coeficiente de seguridad igual a 2, se considera que cada una de las 2 abrazaderas deberá soportar la totalidad de la carga.

Al tratarse de un material más ligero, resulta interesante de cara al sistema emplear aluminio en vez de acero.

El aluminio seleccionado ha sido una aleación de magnesio silicio 6061 T6, empleada típicamente en la fabricación de cuadros y otros componentes de bicicletas. Siendo su límite elástico de 69 GPa (6061-T6 (AlMg1SiCu) Aluminum, 2013).

Se ha comprobado cual era la tensión equivalente Von Misses máxima del sistema a soportar en direcciones paralelas al plano de marcha, ya que serán las más críticas para la chapa (transversales a esta), comparándola con el límite elástico del material.

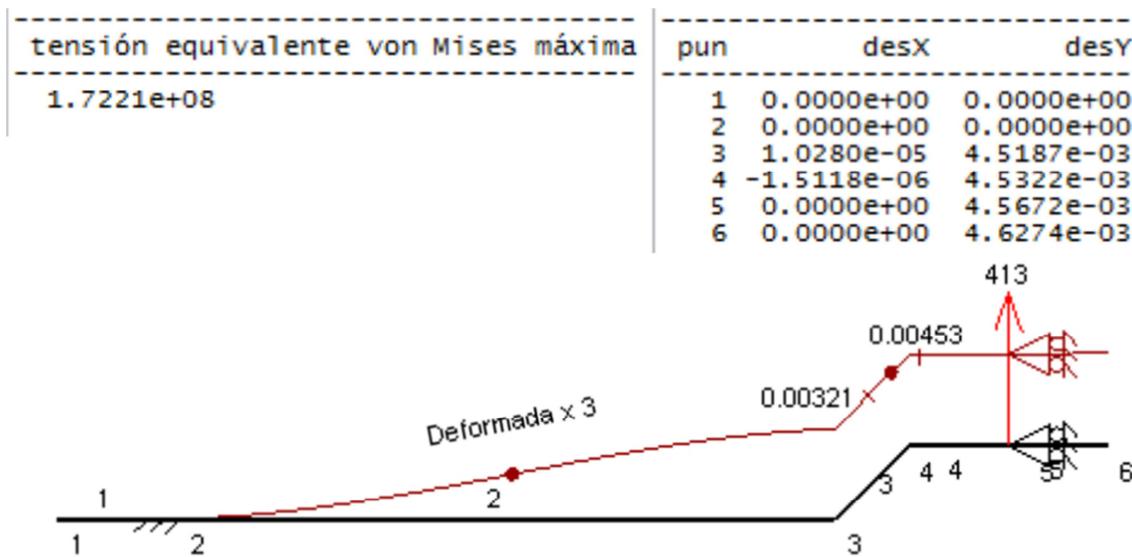


Figura 7. Resultados tensiones y desplazamientos abrazadera sin reforzar. Software: MEFI

Fijandonos en los desplazamientos máximos (Figura 7, unidades en el S.I.) se ve que son ya del orden de milímetros (4,6 mm, prácticamente medio centímetro), lo cual es perjudicial frente a un desgaste por fatiga. Si se analizan las fuerzas, se observa que la tensión Von Misses

tiene un valor de 172 MPa, (más del doble del límite elástico del aluminio); por ello será necesario o bien cambiar de material o reforzar las chapas mediante nervios.

Se ha procedido a introducir 4 nervios a las abrazaderas, abarcando estos la longitud completa de las chapas y contando con un espesor de 2mm y una altura de 11mm, quedando la disposición final según las Figura 8 y Figura 9.

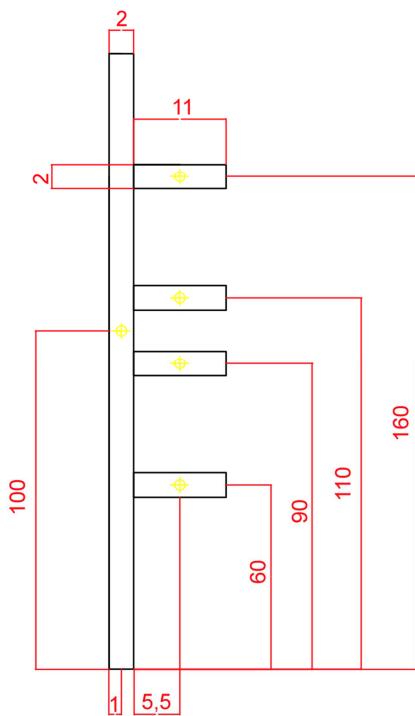


Figura 9. Vista nervios cortos abrazadera



Figura 8. Vista nervios largos abrazadera.

2.1.1 CALCULO INERCIA DE LAS ABRAZADERAS CON NERVIOS



- Teniendo los 4 nervios añadidos a la abrazadera, en primer lugar se ha dividido el conjunto en áreas rectangulares, siendo A1 la sección transversal de la abrazadera y A2, A3, A4 y A5 las de los 4 nervios de arriba abajo.

$$A1 = b \cdot h = 400 \text{ mm}^2$$

$$A2 = A3 = A4 = A5 = b' \cdot h' = 22 \text{ mm}^2$$

$$A_{total} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 = 488 \text{ mm}^2$$

Figura 10. Vista lateral abrazadera con nervios

- En segundo lugar, se ha calculado el centro de masas de la figura compuesta.

$$X_G = \frac{(A1.X1 + A2.X2 + A3.X3 + A4.X4 + A5.X5)}{(A1 + A2 + A3 + A4 + A5)} = 2,172 \text{ mm}$$

$$Y_G = \frac{(A1.Y1 + A2.Y2 + A3.Y3 + A4.Y4 + A5.Y5)}{(A1 + A2 + A3 + A4 + A5)} = 100 \text{ mm}$$

(sale en medio del eje 'y' al tratarse de una figura con un eje de simetría)

- Se calculan las inercias individuales para los ejes propios de cada sección. La inercia crítica a evaluar es, como se ha dicho, la correspondiente a las fuerzas perpendiculares a la chapa, es decir, a lo largo del eje 'y'. Por tanto,

$$I_y = \frac{b^3 \cdot h}{12}$$

$$I_{1y} = 133 \text{ mm}^2; I_{2y} = I_{3y} = I_{4y} = I_{5y} = 221,83 \text{ mm}^2$$

- A continuación se aplica el teorema de Steiner, trasladando dichas inercias al sistema de ejes globales X_G, Y_G , donde X_{iG} e Y_{iG} corresponde a la distancia existente entre los centros de cada uno de los sistemas individuales respecto al sistema global.

$$X_{1G} = 1,172 \text{ mm}; X_{2G} = X_{3G} = X_{4G} = X_{5G} = 3,328 \text{ mm}$$

$$I_{iy_Final} = I_{iy_Individual} + A_i \cdot (Y_{iG})^2$$

$$I_{1y_Final} = I_{1y_Individual} + A_1 \cdot (Y_{1G})^2 = 682,43 \text{ mm}^4$$

$$I_{2y_Final} = I_{3y_Final} = I_{4y_Final} = I_{5y_Final} = I_{2y_Individual} + A_2 \cdot (Y_{2G})^2 = 465,49 \text{ mm}^4$$

$$I_{Y_Total} = \sum I_{iy_Final} = 2544,394 \text{ mm}^4$$

El momento de inercia frente a fuerzas en la dirección transversal (dirección crítica) de las chapas alcanza ahora un valor de 2544,4 mm⁴.

Con ello, la tensión equivalente Von Misses ahora alcanzada es de 2,9 MPa (ver Figura 11, unidades en SI), siendo esta muy inferior al límite elástico del material, y siendo por tanto válida y seleccionada esta nueva configuración para las abrazaderas.

Además se observa que los desplazamientos máximos en este caso son despreciables.

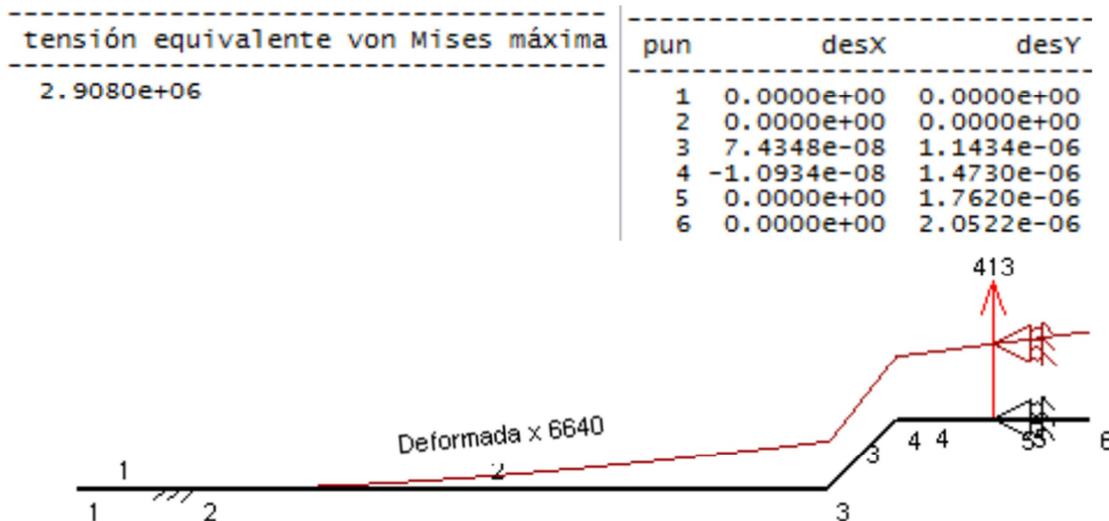


Figura 11. Resultados tensiones y desplazamientos abrazadera reforzada. Software: MEF1

Así mismo, los desplazamientos máximos ahora (que ocurren en el extremo de la abrazadera) son ligeramente superiores a una décima de milímetro), quedando estos inapreciables en el uso ordinario del sistema.

3. Cálculo de Barras Sistema Silla Delante.

Se ha diseñado la geometría de las barras, dejando libre su grosor para evaluar la inercia mínima de las barras de cara a soportar las cargas.

Las cargas más significativas que actuarán son los pesos de los componentes, así como las fuerzas de inercia consideradas en el caso de la abrazadera.

Considerando que la totalidad del peso del ciclista se transmite a través de las barras, estas deberán aguantar el peso de este, que será transmitido hasta el sistema acoplador, así como una parte del peso de la bici. Se ha considerado una masa de 120kg, de modo que la fuerza generada por esta se dividirá entre las 2 barras.

Se ha buscado nuevamente un coeficiente de seguridad que asegure el correcto funcionamiento del sistema, por ello se supone que el usuario pueda depositar la totalidad de su peso sobre una única barra, observando cuales serían las tensiones resultantes.

Con esos requisitos se ha observado que una barra de 1mm de espesor sería suficiente para soportar las solicitudes del sistema. Si nos fijamos en la Figura 12, se observa que los desplazamientos máximos del sistema serían despreciables, y la tensión máxima equivalente de 19 N/mm^2 , cuatro veces inferior al límite elástico del aluminio 6061 T6 empleado (69 MPa).

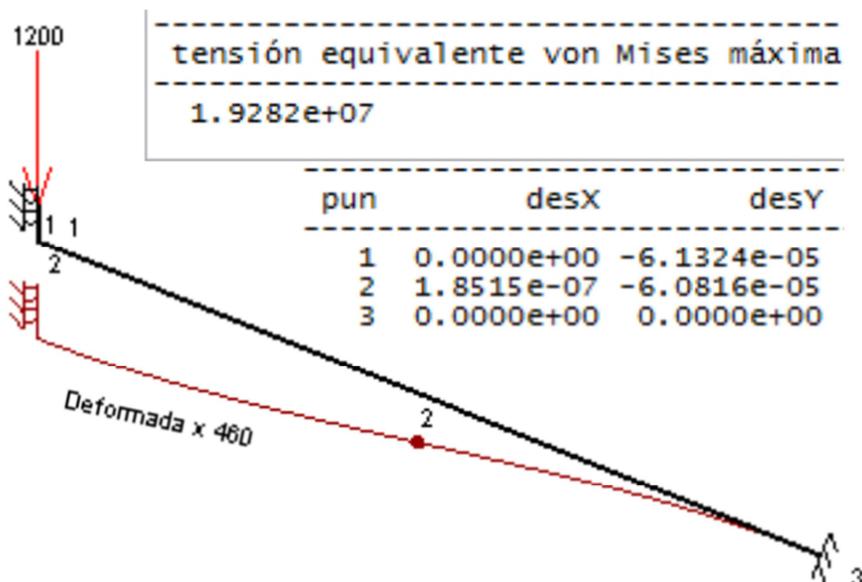


Figura 12. Vista frontal de las barras afectándoles el peso

Como se ha introducido, es necesario evaluar también el comportamiento del sistema frente a las fuerzas de inercia generadas. En la Figura 13 se observa que, lógicamente, al tratarse de fuerzas menores, el sistema aguanta perfectamente dichas solicitudes. Los desplazamientos vuelven a ser despreciables en este caso.

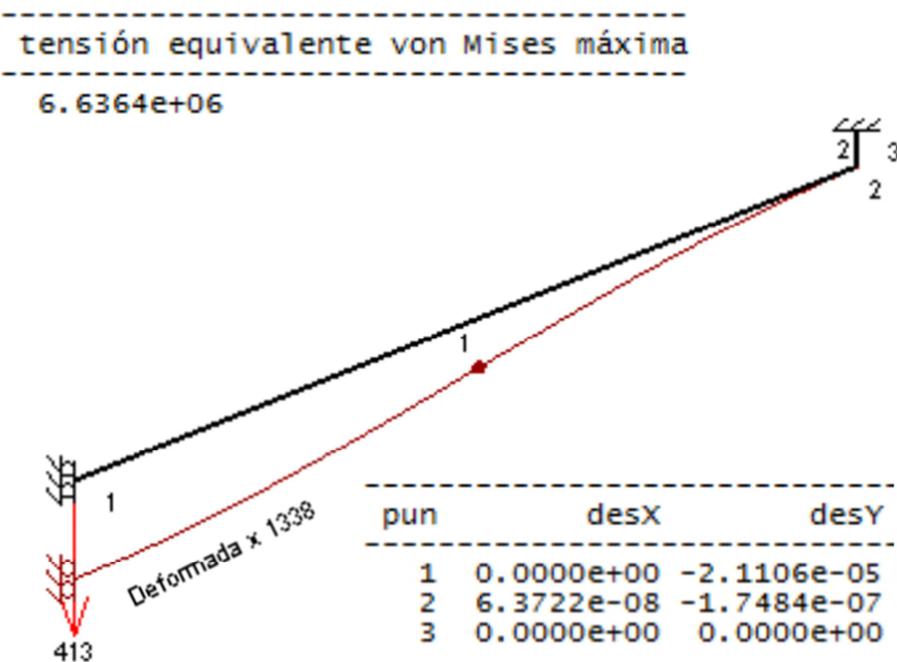


Figura 13. Vista superior de las barras afectándoles las fuerzas de inercia.

4. Cálculo Tubo Principal Sistema Silla Detrás.

En el sistema Silla Detrás, se trata del elemento más crítico, al ser el tubo de mayor elongación, menor sección y menor Inercia. Por ello, la estructura deberá ser lo suficientemente rígida y resistente como para que las fuerzas transmitidas por el sistema no la dañen.

Analizando las distintas fuerzas previamente calculadas, analizamos el comportamiento del sistema frente a las fuerzas de inercia debido a una desaceleración (ya que, como se ha comentado, estas son mayores y en dirección opuesta al resto de fuerzas que intervienen).

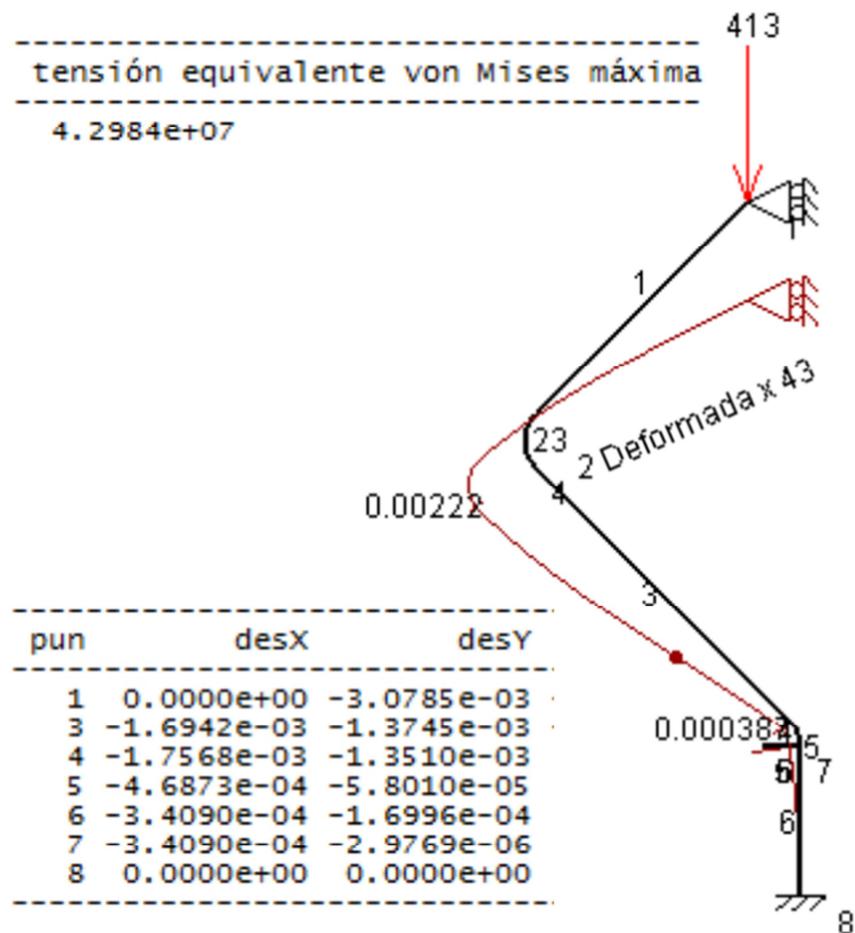


Figura 14. Tubo Principal Silla Detrás frente a fuerzas del sistema. MEF

Se observa que los desplazamientos máximos son de a penas 3mm en una estructura de más de un metro de elongación, sin representar esto una medida crítica. Tener en cuenta que los desplazamientos que aparecen en la figura no son reales, sino que han sido ampliados x43 para poder apreciarlos en pantalla.

La tensión equivalente que aparece es de 42MPa, manteniendo un coeficiente de seguridad elevado frente a los 69MPa de límite elástico del Aluminio 6061 T6.

5. Cálculo Cuadro Sistema Monociclo.

En el sistema monociclo, el cuadro transmite todas las fuerzas desde la silla de ruedas hasta la rueda delantera. En este caso, las fuerzas más críticas que afectaran al sistema serán el peso de la silla de ruedas+usuario, ya que son en dirección perpendicular a la estructura, creando los mayores momentos flectores. Por ello, la estructura deberá ser lo suficientemente rígida y resistente como para que el sistema sea capaz de soportar dichos pesos.

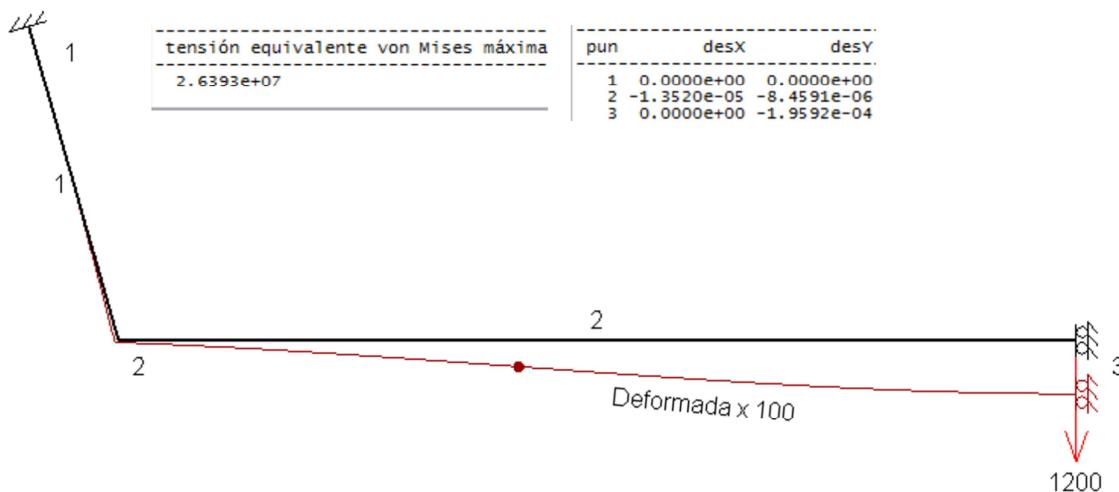


Figura 15. Cuadro monociclo frente a la componente del peso del usuario y silla. MEFI.

A pesar de que el centro de gravedad del usuario se encuentra prácticamente en el eje trasero de la silla de ruedas y que, por tanto, la mayoría de su peso queda depositado sobre estas, se ha considerado el peso total del usuario y la silla de cara a evaluar el comportamiento que tendría el cuadro frente a esta situación más extrema.

Observamos que la tensión máxima alcanza un valor de 26 MPa, una tercera parte aproximadamente del valor permitido (límite elástico del aluminio empleado), asegurando el correcto funcionamiento del sistema.

Además los desplazamientos máximos de este componente no alcanzan las 2 decimas de milímetro, resultando inapreciables y nada críticas para el sistema.

6. Cálculo guía de acoplamiento a silla Sistema monociclo.

En el mismo sistema monociclo, la guía se encuentra transversal al cuadro, transmitiendo a este las fuerzas. Por tanto, estando la guía firmemente fijada, esta deberá soportar las reacciones generadas por soportar nuevamente el peso del usuario y la silla (bajo las mismas hipótesis de condición extrema que en el caso anterior), evaluando estas fuerzas al tratarse de la componente mayor con diferencia y actuando en un sentido perpendicular al resto.

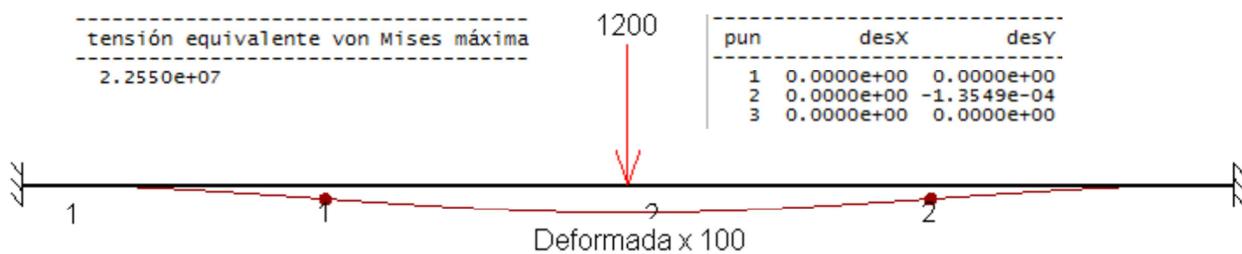


Figura 16. Cuadro monociclo frente a la componente del peso del usuario y silla. MEFI.

Observamos que la tensión máxima alcanza un valor de 22 MPa en este caso, muy similar a las que se generan en el cuadro (una tercera parte aproximadamente del valor permitido: límite elástico del aluminio empleado), asegurando nuevamente el correcto funcionamiento del sistema.

En este caso los desplazamientos máximos de este componente tampoco llegan a alcanzar las 2 decimas de milímetro, (resultando inapreciables y nada críticas para el sistema).

La solución diseñada para la guía del sistema Silla Detrás es idéntica a la del sistema monociclo, y no será por tanto llevada a estudio, ya que las fuerzas que afectan a esta son menores (no debe soportar el peso de la silla y usuario), poseyendo la misma inercia, material y sección que esta.

ANEXO III

CÁLCULO DE TORNILLOS Y UNIONES ATORNILLADAS.

Las fuerzas que ejerce el ciclista sobre el sistema en la dirección de las placas se hallan en el orden de magnitud de 100kp, que es un peso extremo barajado del usuario. Consideramos por tanto 1000N para los cálculos.

La fuerza, tanto en la pletina soldada a las barras, en la pletina central que fija las mordazas que se “abrazan” a la silla y en dichas mordazas se ve distribuida equitativamente entre 4 o más tornillos cada una que transmiten las fuerzas a lo largo de la estructura.

Se han seleccionado tornillos A4t: tornillos ordinarios, que tienen una resistencia a tracción entre 34 y 55 kg/mm². Dentro de esta gama, se han seleccionado del tipo 4.6 (acero), teniendo una resistencia a la rotura $R_m=f_{ub}=400\text{N/mm}^2$ y un límite elástico $R_e=f_{yb}=240\text{N/mm}^2$. (Tornillos y uniones atornilladas.)

El coeficiente parcial de seguridad de los tornillos será 1,25: $Y_M=Y_{Mb}$.

CLASE DE PROPIEDAD	INTERVALO DE TAMAÑOS, INCLUSIVE	RÉSISTENCIA LÍMITE MÍNIMA A LA TENSIÓN MPa	RÉSISTENCIA ÚLTIMA MÍNIMA A LA TENSIÓN MPa	RÉSISTENCIA DE FLUENCIA MÍNIMA A LA TENSIÓN MPa	MATERIAL	MARCA DE CABEZA
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de mediano o bajo carbono	

Figura 17. Especificaciones mecánicas métricas para tornillos. Fuente: tecnun. Universidad de Navarra.

En el caso de las Tuercas, estas serán de tipo M (MR se emplean para los tornillos de alta resistencia). Y las arandelas serán de tipo A: negras, (no es necesario el empleo de arandelas AP: pulidas).

Para la selección de las placas, el aluminio de estas se designa identificando su tipo (referencia a la aleación) y grado (tratamiento). Seleccionaremos una chapa de aluminio 6061 T6, la cual deberá tener un límite elástico de 69,5 N/mm², así como una tensión de rotura f_u entre 124 y 310 N/m². Se ha tomado la mínima (124MPa) de cara a los cálculos siguientes.

En primer lugar estudiaremos las fuerzas a cortante. La solicitud al tornillo ha de ser menor que la resistencia a dicha fuerza que presente dicho tornillo. Por tanto, $F_{V,Ed} < F_{V,Rd}$ donde

$$F_{V,Rd} = n \cdot 0,5 \cdot f_{ub} \cdot \frac{A}{\gamma_{M2}}$$

Siendo:

n: numero de planos de corte. En el caso de todos los tornillos del sistema, se trata de cortadura simple, por tanto n=1.

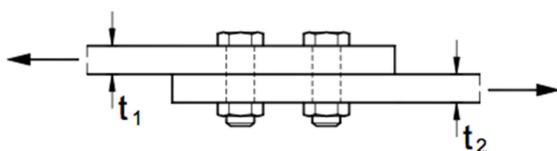


Figura 18. Simple Cortadura.

- f_{ub} : tensión ultima del acero de los tornillos= 400 N/mm².
- A: área del tornillo, siendo esta igual a A_d si el plano de corte está en el vástago del tornillo e igual a A_s si el plano de corte esta en la zona roscada.
- γ_{M2} : 1,25 es el coeficiente de minoración del acero estructural para uniones.

Planteando la ecuación, obtenemos: $\frac{1000N}{4} < (0,5 \cdot 400 \cdot \frac{N}{mm^2} \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}) / 1,25$, y despejando obtenemos que $d > 1,410473$ mm, siendo d el diámetro del tornillo.

Por tanto, colocando unos tornillos de un diámetro mayor al indicado sería suficiente para soportar las cargas. Atendiendo a las especificaciones mecánicas métricas para perno, tornillos comunes y tornillos de presión, seleccionamos un tornillo de métrica 6, ya que a pesar de existir tornillos de métrica menor (métrica 5), no es habitual el uso de estos en sistemas mecánicos.

Una vez que se tiene fijada la métrica del tornillo, se ha evaluado si con esta métrica se soportaría los esfuerzos de tracción y los esfuerzos combinados de tracción y cortante.

Comenzando por las fuerzas a tracción, de nuevo, la condición que ha de cumplirse es que las fuerzas solicitadas sean menores que la resistencia del tornillo: $F_{t,Ed} < F_{t,Rd}$,

$$\text{Siendo } F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{Mb}},$$

Donde γ_{Mb} es el estado límite último: 1,25.

Sustituyendo se obtiene:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot 400 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \cdot \frac{(\pi \cdot d^2)/4}{1,25} = 5654,867$$

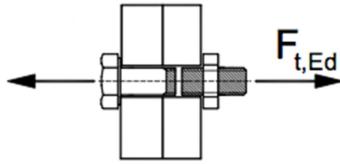


Figura 19. Tornillo trabajando a tracción.

La máxima fuerza de tracción la soportaran los tornillos enfrentados a la dirección de la marcha del sistema. Suponiendo una frenada brusca de golpe para las fuerzas máximas solicitadas a tracción. Así, los tornillos han de soportar las fuerzas generadas al detenerse el sistema silla y usuario. Considerando el peso de la silla de 25 kg (silla de acero pesada) y el del usuario de 100 kg (recordamos que se están evaluando casos límite. No se considera un peso mayor del usuario al ser este el máximo peso admisible por la mayoría de sillas de ruedas).

En relación a la aceleración, suponemos esta de $3,44m/s^2$ como se ha justificado en el apartado.

Por tanto, al haber en cada transmisión entre chapas 4 o más tornillos transmitiendo las fuerzas entre los distintos componentes, las fuerzas máximas resultantes a soportar serán:

$$F_{t,Ed} = \frac{125 \cdot 3,44}{4} = 107,5 N$$

Observamos que los tornillos seleccionados no solo cumplen con los requerimientos solicitados, sino que estos son aproximadamente 50 veces menores a la resistencia de los mismos a tracción.

Al verse el sistema sometido a sendas fuerzas, se debe cumplir además una condición adicional:

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} < 1,0, \quad \text{se comprueba sustituyendo que, efectivamente}$$

$$\frac{1000}{3769,91} + \frac{107,5}{1.4.5654,86} = 0,2788 < 1,0$$

Como conclusión, los tornillos A4t, (tornillos ordinarios) del tipo 4.6 (acero) serían válidos para cumplir los requerimientos mecánicos de este sistema.

Las distancias de seguridad que deberemos guardar entre los agujeros de las placas donde serán introducidos los tornillos son los siguientes:

- Centro del agujero a borde frontal según dirección de transmisión de la carga:
 $e_1 \geq 1,2 \cdot d_o = 7,8 \text{ mm}$.
- Separación centros en dirección de las cargas: $p_1 \geq 3 \cdot d_o = 19,5 \text{ mm}$.
- Separación centros en dirección perpendicular a las cargas: $p_2 \geq 2 \cdot d_o = 13 \text{ mm}$
- Cuando el elemento es traccionado o comprimido, además debe cumplirse que p_1 y $p_2 [p_1; p_2] \leq 200 \text{ mm}$

El siguiente paso consiste en calcular la resistencia necesaria de las chapas a aplastamiento. Se debe cumplir, como en los casos anteriores, que la solicitud de los tornillos sea menor que la resistencia a aplastamiento de las chapas:

$$F_{V,Ed} < F_{b,Rd}; \quad \text{siendo } F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}},$$

y siendo α ,

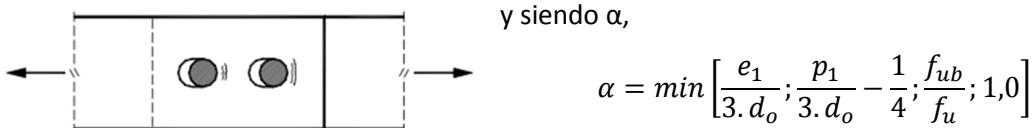


Figura 20. Aplastamiento de chapa.

Donde:

- f_u : es la tensión última del acero de las chapas.
- t : espesor mínimo a aplastamiento de las chapas, es decir, el menor entre los espesores t_1 y t_2 de las 2 chapas. En las chapas planteadas este valor es 2mm
- e_1 : distancia a extremo frontal, 10mm en el caso mas extremo del diseño planteado.
- p_1 : distancia entre taladros en la dirección del esfuerzo, 20mm en el menor de los casos.
- d_o : diámetro del taladro, igual al del tornillo más la holgura nominal. Dicho valor será de medio milímetro para un diámetro tan pequeño, siendo por tanto de 6,5mm. (Esa holgura es de 1mm en el caso de tornillos M10 y M12, y de 2mm hasta M24).

Sustituyendo se obtiene:

$$\alpha = \min \left[\frac{10}{3 \cdot 6,5}; \frac{20}{3 \cdot 6,5} - \frac{1}{4}; \frac{400}{124}; 1,0 \right] = \min \left[\frac{20}{39}; \frac{121}{156}; 3,22; 1 \right] = \frac{20}{39} = 0,5128$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,5128 \cdot 124 \cdot 6,5 \cdot 2}{1,25} = 1653,27,8 \text{ N}$$

Las fuerzas a las que se veía sometido el sistema recordamos que eran cercanas a 1000N en los casos extremos, por tanto, las chapas son resistentes al aplastamiento, presentando un coeficiente de seguridad de unas de un 60% las fuerzas a las que se ven expuestas.



Trabajo Fin de Grado

Sistemas tandem para ciclistas y
usuarios de sillas de ruedas

- Manuales de Instrucciones -

Autor

Íñigo Marín Alcalá

Directores

José Luis Santolaya Sáenz
Ana Serrano Tierz

EINA
2014

MANUAL DE INSTRUCCIONES

SISTEMA TANDEM SILLA DELANTE

**Datos del fabricante:**

Nombre: Tasirubi S.L.

Dirección: Polígono La Cuesta III

Teléfono: 629983647

Datos del producto:

Tipo: Sistema Tandem Silla Ruedas-Bici

Modelo: SBD

País de fabricación: España

1. PREVIO

Todas las piezas y componentes que aparecen en este manual han sido probados y calculados para un correcto funcionamiento durante su utilización. La información, especificaciones e ilustraciones de este manual, corresponden a los datos disponibles en el momento de la publicación y únicamente para este producto.

El objeto del manual es detallar las instrucciones que el usuario ha de seguir para realizar el montaje de las piezas y la instalación del sistema de acoplamiento tanto en la bicicleta como en la silla de ruedas.

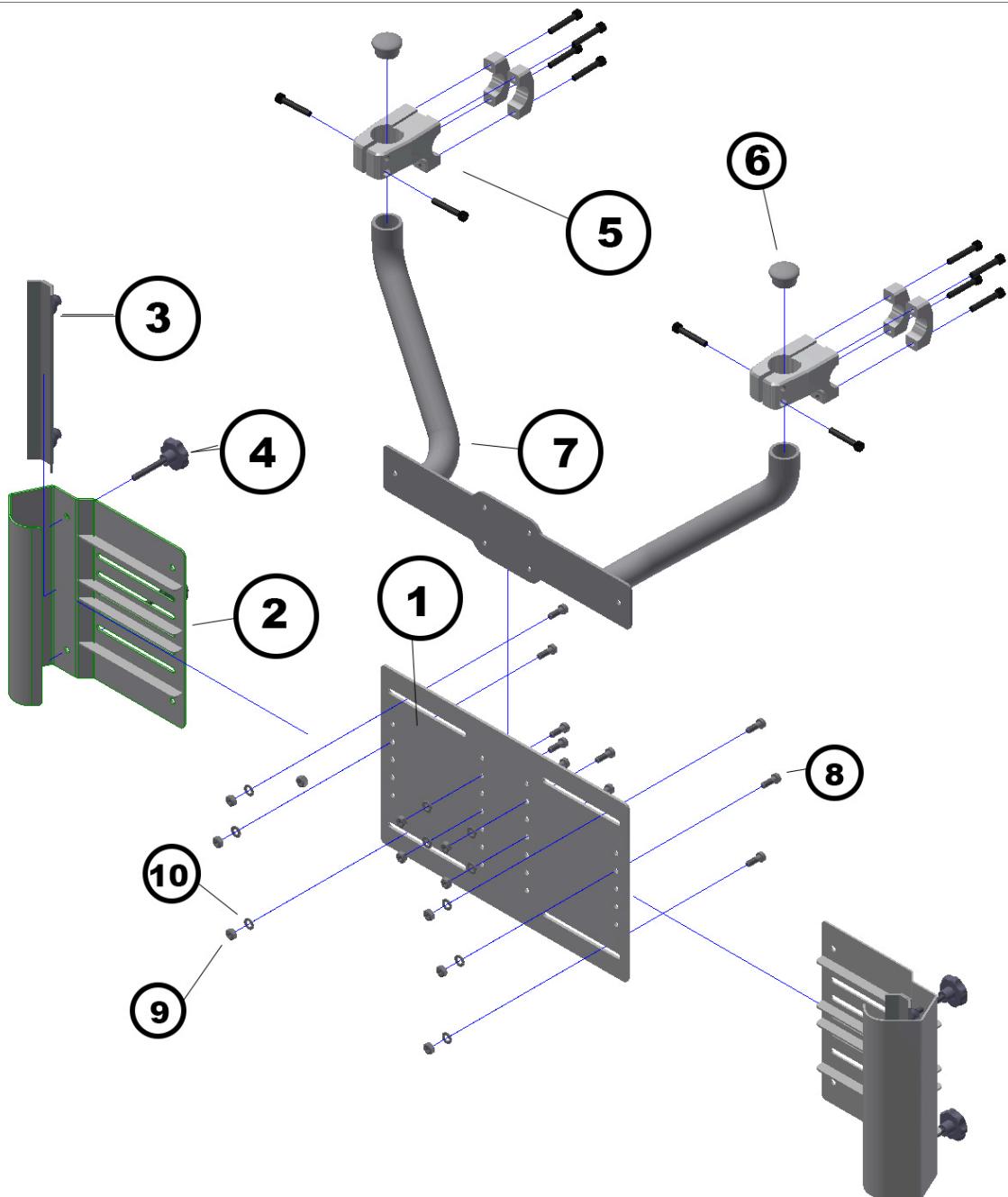
Cualquier pieza modificada o montaje diferente al sugerido en el manual así como los daños que puedan ocasionar estas modificaciones quedarán fuera de la responsabilidad del fabricante. Del mismo modo, la garantía quedará invalidada ante cualquier modificación o si no se sigue las instrucciones de montaje indicadas.

2. INSTRUCCIONES DE MONTAJE

Antes del montaje del producto comprobar que los componentes de la lista se encuentran en la caja. Una vez esté seguro de que todas las piezas han sido suministradas comenzar con el proceso de montaje.

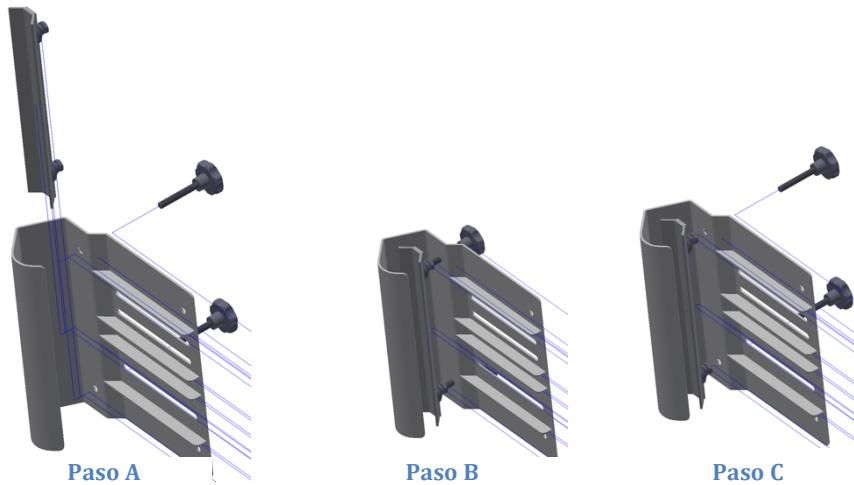
<u>CONJUNTO SILLA DELANTE</u>		
Marca	ELEMENTO	Cantidad
1	Placa principal	1
2	Abrazaderas silla	2
3	Mordazas Silla	2
4	Tornillos Autorroscantes	2
5	Kit Potencia + 6 tornillos	2
6	Araña y tapón de cierre de tubos	2
7	Conjunto tubos conexión a bici	1
8	Tornillo de cabeza cilíndrica DIN 6912 - M6 x 16	10
9	Tuerca hexagonal DIN 934 - M6:	10
10	Arandela de presión DIN 128 - A6	10

La figura en explosión muestra las distintas partes que deberá montar:



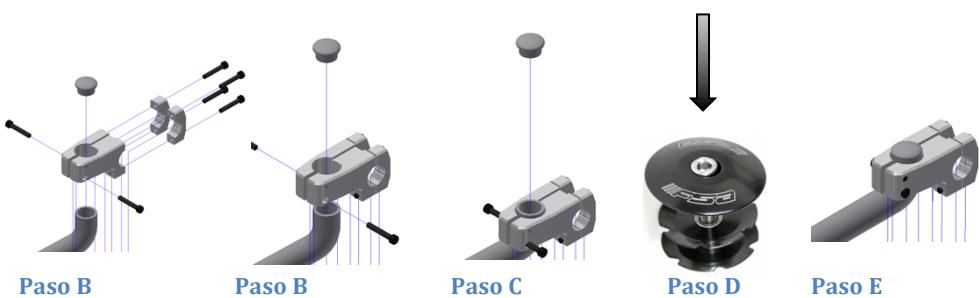
Paso 1. Montaje subconjunto abrazadera silla

- A. Colocar la mordaza enfrentada a los orificios de la abrazadera, situada en el interior de esta.
- B. Introducir los tornillos a través de dicha abrazadera.
- C. Una vez estos han atravesado dicha abrazadera y asoman por el otro extremo, prosiga roscando hasta que lleguen al tope de dicha mordaza.



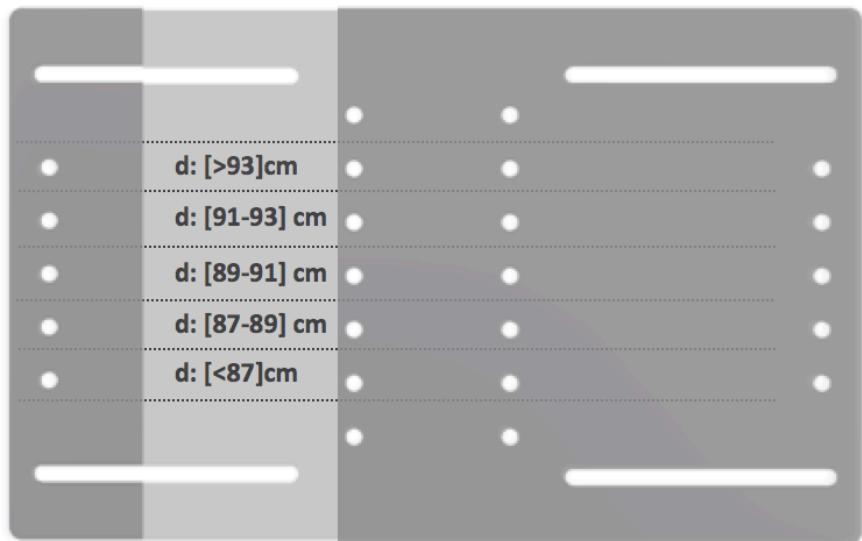
Paso 2. Montaje de potencias en prolongación de manillar

- A. Montaje de potencias: Introducir los tornillos a través de las juntas y enroscar posteriormente en la potencia tal como se indica en la figura.
- B. Introducir las potencias en los extremos de los tubos de manillar de manera que queden con la superficie plana mirando hacia arriba.
- C. Introducir los tornillos laterales de las potencias y apretar mínimamente.
- D. Introducir las arañas con tapón incorporado en los tubos y enroscar el tornillo superior de manera que queden presionando el interior del tubo.
- E. Atornillar las potencias.



Paso 3. Ajuste de la altura del acoplamiento

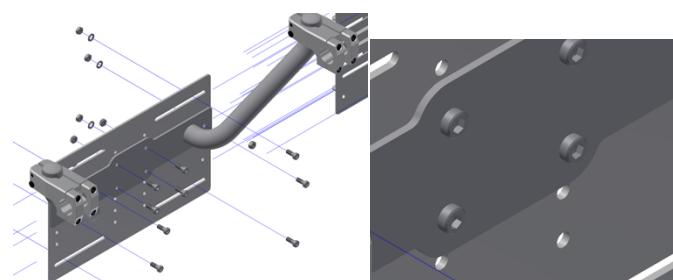
- A. Medir la altura del manillar hasta el suelo de la bicicleta que vayas a emplear. Hacer de manera perpendicular al suelo. De dicha medida dependerá la altura a la que atornillar el conjunto.
- B. Una vez realizada la medición, situar la placa que forma parte del conjunto prolongación de manillar paralela a la placa principal. Centrar los agujeros laterales y ajustarlos en altura de acuerdo a las indicaciones que aparecen en la siguiente Figura.



Paso B

- C. Atornillar los cuatro tornillos centrales, quedando las arandelas y roscas en la cara no visible, tal y como muestra la Figura.

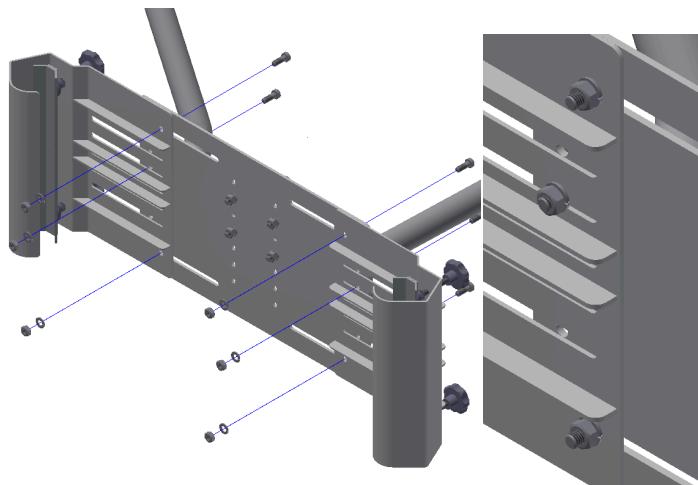
Nota: no atornille aun los tornillos laterales del conjunto.



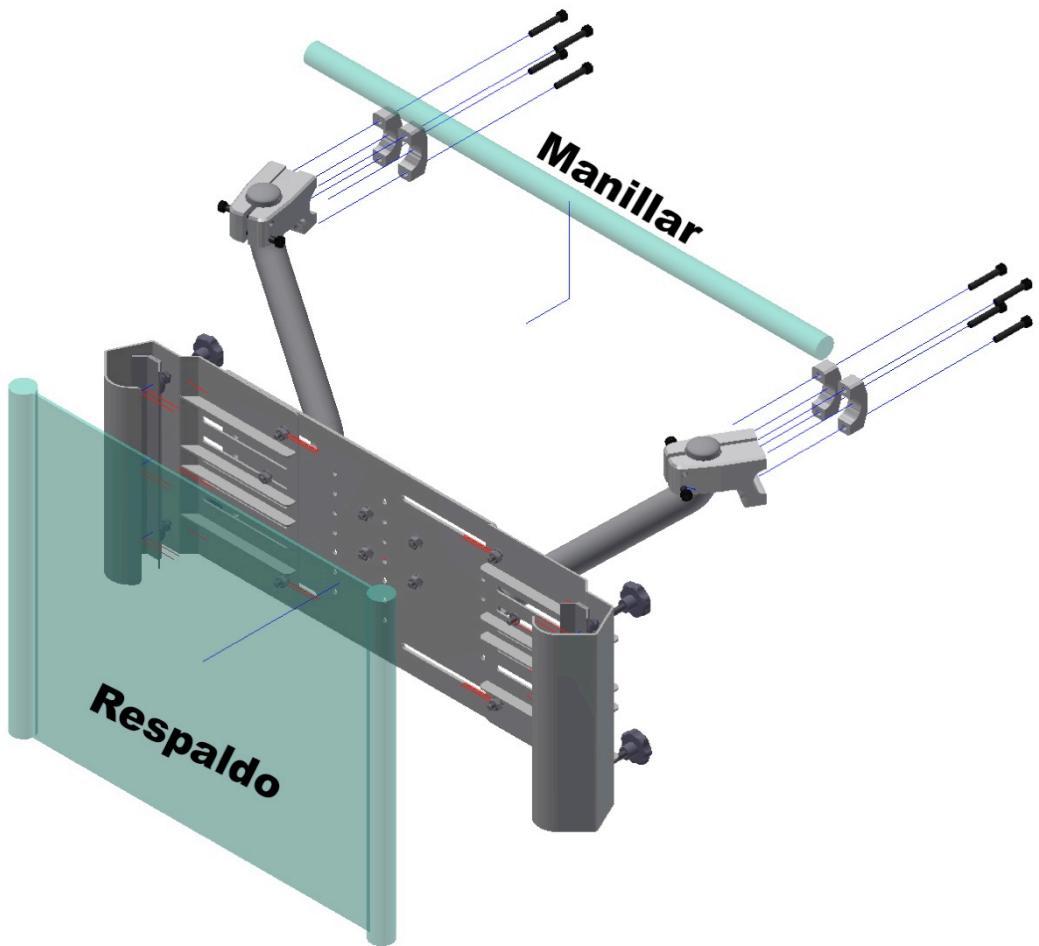
Paso C

Paso 4. Montaje de placas laterales

- A. Situar las placas laterales de manera que quede su superficie con hendiduras en contacto con la cara libre de la placa principal. Vigilar que queden las placas "mirando" hacia el interior de manera que posteriormente abracen a la silla.
Nota: no importa cual vaya en cada lado. Se trata de unas piezas simétricas.
- B. Introducir los tornillos en las ranuras de la placa principal y hacerlos pasar a través de las abrazaderas. Atornillar entonces cada una de las abrazaderas: un tornillo superior, uno inferior y uno situado a lo largo del eje entre estos dos (en función de la altura a la que haya quedado el sistema).



3. INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN



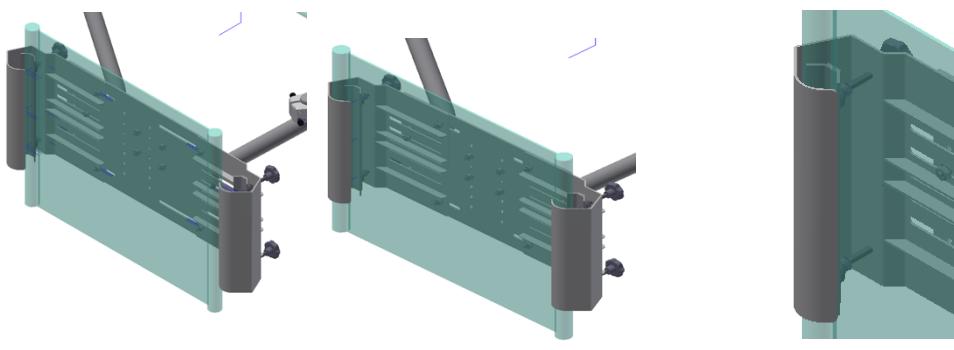
Las piezas translúcidas representan el respaldo de la silla y el manillar de la bici respectivamente.



Paso 1. Ajuste en la silla de ruedas

Nota: Es aconsejable acoplar en primer lugar la silla de ruedas para una mayor facilidad de montaje.

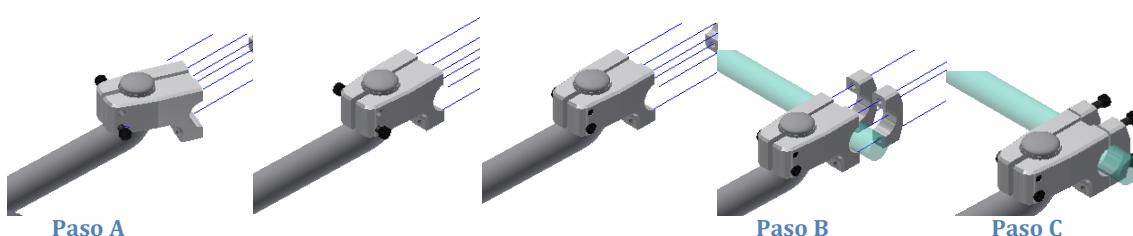
- A. Situar en final de carrera las 2 mordazas en las abrazaderas y abra las abrazaderas lo máximo posible.
- B. Posicionar el sistema centrado en el respaldo de la silla de ruedas.
- C. Cerrar las abrazaderas simétricamente hasta que los tubos del respaldo de la silla encajen con el hueco destinado para ello en la abrazadera.
- D. Apretar las 2 mordazas mediante los tornillos de apriete manual del sistema.
- E. Una vez estén estos fuertemente fijados, apretar firmemente los tornillos que unen las abrazaderas con la placa central.



Paso 2. Ajuste en la bicicleta

Nota: Es necesario desmontar la rueda delantera de la bicicleta.

- A. Si es la primera vez que emplea el sistema con una bici, ajustar las potencias al ángulo del manillar. Una vez se encuentren en el ángulo idóneo, apretar los tornillos de las mismas.
- B. Colocar el manillar de la bicicleta centrado sobre el sistema y bloquear su movimiento entre el cuerpo y las juntas de las potencias.
- C. Apretar los tornillos hasta que las juntas queden aprisionadas contra el manillar sin recorrido posible.



4. MODIFICACIÓN DE LA GEOMETRÍA

- Ajuste de altura de manillar:**

Cuando desee emplear una bicicleta con un manillar a una altura distinta, no es preciso desmontar todo el sistema, simplemente desatornillar los 6 tornillos que fijan este conjunto y adaptarlo a la nueva disposición requerida.

- Ajuste de la anchura de silla:**

Análogamente, en este caso deberá liberar los 6 tornillos que acoplan las 2 abrazaderas y ajustarlos a la nueva anchura de silla. Vigilar que la nueva disposición quede de manera simétrica con respecto al centro de la silla.

- Ajuste del ángulo del manillar:**

En el caso de que el manillar no vaya enfrentado de manera perfectamente perpendicular al conjunto, girar las potencias de manera que se abracen perfectamente a este y apriete entonces. En caso de que el manillar tenga un ángulo con respecto al plano normal al suelo será necesario liberar la potencia que retiene a este, y ajustar el manillar de manera que quede eliminado dicho ángulo.

Nota: El comportamiento de esa potencia es semejante al expuesto.

Según el modelo de manillar puede ser necesario retirar durante el uso las empuñaduras del mismo, pudiendo posteriormente acoplar unas empuñaduras de catálogo provistas según la elongación necesaria. También es posible realizar el manejo del sistema desde las empuñaduras de la silla de ruedas a modo de cuernos si resulta más cómoda la postura para el usuario.

5. MANTENIMIENTO

NOTA: No almacenar el sistema en lugares húmedos o mojados.

Mantenimiento diario:

- Liberar el sistema de la silla de ruedas tras su uso de manera que este no quede trabajando innecesariamente.
- Limpiar el sistema con un paño húmedo. Tener especial cuidado en salpicaduras que haya podido recibir.

Mantenimiento semanal:

- Inspeccionar el sistema por si puede haber piezas sueltas, pernos...etc. Ponga especial atención al conjunto de las mordazas de las abrazaderas.

6. CONSEJOS DE SEGURIDAD

- Mantener a los niños alejados del sistema antes y durante las operaciones de montaje e instalación del sistema. Contiene piezas pequeñas que podrían ingerir.
- Examinar todas las piezas y comprobar su correcto estado. el sistema en busca de si hay piezas sueltas o signos de desgaste.
- No usar ropa inadecuada (ropa suelta, joyas,...) durante el proceso de montaje e instalación. Contiene partes móviles.
- Respetar los pesos máximos recomendados:

Máximo peso del usuario de bicicleta: 100 kg.

El peso máximo del usuario de la silla de ruedas quedará dictaminado por las especificaciones de la misma (100 O 125 kg).

- Colocar bien el sistema antes de comenzar la marcha y asegurarse de su correcto apriete.
- Mantener el sistema limpio y seco.
- Realizar las operaciones de mantenimiento indicadas.

- Utilizar la herramienta adecuada para hacer cualquier tipo de cambio o sustitución de piezas, modificación de geometría y operaciones de montaje e instalación del conjunto.
- Durante la utilización del sistema de acoplamiento, respetar las medidas de seguridad propias de la conducción de bicicletas por zonas urbanas y aplicar los métodos de frenado previstos, en particular, evitar que el usuario de la silla de ruedas frene el sistema, tanto con las manos sobre las ruedas como apoyando el pie sobre el suelo.

7. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

El RD 1435/92 y la directiva 98/37/CE se refieren a las máquinas y a los componentes de seguridad de las mismas, comercializados por separado y determina los “requisitos esenciales” de seguridad e higiene que debe cumplir la fabricación y comercialización de las máquinas y los componentes de seguridad. En cumplimiento de estos requisitos se hace la declaración de conformidad del conjunto de acoplamiento entre una silla de ruedas y una bicicleta.

Datos del fabricante:	Fecha:
Nombre: Tasirubi S.L.	22 - 6 -2014
Dirección: Polígono La Cuesta III	
Teléfono: 629983647	
Datos del producto:	
Tipo: Sistema Tandem Silla Ruedas-Bici	
Modelo: SBD	
País de fabricación: España	

Por su parte, el distribuidor del equipo garantiza el correcto funcionamiento y las posibles reparaciones o suministro de recambios del modelo, debido a posibles defectos de fabricación durante dos años desde la fecha de entrega.

No se responsabiliza de daños y/o perjuicios causados por un mal empleo del mismo.

MANUAL DE INSTRUCCIONES

SISTEMA MONOCICLO

**Datos del fabricante:**

Nombre: Tasirubi S.L.

Dirección: Polígono La Cuesta III

Teléfono: 629983647

Datos del producto:

Tipo: Sistema Tandem Silla Ruedas-Bici

Modelo: SBM

País de fabricación: España

1. PREVIO

Todas las piezas y componentes que aparecen en este manual han sido probados y calculados para un correcto funcionamiento durante su utilización. La información, especificaciones e ilustraciones de este manual, corresponden a los datos disponibles en el momento de la publicación y únicamente para este producto.

El objeto del manual es detallar las instrucciones que el usuario ha de seguir para realizar el montaje de las piezas y la instalación del sistema de acoplamiento tanto en la bicicleta como en la silla de ruedas.

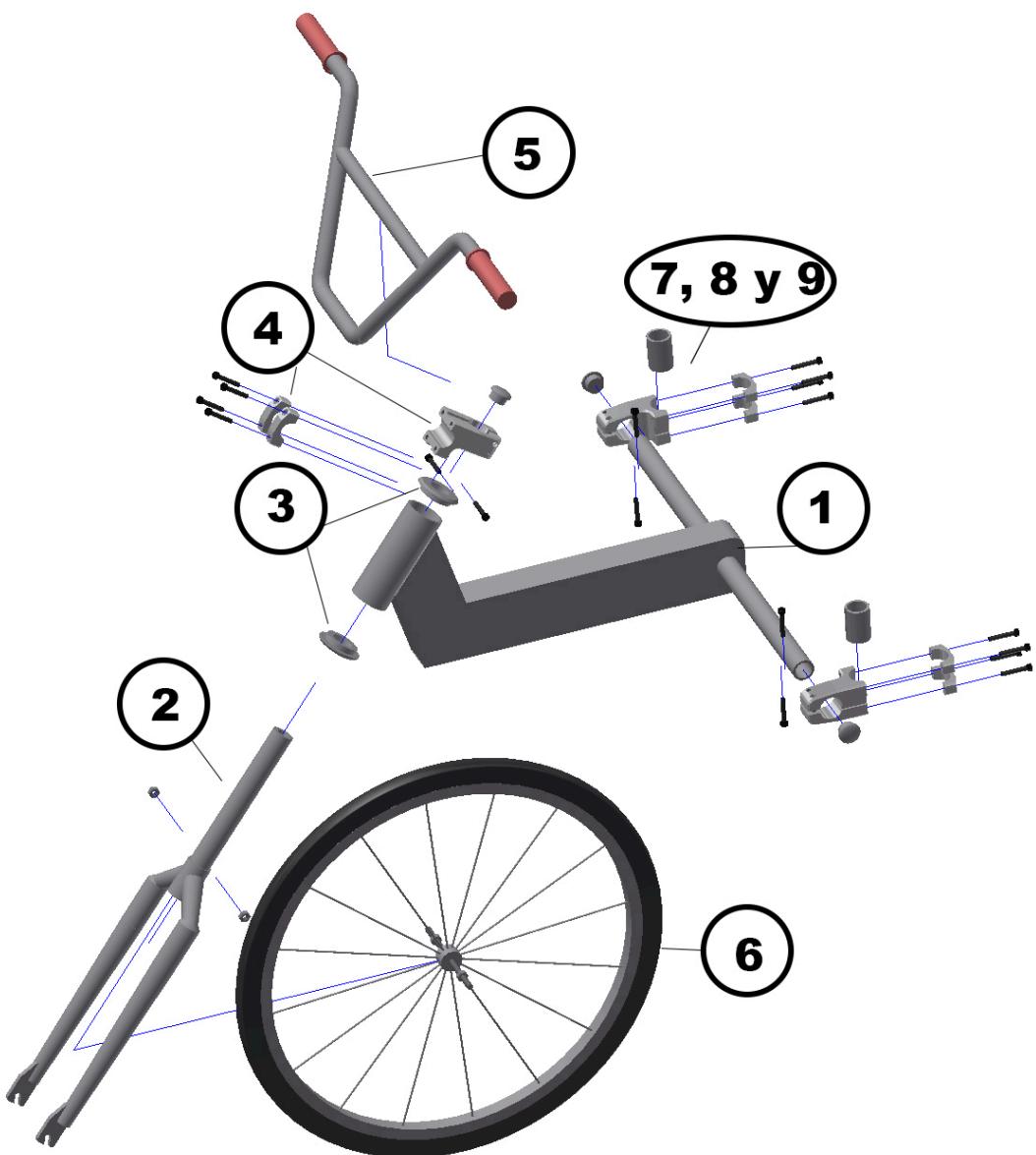
Cualquier pieza modificada o montaje diferente al sugerido en el manual así como los daños que puedan ocasionar estas modificaciones quedarán fuera de la responsabilidad del fabricante. Del mismo modo, la garantía quedará invalidada ante cualquier modificación o si no se sigue las instrucciones de montaje indicadas.

2. INSTRUCCIONES DE MONTAJE

Antes del montaje del producto comprobar que los componentes de la lista se encuentran en la caja. Una vez esté seguro de que todas las piezas han sido suministradas comenzar con el proceso de montaje.

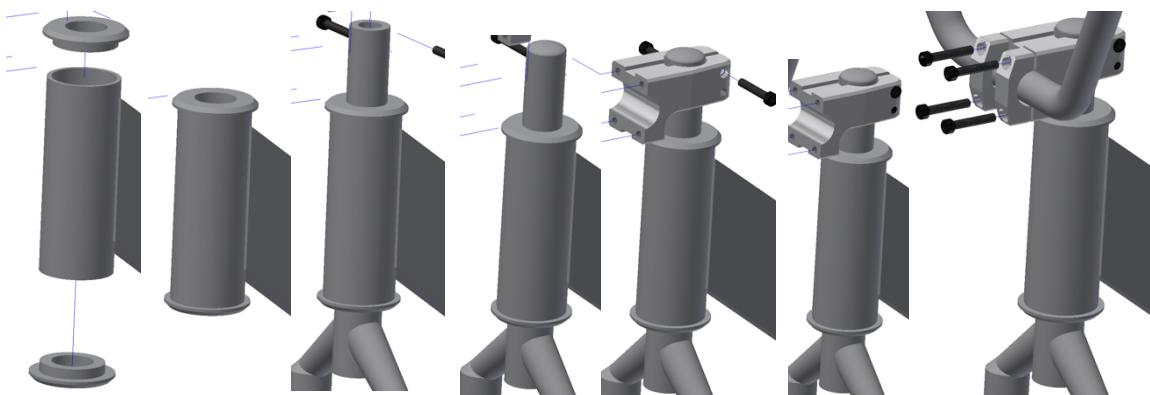
<u>CONJUNTO MONOCICLO</u>		
Marca	ELEMENTO	Cantidad
1	Cuadro monociclo	1
2	Horquilla	1
3	Dirección	1
4	Potencia 22,2mm (alargada)	1
5	Manillar + Puños	1
6	Rueda 20"	1
7	Potencia 31,8mm (compacta)	2
8	Reductor de potencia	2
9	Araña y tapón de cierre de tubos	2

La figura en explosión muestra las distintas partes que deberá montar:



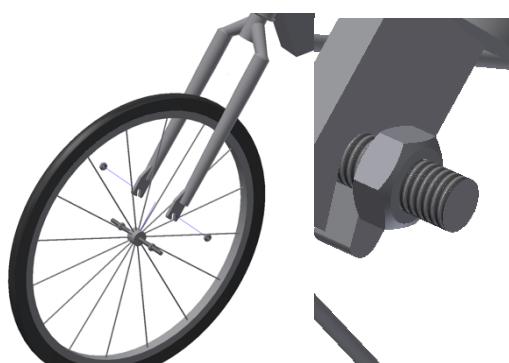
Paso 1. Montaje horquilla.

- A. El paquete “dirección” se compone de 2 rodamientos iguales y un tapon. Introduzca los 2 rodamientos en el interior del cuadro del monociclo y presione hasta que hagan tope.
- B. Introduzca la horquilla a través del mismo hueco, atravesando ambos rodamientos.
- C. Introduzca el tapón de la dirección sobre la horquilla y atornille hasta que haga tope.
- D. Coloque la potencia de 22,2 (alargada) introduciendo la horquilla en su interior. Coloquela de manera que asome exclusivamente el tapón previamente colocado, ocultando la horquilla en su interior.
- E. Apriete firmemente la potencia a la horquilla.
Nota: Vigile que este alineada perfectamente con la horquilla, de modo que el manillar quede posteriormente perpendicular a la rueda.
- F. Coloque el manillar centrado por su parte inferior enfrentado a la potencia. Coloque las juntas y fije firmemente el manillar atornillando los tornillos de la potencia.



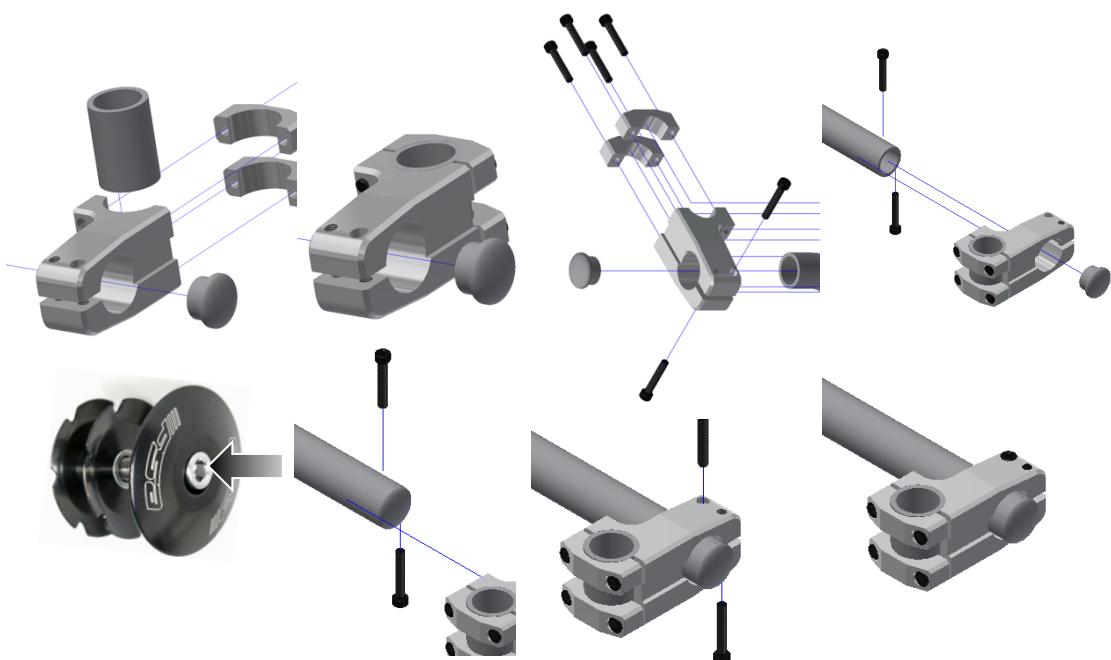
Paso 2. Montaje de la rueda.

- A. Introduzca el eje central de la rueda en la cavidad destinada para ello en la horquilla.
- B. Fije firmemente dicha unión a través de las tuercas exteriores del eje.



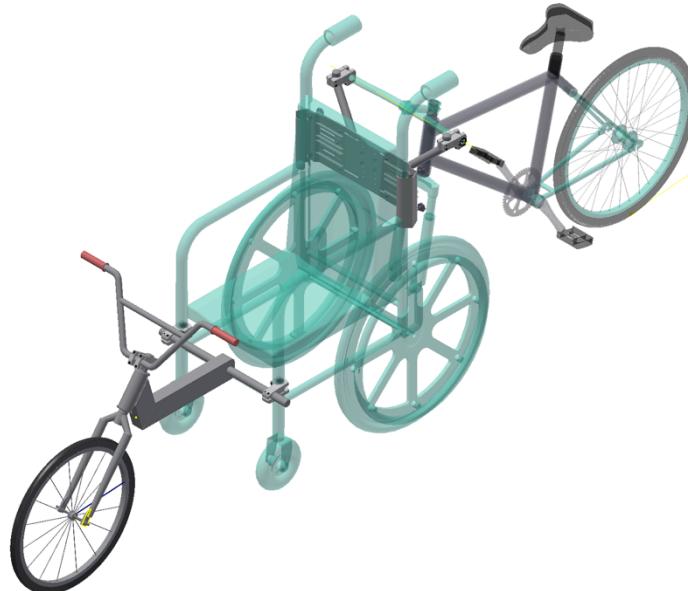
Paso 3. Montaje de potencias en guía

- A. Coloque los reductores de potencia entre el cuerpo y las juntas de las potencias. No necesitan ningún tipo de apriete.
- B. Introducir los tornillos a través de las juntas y enroscar posteriormente en la potencia tal como se indica en la figura.
- C. Insertar las arañas en la guía y apretar el tornillo de las mismas de manera que queden presionando el tubo desde el interior.
- D. Introducir las potencias en los extremos de los tubos de manera que queden con la superficie plana mirando hacia el exterior.
- E. Introducir los tornillos laterales de las potencias y apretar mínimamente.
- F. Introducir las arañas con tapón incorporado en los tubos y enroscar el tornillo que atraviesa las mismas, de manera que queden presionando el interior del tubo.
- G. Atornillar las potencias.



3. INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

Nota: Realizar el montaje del monociclo previamente al del sistema Silla detrás.

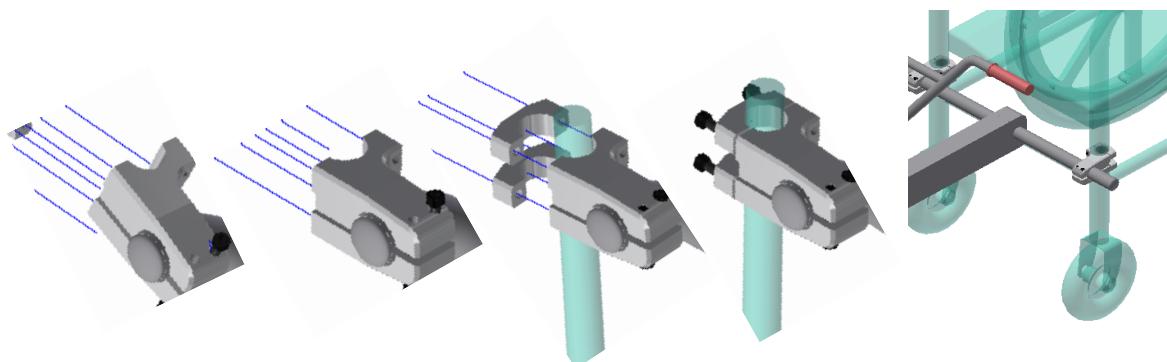


Paso 1. Ajuste en la silla de ruedas.

- A. Partimos de las potencias introducidas en la guía de nuestro monociclo, pero sin apretar.
- B. Colocar la silla de ruedas centrada con el sistema, orientar las potencias de manera que queden perpendiculares a las barras que bajan hasta las ruedas delanteras de la silla y situarlas a una altura de modo que las ruedas delanteras se hallen a una distancia entre 5 y 10 cm del suelo.

Nota: Se aconseja utilizar algo de base para estas 2 ruedas delanteras de la silla para facilitar el montaje.

- C. Apretar las potencias a la silla de ruedas.
- D. Apretar ahora las potencias a la guía del sistema monociclo.



4. MANTENIMIENTO

NOTA: No almacenar el sistema en lugares húmedos o mojados.

Mantenimiento diario:

- Comprobar el nivel de inflado del neumático antes de su utilización.
- Liberar el sistema de la silla de ruedas y bicicleta tras su uso de manera que este no quede trabajando innecesariamente.
- Limpiar el sistema con un paño húmedo. Tener especial cuidado en salpicaduras que haya podido recibir.

Mantenimiento semanal:

- Inspeccionar el sistema por si puede haber piezas sueltas, pernos...etc. Ponga especial atención al conjunto de las mordazas de las abrazaderas.

5. CONSEJOS DE SEGURIDAD

- Mantener a los niños alejados del sistema antes y durante las operaciones de montaje e instalación del sistema. Contiene piezas pequeñas que podrían ingerir.
- Examinar todas las piezas y comprobar su correcto estado. el sistema en busca de si hay piezas sueltas o signos de desgaste.
- No usar ropa inadecuada (ropa suelta, joyas,...) durante el proceso de montaje e instalación. Contiene partes móviles.
- Respetar los pesos máximos recomendados:
Máximo peso del usuario de bicicleta: 100 kg.
El peso máximo del usuario de la silla de ruedas quedará dictaminado por las especificaciones de la misma (100 O 125 kg).
- Colocar bien el sistema antes de comenzar la marcha y asegurarse de su correcto apriete.
- Mantener el sistema limpio y seco.
- Realizar las operaciones de mantenimiento indicadas.

- Utilizar la herramienta adecuada para hacer cualquier tipo de cambio o sustitución de piezas, modificación de geometría y operaciones de montaje e instalación del conjunto.
- Durante la utilización del sistema de acoplamiento, respetar las medidas de seguridad propias de la conducción de bicicletas por zonas urbanas y aplicar los métodos de frenado previstos, en particular, evitar que el usuario de la silla de ruedas frene el sistema, tanto con las manos sobre las ruedas como apoyando el pie sobre el suelo.

6. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

El RD 1435/92 y la directiva 98/37/CE se refieren a las máquinas y a los componentes de seguridad de las mismas, comercializados por separado y determina los “requisitos esenciales” de seguridad e higiene que debe cumplir la fabricación y comercialización de las máquinas y los componentes de seguridad. En cumplimiento de estos requisitos se hace la declaración de conformidad del conjunto de acoplamiento entre una silla de ruedas y una bicicleta.

Datos del fabricante:	Fecha:
Nombre: Tasirubi S.L.	22 - 6 -2014
Dirección: Polígono La Cuesta III	
Teléfono: 629983647	
Datos del producto:	
Tipo: Sistema Tandem Silla Ruedas-Bici	
Modelo: SBM	
País de fabricación: España	

Por su parte, el distribuidor del equipo garantiza el correcto funcionamiento y las posibles reparaciones o suministro de recambios del modelo, debido a posibles defectos de fabricación durante dos años desde la fecha de entrega.

No se responsabiliza de daños y/o perjuicios causados por un mal empleo del mismo.

MANUAL DE INSTRUCCIONES

SISTEMA TANDEM SILLA DETRÁS



Datos del fabricante:

Nombre: Tasirubi S.L.

Dirección: Polígono La Cuesta III

Teléfono: 629983647

Datos del producto:

Tipo: Sistema Tandem Silla Ruedas-Bici

Modelo: SBDe

País de fabricación: España

1. PREVIO

Todas las piezas y componentes que aparecen en este manual han sido probados y calculados para un correcto funcionamiento durante su utilización. La información, especificaciones e ilustraciones de este manual, corresponden a los datos disponibles en el momento de la publicación y únicamente para este producto.

El objeto del manual es detallar las instrucciones que el usuario ha de seguir para realizar el montaje de las piezas y la instalación del sistema de acoplamiento tanto en la bicicleta como en la silla de ruedas.

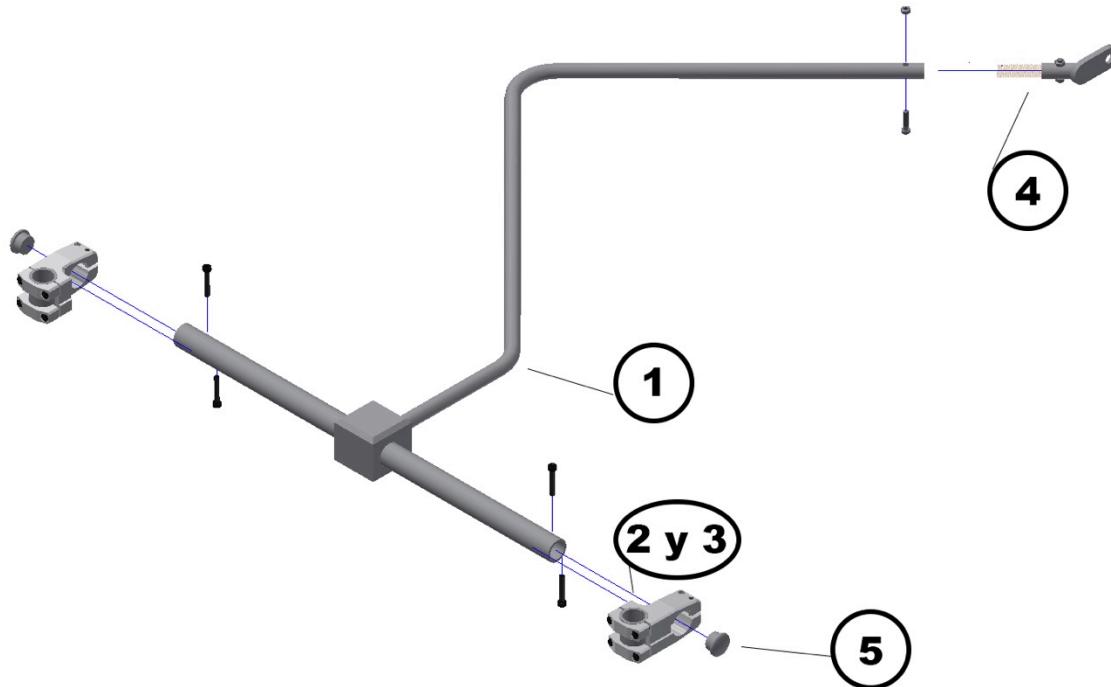
Cualquier pieza modificada o montaje diferente al sugerido en el manual así como los daños que puedan ocasionar estas modificaciones quedarán fuera de la responsabilidad del fabricante. Del mismo modo, la garantía quedará invalidada ante cualquier modificación o si no se sigue las instrucciones de montaje indicadas.

2. INSTRUCCIONES DE MONTAJE

Antes del montaje del producto comprobar que los componentes de la lista se encuentran en la caja. Una vez esté seguro de que todas las piezas han sido suministradas comenzar con el proceso de montaje.

<u>CONJUNTO SILLA DETRÁS</u>		
Marca	ELEMENTO	Cantidad
1	Estructura principal soldada	1
2	Kit Potencia + 6 tornillos	2
3	Tubo Reductor de potencia	2
4	Acoplador de Bici	2
5	Araña y tapón de cierre de tubos	2

La figura en explosión muestra las distintas partes que deberá montar:



Paso 1. Montaje acoplador de bici.

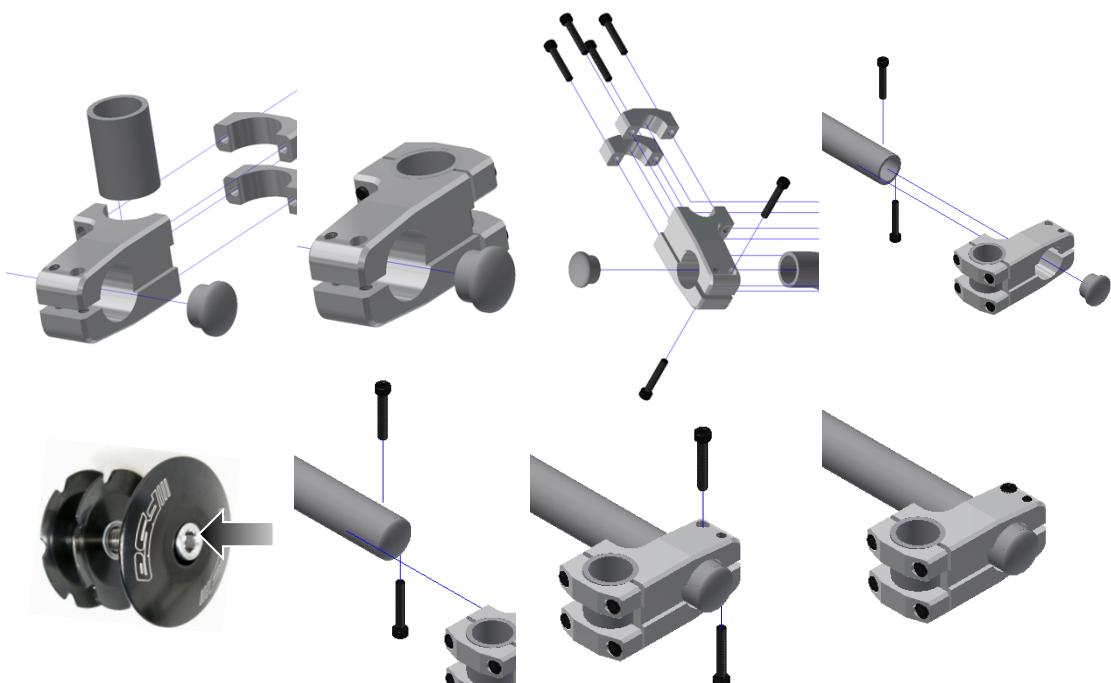
- A. Desenroscar los tornillos del extremo libre (del muelle del sistema acoplador. Extraer dichos tornillos y las arandelas que se encuentran a continuación.
- B. Introducir el muelle en el tubo delgado de la estructura, haciendo coincidir los agujeros del tubo con los agujeros del muelle.
- C. Introducir por los orificios del tubo las arandelas y los tornillos previamente extraídos del muelle. Apretar firmemente.

Nota: De las 2 posiciones posibles, vigilar que el tubo quede orientado de modo que se indica en la figura de explosión superior.



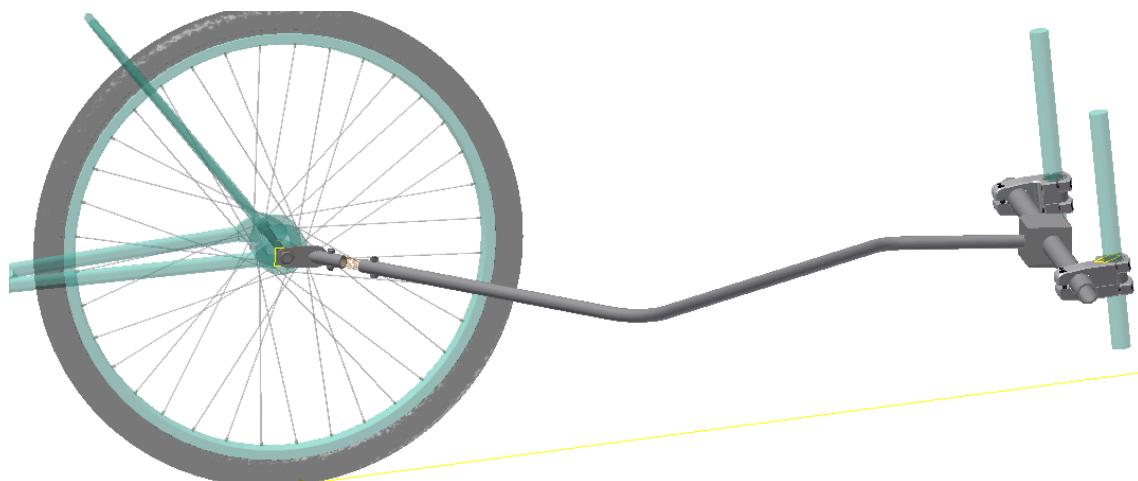
Paso 2. Montaje de potencias en guía

- A. Coloque los reductores de potencia entre el cuerpo y las juntas de las potencias. No necesitan ningún tipo de apriete.
- B. Introducir los tornillos a través de las juntas y enroscar posteriormente en la potencia tal como se indica en la figura.
- C. Insertar las arañas en la guía y apretar el tornillo de las mismas de manera que queden presionando el tubo desde el interior.
- D. Introducir las potencias en los extremos de los tubos de manera que queden con la superficie plana mirando hacia el exterior.
- E. Introducir los tornillos laterales de las potencias y apretar mínimamente.
- F. Introducir las arañas con tapón incorporado en los tubos y enroscar el tornillo que atraviesa las mismas, de manera que queden presionando el interior del tubo.
- G. Atornillar las potencias.



3. INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

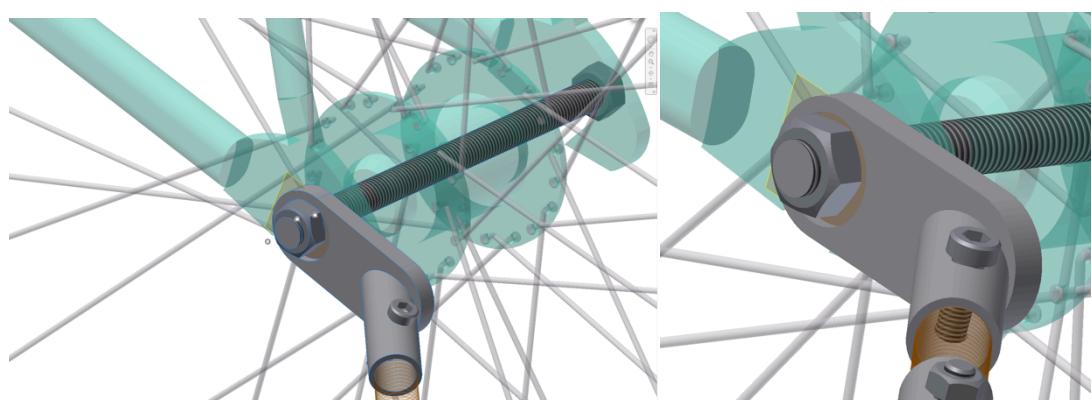
Las piezas translúcidas representan la parte trasera de la bicicleta y los tubos de la silla de ruedas que llegan a las ruedas delanteras.



Paso 1. Acoplamiento a la bicicleta.

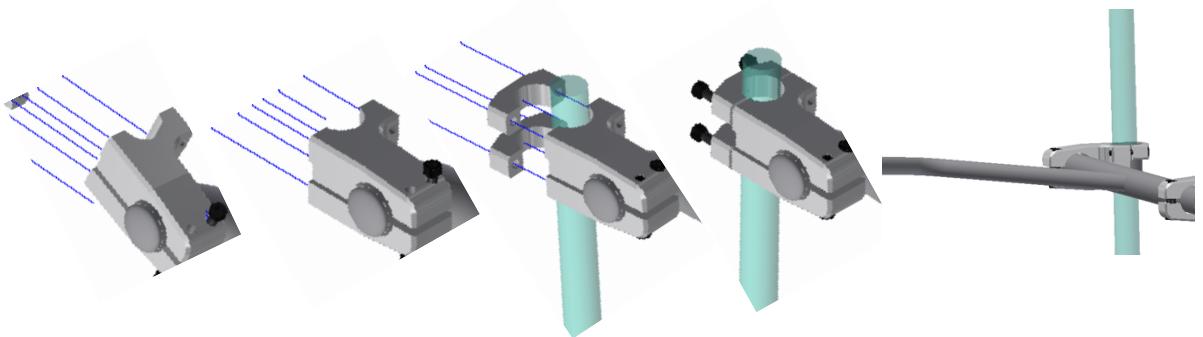
Nota: Es aconsejable acoplar en primer lugar la bicicleta, para una mayor facilidad de montaje.

- A. Desatornillar el eje que sujetla la rueda trasera y colocar en el la pletina del *conjunto acoplamiento bici*, atravesando dicho eje y haciendo contacto con el cuadro de la bicicleta como indica la figura.
- B. Atornillar de nuevo la rueda, esta vez con la pretina incorporada en medio.



Paso 2. Ajuste en la silla de ruedas.

- A. Partimos de las potencias introducidas en la guía de nuestro sistema, pero sin apretar.
- B. Colocar la silla de ruedas centrada con el sistema, orientar las potencias de manera que queden perpendiculares a las barras que bajan hasta las ruedas delanteras de la silla y situarlas a una altura de modo que la barra de transmisión entre la silla de ruedas y la bicicleta quede lo más perpendicular posible.
- C. Apretar las potencias a la silla de ruedas.
- D. Apretar ahora las potencias a la guía del sistema de acoplamiento.



Paso 3. Desmontaje.

- A. Para desmontar el sistema no es necesario volver a desmontar la rueda de la bicicleta. Basta con desmontar el tornillo más próximo en el conjunto de acoplamiento, retirando el resto del conjunto y dejando incorporada a la bicicleta la pletina.
- B. En el caso de la silla de ruedas si que será necesario desmontar las juntas de las potencias y retirar estas de la silla tras el uso del sistema.

4. MANTENIMIENTO

NOTA: No almacenar el sistema en lugares húmedos o mojados.

Mantenimiento diario:

- Liberar el sistema de la silla de ruedas y bicicleta tras su uso de manera que este no quede trabajando innecesariamente.
- Limpiar el sistema con un paño húmedo. Tener especial cuidado en salpicaduras que haya podido recibir.

Mantenimiento semanal:

- Inspeccionar el sistema por si puede haber piezas sueltas, pernos...etc. Ponga especial atención al conjunto de las mordazas de las abrazaderas.

5. CONSEJOS DE SEGURIDAD

- Mantener a los niños alejados del sistema antes y durante las operaciones de montaje e instalación del sistema. Contiene piezas pequeñas que podrían ingerir.
- Examinar todas las piezas y comprobar su correcto estado. El sistema busca de si hay piezas sueltas o signos de desgaste.
- No usar ropa inadecuada (ropa suelta, joyas,...) durante el proceso de montaje e instalación. Contiene partes móviles.
- Respetar los pesos máximos recomendados:

Máximo peso del usuario de bicicleta: 100 kg.

El peso máximo del usuario de la silla de ruedas quedará dictaminado por las especificaciones de la misma (100 O 125 kg).

- Colocar bien el sistema antes de comenzar la marcha y asegurarse de su correcto apriete.
- Mantener el sistema limpio y seco.
- Realizar las operaciones de mantenimiento indicadas.

- Utilizar la herramienta adecuada para hacer cualquier tipo de cambio o sustitución de piezas, modificación de geometría y operaciones de montaje e instalación del conjunto.
- Durante la utilización del sistema de acoplamiento, respetar las medidas de seguridad propias de la conducción de bicicletas por zonas urbanas y aplicar los métodos de frenado previstos, en particular, evitar que el usuario de la silla de ruedas frene el sistema, tanto con las manos sobre las ruedas como apoyando el pie sobre el suelo.

6. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

El RD 1435/92 y la directiva 98/37/CE se refieren a las máquinas y a los componentes de seguridad de las mismas, comercializados por separado y determina los "requisitos esenciales" de seguridad e higiene que debe cumplir la fabricación y comercialización de las máquinas y los componentes de seguridad. En cumplimiento de estos requisitos se hace la declaración de conformidad del conjunto de acoplamiento entre una silla de ruedas y una bicicleta.

Datos del fabricante:

Nombre: Tasirubi S.L.

Fecha:

22 - 6 -2014

Dirección: Polígono La Cuesta III

Teléfono: 629983647

Datos del producto:

Tipo: Sistema Tandem Silla Ruedas-Bici



Modelo: SBDe

País de fabricación: España

Por su parte, el distribuidor del equipo garantiza el correcto funcionamiento y las posibles reparaciones o suministro de recambios del modelo, debido a posibles defectos de fabricación durante dos años desde la fecha de entrega.

No se responsabiliza de daños y/o perjuicios causados por un mal empleo del mismo.

Trabajo Fin de Grado

Sistemas tandem para ciclistas y
usuarios de sillas de ruedas

- Presupuesto -

Autor

Íñigo Marín Alcalá

Directores

José Luis Santolaya Sáenz
Ana Serrano Tierz

EINA
201

INDICE

1.	PRESUPUESTOS PARCIALES.....	2
1.1.	MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES.....	2
1.2.	ELEMENTOS COMERCIALES.....	4
1.3.	MANO DE OBRA	6
1.4.	COSTES DE PRODUCCIÓN.....	7
1.5.	COSTES INDIRECTOS.....	9
1.6.	AMORTIZACIONES	10
2.	RESUPUESTO GENERAL.....	11
3.	BENEFICIO INDUSTRIAL.....	12
3.1.	INGRESOS TOTALES ANUALES	12
4.	BENEFICIO TOTAL ANUAL	13
5.	RESUMEN	13

1. PRESUPUESTOS PARCIALES

El presupuesto reflejado en este documento se basa en una producción anual de 1300 unidades.

El presupuesto de fabricación de cada unidad y del total de unidades producidas al año se ha obtenido considerando los siguientes costes o presupuestos parciales:

- Materias primas y materiales
- Mano de obra
- Costes de producción
- Gastos generales
- Amortización

Cada uno de estos apartados se expone a continuación

1.1. MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES

En este apartado se hace una relación detallada del coste de todos los materiales necesarios para la construcción y montaje de cada uno de los conjuntos de sistema tandem.

1.1.1 MATERIA PRIMA

En las siguientes tablas se detallan el tipo de materias primas adquiridas, su coste por unidad de adquisición y el coste final para fabricar un conjunto.

CONJUNTO SILLA DELANTE						
ELEMENTO	CONCEPTO	Dim. Ref. (mm)	Dimension (cm3)	Peso (kg)	€/ton.	Subtotal (€)
3.1	1 Plancha Aluminio 6061 T6, e:3mm, 320x200mm 3.1 Plancha Aluminio 6061 T6, e:3mm, 320x70mm	320x270	259,200	0,700	2000	1,400
2.1.1 2.1.3 y 2.1.4 2.2 y 2.3	2.1.1 Plancha Aluminio 6061 T6, e:2mm, 2 de 278x200mm 2.1.3 y 2.1.4 Plancha Aluminio 6061 T6, e:2mm, 2 de 154x44mm 2.2 y 2.3 Plancha Aluminio 6061 T6, e:2mm, 2 de 52x200mm	2 de: 200x330 + 2 de: 154x44	1455,520	3,930	2000	7,860
ELEMENTO	CONCEPTO	Dim. Ref. (mm)	Dimensión (cm3)	Peso (kg)	€/ton.	Subtotal (€)
3.2	Perfil Tubular Aluminio 6061 T6, L: 2 de 276mm; Øext:1-1/8" x e:0.120" x Øint:0.885"	552	71,536	0,193	3000	0,579
					Total (€):	9,839

CONJUNTO SILLA DETRÁS						
ELEMENTO	CONCEPTO	Dim. Ref. (mm)	Dimensión (cm3)	Peso (kg)	€/ton.	Subtotal (€)
1,000	Perfil Tubular Aluminio 6061 T6, L:	1198	63,982	0,173	3000	0,518
2,000	Perfil Tubular Aluminio 6061 T6, L: 580mm; Øext:1-1/8" x e:2mm	580	50,245	0,136	3000	0,407
ELEMENTO	CONCEPTO	Dim. Ref. (mm)	Dimensión (cm3)	Peso (kg)	€/ton.	Subtotal (€)
1.4	Bloque aluminio 60x60x60mm	216000	216,000	0,583	1500	0,875
					Total (€):	1,800

CONJUNTO MONOCICLO						
ELEMENTO	CONCEPTO	Dim. Ref. (mm)	Dimensión (cm3)	Peso (kg)	€/ton.	Subtotal (€)
1.1	Perfil Tubular Aluminio 6061 T6, L: 135mm; Øext:50mm x e:3mm	135	30,854	0,083	3000	0,250
1.2 y 1.3	Perfil Rectangular Aluminio 6061 T6, L: 560mm; b:46mm x h:80mm x e:3mm	560	403,200	1,089	3000	3,266
1.5	Perfil Tubular Aluminio 6061 T6, L: 580mm; Øext:1-1/8" x e:2mm	580	50,245	0,136	3000	0,407
ELEMENTO	CONCEPTO	Dim. Ref. (mm)	Dimensión (cm3)	Peso (kg)	€/ton.	Subtotal (€)
1.4	Bloque aluminio 74x48x40mm	142080	142,080	0,384	1500	0,575
					Total (€):	4,498

1.2. ELEMENTOS COMERCIALES

<u>CONJUNTO SILLA DELANTE</u>					
ELEMENTO	CONCEPTO	Cantidad	P.u. (€)	Subtotal (€)	
2.4	 Enganche giratorio: EH 22590.0006 Mounting pads, pad and ball bearing from steel	4	7,544	30,176	
2.5	 Tornillo de apriete manual: EH 24740.0110 Grub Screws with Star Grip	4	1,001	4,004	
3.3	 Potencia EASTERN BIKES NITROUS TRAP (22,2mm - 1"1/8)	2	25,86	51,720	
3.4	 Araña y tapón - FSA 1" 1/8 Negro	2	2,07	4,140	
2.1.2	ISO 4034 - M6: Tuercas hexagonales - Productos de clase C	4	0,02	0,072	
4	DIN 6912 - M6 x 16: Tornillo de cabeza cilíndrica _unión chapas	10	0,02	0,169	
5	DIN 934 - M6: Tuerca hexagonal _unión chapas	10	0,01	0,052	
6	DIN 128 - A6: Arandela de presión _unión chapas	10	0,01	0,075	
					Total (€): 90,408

<u>CONJUNTO SILLA DETRÁS</u>					
ELEMENTO	CONCEPTO	Cantidad	P.u. (€)	Subtotal (€)	
3	 Acoplador de Bici. Blue Bird - Gruas - acoplamiento de resorte de tracción. Fabricante: maxxi4you	1	23,90	23,900	
4	 Potencia TRUVATIV HUSSEFELT 0° (31,8 mm - 1"1/8 Negro)	2	19,72	39,440	
5	 SB3 Reductor de potencia 31.8-25.4mm Negro	2	6,22	12,440	
6	 Araña y tapón - FSA 1" 1/8 Negro	2	2,07	4,140	
					Total (€): 79,920

<u>CONJUNTO MONOCICLO</u>					
ELEMENTO	CONCEPTO	Cantidad	P.u. (€)	Subtotal (€)	
2	 Horquilla Because HS y Disco 24" Plata	1	89,95	89,950	
3	 20 "" Rueda delantera Blitz	1	58,99	58,990	
4	 Potencia EASTERN BIKES NITROUS TRAP (22,2mm. 1"1/8)	1	25,86	25,860	
5	 Potencia TRUVATIV HUSSEFELT 0° (31,8 mm 1"1/8 Negro)	2	19,72	39,440	
6	 Manillar EASTERN BIKES TRANNY 8.75" Negro	1	51,83	51,830	
7	 Dirección STRONGLIGHT RAZ 45° 1" 1/8	1	17,65	17,650	
8	 SB3 Reductor de potencia 31.8-25.4mm Negro	2	5,99	11,980	
9	 Puños Massi BMX Negros #16065	1	3,90	3,900	
10	 Araña y tapón - FSA 1" 1/8 Negro	2	2,07	4,140	
11	 Cubierta Plegable De BMX Alienation Differential	1	5,49	5,490	
12	 Cámaras de rueda: Schwalbe BMX 20"	1	11,99	11,990	
13	 Fondo de llanta: Kink Rim Tape	1	1,495	1,495	
					Total (€): 322,715

Por tanto, se obtienen los siguientes costes de materiales para cada uno de los sistemas:

	Sistema Silla Delante	Sistema Silla Detrás	Sistema Monociclo
Unidades anuales	800	500	300
Costes materias primas y elementos comerciales unitario	100,25 €	80,85 €	327,21 €
Costes materias primas y elementos comerciales lote	80.198 €	40.423 €	98.164 €

1.3. MANO DE OBRA

Para valorar el coste de la mano de obra, se ha considerado que se dispone de una plantilla de trabajadores con contratos. Se ha estimado que la producción para satisfacerse la demanda prevista podría cubrirse con la plantilla seleccionada en tres meses y medio, considerando por tanto dicha cifra para el calculo de los costes de producción del sistema y pudiendo destinar el resto del tiempo a la fabricación de otros sistemas.

En cada categoría se indica el número de empleados, su salario bruto anual y el coste laboral incluidas las cotizaciones a la seguridad social.

Cargo	Salario bruto (€)	Coste laboral anual (SS y otros costes)	Nº de empleados	Subtotal (€)
Director técnico	32000	41664	1	12.152,00 €
Jefe 1^a administrativo	22000	28644	1	8.354,50 €
Maestro taller	24000	31248	1	9.114,00 €
Oficial 2^a taller	20000	26040	4	30.380,00 €
Mozo de almacén	15000	19530	1	5.696,25 €
TOTAL				65.696,75 €

1.4. COSTES DE PRODUCCIÓN

La producción industrial conlleva una serie de costes que se detallan a continuación.

1.4.1 ENERGÍA ELÉCTRICA

En cada máquina e instalación se indica el número de horas de funcionamiento anual. En el caso de la iluminación se ha considerado un máximo tiempo de funcionamiento de la instalación de 8 horas diarias y 245 días hábiles al año.

Máquina	Potencia (Kw)	Horas anuales	Consumo (KWh)
Horno	50	26,67	1333,33
Máquina corte Laser	30	44,44	1333,33
Punzonadora	11	40,00	440,00
Plegadora - Prensa dobladora	7	80,00	560
Sierra corte perfiles-Tronzadora	7	41,67	291,67
Máquina pulidora, maquina amoladora	3,6	103,33	372,00
Curvadora Perfiles	1,5	86,67	130,00
Equipo de soldadura	12	476,11	5713,33
Máquina de pintura	0,6	35,83	21,50
Cabina de pintura	6	35,83	215,00
Iluminación montaje	2,1	2000,00	4200,00
Iluminación taller	0,8	1000,00	800,00
Iluminación oficinas	0,7	2500,00	1750,00
Equipos de oficina	0,8	1500,00	1200,00
Aire acondicionado	4	325,00	1300,00
Total Kwh anuales:			19.660,17
Precio Kwh			0,155
Gasto Energía (€):			3.047,33 €

1.4.2 ACABADOS Y EMBALAJES

Cada conjunto será embalada mediante laminado de plástico con aire encapsulado en una misma caja estando en su interior cada una de las partes premontadas en fábrica, las cuales son:

- Para el conjunto delantero:
 - Placa central
 - Conjunto acoplamiento silla
 - Conjunto prolongación manillar
 - Tornillos, tuercas y arandelas
- Para el conjunto trasero:
 - Estructura principal soldada
 - Potencias laterales + adaptadores + arañas
 - Sistema acoplamiento bici
- Para el conjunto monociclo:
 - Cuadro principal
 - Horquilla
 - Rueda
 - Potencias + adaptadores
 - Manillar + puños
 - Arañas + dirección

Ensamblaje			
Concepto	Precio unitario (€)	Gasto anual (ud)	Subtotal (€)
Caja cartón	0,35	1600	560
Manual de instrucciones	0,3	1600	480
Cinta de embalaje	0,1	1600	160
Film Alveolar	0,8	1600	1280
		Total (€):	2.480 €

Coste total producción:	5.527,33 €
Coste por unidad:	3,45 €

1.5. COSTES INDIRECTOS

Los gastos generales anuales de funcionamiento de la instalación industrial son los siguientes:

Denominación	Subtotal (€)
Alquiler	19.000,00 €
Impuesto actividades industriales	4.000,00 €
Limpieza	3.000,00 €
Mantenimiento	2.000,00 €
Intereses ~3%	5.513,66 €
TOTAL	33.514 €

Se ha considerado que los intereses deben pagarse sobre el 80% de la inversión inicial, habiendo solicitado dicha cantidad al banco para el posible desarrollo de la actividad.

Costes indirectos por unidad fabricada	20,95 €
---	----------------

1.6. AMORTIZACIONES

Amortizaciones			
Denominación	Inversión (€)	Años de amortización	Subtotal (€)
Maquinaria	184.998,50 €	10	18.499,85 €
Instalaciones	9.500,00 €	15	633,33 €
Equipamientos	28.237,20 €	15	1.882,48 €
Equipamiento informático	7.000,00 €	5	1.400,00 €
TOTAL INVERSIÓN	229.735,70 €	TOTAL	22.415,66 €

Costes unitario de las amortizaciones	14,01 €
--	----------------

La inversión inicial realizada en máquinas es la de mayor cuantía y se detalla en la siguiente tabla.

Denominación	Precio unitario	Cantidad	Total
Horno	40.000,00 €	1	40.000,00 €
Máquina corte Laser	90.000,00 €	1	90.000,00 €
Punzonadora	9.000,00 €	1	9.000,00 €
Fresadora	15.000,00 €	1	15.000,00 €
Plegadora	8.000,00 €	1	8.000,00 €
Sierra corte perfiles	4.159,00 €	2	8.318,00 €
Máquina pulidora	80,00 €	1	80,00 €
Torno	2.016,00 €	1	2.016,00 €
Equipo de soldadura	805,00 €	2	1.610,00 €
Máquina de pintura	620,00 €	1	620,00 €
Cabina de pintura	4.000,00 €	1	4.000,00 €
Transpaleta	269,00 €	1	269,00 €
Maquina amoladora	55,00 €	5	275,00 €
Curvadora	5.124,00 €	1	5.124,00 €
Banco de trabajo	137,30 €	5	686,50 €
			184.998,50 €

2. RESUPUESTO GENERAL

COSTE DE CADA CONJUNTO FABRICADO

PARA UNA PRODUCCIÓN ANUAL DE 800, 500 Y 300 UNIDADES RESPECTIVAMENTE.

Sistema Silla Delante	Denominación	Gasto total anual (€)	GASTO total unitario (€)
Materia Prima y Materiales	80.197,79 €	100,25 €	
Mano de obra	32.848,38 €	41,06 €	
Costes de producción	2.763,66 €	3,45 €	
Costes indirectos	16.756,83 €	20,95 €	
Amortizaciones	11.207,83 €	14,01 €	
COSTE TOTAL	143.774,49 €	179,72 €	

Sistema Silla Detrás	Denominación	Gasto total anual (€)	GASTO total unitario (€)
Materia Prima y Materiales	40.422,62 €	80,85 €	
Mano de obra	20.530,23 €	41,06 €	
Costes de producción	1.727,29 €	3,45 €	
Costes indirectos	10.473,02 €	20,95 €	
Amortizaciones	7.004,89 €	14,01 €	
COSTE TOTAL	80.158,05 €	160,32 €	

Sistema Monociclo	Denominación	Gasto total anual (€)	GASTO total unitario (€)
Materia Prima y Materiales	98.163,97 €	327,21 €	
Mano de obra	12.318,14 €	41,06 €	
Costes de producción	1.036,37 €	3,45 €	
Costes indirectos	6.283,81 €	20,95 €	
Amortizaciones	4.202,94 €	14,01 €	
COSTE TOTAL	122.005,24 €	406,68 €	

3. BENEFICIO INDUSTRIAL

En el cálculo del beneficio se presupone un precio de venta, y a continuación se descuentan los costes por impuestos y los costes de fabricación valorados anteriormente.

3.1. INGRESOS TOTALES ANUALES

	Concepto	Precio de venta (€)	Porcentaje de las ventas %	Unidades vendidas
Sistema Silla Delante	Venta a minoristas	200,00 €	60	480
	Venta individual público	230,00 €	40	320
	subtotal 1		100	800
Sistema Silla Detrás	Venta a minoristas	180,00 €	60	300
	Venta individual público	210,00 €	40	200
	subtotal2		100	500
Sistema Monociclo	Venta a minoristas	430,00 €	60	180
	Venta individual público	450,00 €	40	120
	subtotal 3		100	300
		TOTAL		1600

	Concepto	Precio de venta (€)	Ingresos totales (€)	Porcentaje ingresos %
Sistema Silla Delante	Venta a minoristas	200,00 €	96.000,00 €	24,1813602
	Venta individual público	230,00 €	73.600,00 €	18,5390428
Sistema Silla Detrás	Venta a minoristas	180,00 €	54.000,00 €	13,6020151
	Venta individual público	210,00 €	42.000,00 €	10,5793451
Sistema Monociclo	Venta a minoristas	430,00 €	77.400,00 €	19,4962217
	Venta individual público	450,00 €	54.000,00 €	13,6020151
		TOTAL	397.000,00 €	100

4. BENEFICIO TOTAL ANUAL

	Concepto	Precio de venta (€)	Beneficio unitario (€)	Beneficio total (€)	Porcentaje beneficios %
Sistema Silla Delante	Venta a minoristas	200,00 €	20,28 €	9.735,31 €	19,065576
Sistema Silla Detrás	Venta individual público	230,00 €	50,28 €	16.090,20 €	31,510977
Sistema Monociclo	Venta a minoristas	180,00 €	19,68 €	5.905,17 €	11,564651
	Venta individual público	210,00 €	49,68 €	9.936,78 €	19,460138
Sistema Monociclo	Venta a minoristas	430,00 €	23,32 €	4.196,86 €	8,2191062
	Venta individual público	450,00 €	43,32 €	5.197,91 €	10,179552
TOTAL				51.062,22 €	100

5. RESUMEN

	Gastos anuales (€)	Ingresos anuales (€)	Beneficios anuales (€)	Porcentaje beneficio %
TOTAL	345.937,78 €	397.000,00 €	51.062,22 €	12,86%



Trabajo Fin de Grado

Sistemas tándem para ciclistas y
usuarios de sillas de ruedas

- Pliego de Condiciones -

Autor

Íñigo Marín Alcalá

Directores

José Luis Santolaya Sáenz
Ana Serrano Tierz

EINA
2014

ÍNDICE

1. Condiciones generales y económicas.....	2
1.1. Objeto del pliego	2
1.2. Régimen jurídico y normativa de aplicación	3
1.3. Medidas de seguridad	4
1.3.1. Medidas preventivas en la organización del trabajo.....	4
1.3.2. Sistemas de protección colectiva.....	5
1.3.3. Medidas de seguridad en máquinas	6
1.3.4. Protección y prevención de incendios	9
1.3.5. Plan de emergencia.....	10
1.4. Valoraciones	11
1.5. Plazos de entrega	12
2. Condiciones técnicas y particulares	13
2.1. Características de los suministros	13
2.2. Adquisición o sustitución de máquinas y equipos.....	14
2.3. Planificación del proceso de fabricación	16
2.4. Procedimientos de control de calidad.....	17
2.5. Condiciones de entrega del producto	19
2.6. Garantía y servicio postventa.....	20

1. CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS

1.1. OBJETO DEL PLIEGO

Este documento tiene por objeto establecer y regular las condiciones en las que deberá llevarse a cabo la fabricación de los conjuntos mecánicos que comprenden los sistemas de acoplamiento y de dirección entre una silla de ruedas y una bicicleta, garantizando el cumplimiento de todos los requerimientos de seguridad y calidad que indica la normativa.

Los conjuntos fabricados comprenden un sistema de acoplamiento con silla delante, un sistema de acoplamiento con silla detrás y un acoplamiento monociclo para el sistema con silla delante.

Los conjuntos mecánicos anteriormente referidos se describen en los documentos de Memoria y Planos que forman parte de este proyecto. Su proceso de fabricación incluye:

- La adquisición de las materias primas, materiales y componentes apropiados, su almacenamiento y correcta manipulación y utilización en proceso.
- La planificación de la producción de acuerdo a unos criterios de máxima eficiencia en la utilización de todos los recursos disponibles en la planta.
- La aplicación de todas las medidas de seguridad y salud que, en relación a la utilización de equipos, máquinas e instalaciones, establece la normativa.
- El desarrollo de un proceso productivo en serie con capacidad para adaptarse a las variaciones de la demanda.
- El cumplimiento de unas especificaciones de funcionamiento, de seguridad y de calidad en el producto final, de acuerdo a lo expuesto en la memoria y planos del proyecto.

Para la comercialización del mecanismo, este deberá superar los requisitos exigidos por la normativa en cuanto a comportamiento y seguridad.

1.2. RÉGIMEN JURÍDICO Y NORMATIVA DE APLICACIÓN

La instalación industrial en la que se realizarán todas las operaciones necesarias para la fabricación, montaje y ensayo del conjunto, aplicará la siguiente normativa:

- Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 21/1992, por la que se establecen las normas básicas de ordenación de las actividades industriales por las administraciones publicas.
- RD 485/97, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- RD 486/1997, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- RD 487/1997, sobre manipulación de cargas.
- RD 773/97, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- RD 1215/97, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los Equipos de Trabajo.
- RD 39/1997 de 17 de enero, Reglamento de Servicios de Prevención.
- RD 1495/1986, por el que se aprueba el reglamento de seguridad en máquinas.
- RD 1644/2008, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- RD 842/2002, por el que se establece el reglamento electrotécnico para baja tensión, (BOE, 18 de septiembre 2002).
- RD 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- RD 1942/93, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- RD 2667/2004, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios en los establecimientos industriales.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1980, Ley 32/1984, Ley 11/1994).
- RD 769/99, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión, (BOE, 31 de Mayo de 1999).

1.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

1.3.1. Medidas preventivas en la organización del trabajo

Todos los trabajadores portarán los equipos de protección individual necesarios. El propietario de la instalación será el responsable de la adquisición de los equipos y de que todos los trabajadores de la planta lleven puestos sin excepción. Equipos de protección necesarios:

- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Cinturón de seguridad, dependiendo de la máquina o herramienta.

Los trabajadores del área de fabricación llevarán en todo momento botas de protección homologadas. Además portarán guantes de serraje para cualquier tarea en la que empleen las máquinas del área o para el desplazamiento de los materiales en la planta industrial.

Los operarios del área de montaje llevarán ropa cómoda para desarrollar su labor y un mono o bata que impida enganches o accidentes. En caso de que no muevan pesos o manejen máquinas, podrán llevar zuecos. El pelo permanecerá recogido y se evitarán pulseras o accesorios que dificulten su labor. Deberán llevar guantes y gafas protectoras en todas aquellas tareas de montaje que lo requieran.

Además se aplicarán las siguientes medidas preventivas:

- Las herramientas manuales se utilizarán en aquellas tareas para las que han sido concebidas.
- Antes de su uso se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.
- Se mantendrán limpias de aceites, grasas y otras sustancias deslizantes.
- Los trabajadores recibirán instrucciones concretas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.
- Las máquinas-herramientas eléctricas estarán protegidas mediante doble aislamiento.

- Las transmisiones motrices por correas estarán siempre protegidas mediante bastidor que soporte una malla metálica, dispuesta de tal forma, que permitiendo la observación de la correcta transmisión motriz, impida el atrapamiento de los operarios o de los objetos.
- Las máquinas-herramientas con capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.
- Las máquinas-herramientas no protegidas eléctricamente mediante el sistema de doble aislamiento, tendrán sus carcassas de protección de motores eléctricos, conectadas a la red de tierras en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general.
- No se dejarán herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo, o en marcha aunque sea con movimiento residual en evitación de accidentes.

1.3.2. Sistemas de protección colectiva

Durante los trabajos en la instalación se aplicarán los siguientes sistemas de protección colectiva:

- Los motores con transmisión a través de ejes y poleas, o cualquier elemento móvil, estarán dotados de carcassas protectoras anti-atrapamientos (cortadoras, sierras, compresores, etc.).
- Los motores eléctricos estarán cubiertos de carcassas protectoras eliminadoras del contacto directo con la energía eléctrica. Tendrán la carcasa en buen estado y colocada.
- Los engranajes de cualquier tipo, de accionamiento mecánico, eléctrico o manual, estarán cubiertos por carcassas protectoras anti-atrapamientos.
- Las máquinas averiadas que no se puedan retirar se señalizarán con carteles de aviso con la leyenda → "Máquina averiada, no conectar".
- Solo el personal autorizado será el encargado de la utilización de una determinada máquina o máquina-herramienta.
- Las máquinas que no sean de sustentación manual se apoyaran siempre sobre elementos nivelados y firmes.
- Las cargas en transporte suspendido estarán siempre a la vista, con el fin de evitar los accidentes por falta de visibilidad de la trayectoria de la carga.
- No pasarán las cargas suspendidas por las Grúas, en su radio de giro, donde se encuentren personas u operarios.
- Los cables de izado y sustentación en los aparatos de elevación y transportes de cargas, estarán calculados expresamente en función de los solicitados para los que se los instala.

- Los aparatos de izar estarán equipados con limitador de recorrido.
- Los cables empleados directa o auxiliarmente para el transporte de cargas suspendidas se inspeccionaran como mínimo una vez a la semana por el Delegado de Seguridad, que previa comunicación al Coordinador de Seguridad, ordenara la sustitución de aquellos que tengan más del 10% de hilos rotos.
- Los ganchos de sujeción o sustentación, serán de acero o de hierro forjado, provistos de "pestillo de seguridad".
- Todos los aparatos de izado de cargas llevaran impresa la carga máxima que pueden soportar.
- Todas las máquinas con alimentación a base de energía eléctrica, estarán dotadas de toma de tierra.
- Se mantendrá en buen estado la grasa de los cables de las grúas (montacargas, etc.).

1.3.3. Medidas de seguridad en máquinas

Todas las máquinas empleadas en el proceso de fabricación llevarán el marcado CE. Su tabla de características técnicas permanecerá visible y sus manuales y planos constructivos serán proporcionados por el fabricante. Serán empleadas de acuerdo con lo establecido por el fabricante y cualquier modificación o instalación de utilaje será supervisada por él.

Toda máquina llevará una placa de características en la cual figurará, al menos: Nombre del fabricante; Año de fabricación y/o suministro, Tipo y número de fabricación; Potencia; Contraseña de homologación, si procede. Esta placa será de material duradero y estará fijada sólidamente a la máquina y situada en la zona de fácil acceso para su lectura una vez instalada. Si como resultado de revisiones o inspecciones de cualquier tipo, se observarán un peligro de manifiesto o un excesivo riesgo potencial, inmediato se paralizará la máquina en cuestión y se adoptarán las medidas necesarias para eliminar o reducir el peligro o riesgo. Una vez corregida, deberá someterse a nueva revisión para su sanción.

La sustitución de elementos o de piezas por reparación de la máquina se hará por otras de igual origen o, en su caso, de demostrada y garantizada compatibilidad.

Los órganos móviles o elementos de transmisión en las máquinas estarán dispuestos o, en su caso, protegidos de modo que eliminan el riesgo de contacto accidental con ellos.

La estructura metálica de la máquina fija estará conectada al circuito de puesta a tierra y su cuadro eléctrico dispondrá de un interruptor magnetotérmico y un diferencial. Las máquinas eléctricas deberán disponer de los sistemas de seguridad adecuados para eliminar el riesgo de contacto eléctrico o minimizar sus consecuencias en caso de accidente.

Las máquinas dispondrán de dispositivos o de las protecciones adecuadas para evitar el riesgo de atrapamiento en el punto de operación, tales como: resguardos fijos, aparta cuerpos, barras de paro, autoalimentación.

Para el transporte exterior de las máquinas se darán las instrucciones precisas, se utilizarán los medios adecuados y se cumplirán las normativas que los órganos oficiales intervinientes tengan dictadas y afecten al transporte en cuestión. El montaje de las máquinas se hará siempre por personal especializado con los medios de seguridad necesarios. En el libro de registro se anotarán, todas las incidencias en el montaje de las máquinas, uso mantenimiento y reparaciones de las mesas.

Las máquinas no podrán ser usadas en trabajos distintos a los que han sido destinados y fabricados. El personal de manipulación y mantenimiento deberá estar debidamente cualificado y especializado para la utilización de la máquina que se trate.

Máquinas-herramientas

Deberán cumplir con las disposiciones vigentes sobre la materia con el fin de establecer los requisitos necesarios para obtener un nivel de seguridad suficiente, de acuerdo con la práctica tecnológica del momento y a fin de preservar a las personas y los bienes de los riesgos de la instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de las máquinas. Deberán cumplir en origen las condiciones adecuadas a su trabajo, tanto de tipo operativo como de seguridad y se exigirá a su fabricante la justificación de cumplimiento.

Deben de ir acompañadas de un manual de instrucciones extendido por su fabricante o, en su caso, por el importador. En dicho manual, figurarán las características técnicas y las condiciones de instalación, uso y mantenimiento, normas de seguridad y aquellas otras gráficas que sean complementarias para su mayor conocimiento. De este manual se exigirá una copia cuyo texto literal figure en el idioma castellano.

Plegadoras-curvadoras

El principal riesgo que puede presentarse durante el manejo de los cilindros curvadores es el aplastamiento de las manos por atrapamiento entre los rodillos. Los sistemas de protección impedirán el acceso al punto de peligro durante el funcionamiento de la máquina. Se puede conseguir por medio de uno de los tres sistemas:

- Protector fijo: se situará en la línea de peligro impidiendo el acceso a la misma.
- Dispositivos de parada de emergencia: Mediante la utilización de estos dispositivos se conseguirá la detención de la máquina a la aparición de una situación peligrosa.
- Dispositivo de parada de emergencia por acción sobre pulsador.

Prensas

Se colocará un resguardo diseñado específicamente para las operaciones en las que el operario deba sujetar la pieza con la que trabaja (estampación de los vástagos). El operario introducirá la pieza a través de un orificio practicado en el resguardo, no estando expuestas sus manos en ningún momento a la carrera de bajada de la prensa. La orden de descenso del martinet se dará con un pedal. En operaciones en las que se trabaje sin este resguardo, se deberá emplear el accionador de validación simultáneo de la prensa que requiere el uso de las dos manos del trabajador evitando así su atrapamiento. El volante de inercia excéntrico y su mecanismo se encuentran en el interior de una jaula cerrada.

Lijadoras-pulidoras

Las muelas rotativas girarán en el interior de un alojamiento protector que sólo dejará accesible un punto de trabajo con las dimensiones necesarias para aproximar la pieza. Se dispondrá de una ‘mesita’ de apoyo para evitar arrastres de la pieza y de las manos del trabajador. Las máquinas pulidoras dispondrán de un dispositivo de parada automática que actuará en el caso de que se pretenda vaciar o llenar durante su funcionamiento.

Traspalera eléctrica

Dispositivos de seguridad obligatorios:

- Pórtico de seguridad: Estructura metálica para evitar accidentes al conductor en caso de vuelco de la carretilla.
- Apoyacargas: Amplia el apoyo y, consecuentemente la estabilidad de las cargas, así como evitar que se caigan sobre el conductor.
- Protección de órganos móviles.

Equipos de soldadura

Las medidas que se tomen deberán ir encaminadas a suprimir los riesgos de accidente durante la vida útil previsible de la máquina de soldeo, incluidas las fases de montaje y desmontaje, incluso cuando los riesgos de accidente resulten de situaciones anormales previsibles.

Instalaciones de acabado

La distancia adecuada para que el trabajador desarrolle tareas de pintado debe ser de 1,7 m. y la mesa donde efectúa las imprimaciones debe tener una altura de 1 m. Es necesario trabajar en cabinas presurizadas o con suficiente ventilación. El operario debe llevar mascarilla y gafas protectoras que permitan la reducción de contacto con los gases tóxicos de la pintura.

En cuanto al compresor deberá ir provisto de una placa donde deberán estar grabados la presión de diseño y, en su caso, la máxima de servicio, el número de registro del aparato y la fecha de la primera prueba y sucesivas. Dichas placas de diseño serán facilitadas por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente a la provincia en la cual se efectúe la prueba.

1.3.4. Protección y prevención de incendios

Se observarán las normas y disposiciones vigentes sobre la materia:

- RD 1942/93, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- RD 2667/2004, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios en los establecimientos industriales.
- RD 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de señalización de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Condiciones de uso y mantenimiento de extintores portátiles:

- Se colocarán en las proximidades de los puestos de trabajo que tengan un mayor riesgo de incendio y colocados en sitios visibles y de fácil acceso.
- Será necesario disponer de extintores portátiles y/o móviles sobre ruedas, de espuma física o química, mezcla de ambas o polvos secos, anhídrido carbónico o agua, según convenga a la posible causa determinante del fuego a extinguir.
- Cuando se empleen distintos tipos de extintores serán rotulados con carteles indicadores del lugar y clase de incendio en que se deben emplear.

- Los extintores serán revisados periódicamente y cargados, según los fabricantes, inmediatamente después de usarlos. Esta tarea será realizada por empresas autorizadas.
- Las operaciones a realizar cada tres meses por el personal especializado del fabricante instalador del equipo o sistema:
 - Comprobación de la accesibilidad, señalización, buen estado aparente de conservación.
 - Inspección acular de seguros, precintos, inscripciones, etc.
 - Comprobación del peso y presión en su caso.
 - Inspección ocular del estado externo de las partes mecánicas (boquilla, válvula, manguera, etc.)
- Las operaciones a realizar cada tres meses por el personal especializado del fabricante instalador del equipo o sistema serán:
 - Verificación del estado de carga (peso y presión), y en el caso de extintores en polvo con botellín de impulsión, verificación del estado del agente extintor.
 - Comprobación de la presión de impulsión del agente extintor.
 - Estado de la manguera, boquilla o lanza, válvula y partes mecánicas.
- A partir de la fecha de timbrado del extintor en su placa de diseño o etiqueta de pruebas de presión (y por tres veces) se retimbrará el extintor de acuerdo con la ITC-MIE AP5 del Reglamento de Aparatos a Presión sobre extintores de incendios.

1.3.5. Plan de emergencia

En caso de peligro, la instalación deberá poder ser evacuada rápidamente y en las condiciones de máxima seguridad. Las vías de evacuación y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. Deberán señalizarse conforme a la normativa vigente. Dicha señalización habrá de ser duradera y fijarse en lugares adecuados y perfectamente viables.

Las vías y salidas no deberán estar obstruidas por obstáculos de cualquier tipo, de modo que puedan ser utilizadas sin trabas en cualquier momento. En caso de avería del sistema de alumbrado y cuando sea preceptivo, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con luces de seguridad de suficiente intensidad.

La iluminación artificial deberá ofrecer garantías de seguridad y no presentar ningún peligro de incendio o explosión. Se dispondrá de iluminación de emergencia adecuada a las dimensiones de los locales y aforo, capaz de mantener al menos durante una hora una intensidad de cinco lux. Su fuente de energía será independiente del sistema normal de iluminación.

Los lugares de trabajo dispondrán de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores, a los riesgos a que estén expuestos y a las facilidades de acceso al centro de asistencia médica más próximo.

El material de primeros auxilios deberá adaptarse a las atribuciones profesionales del personal habilitado para su presentación. La situación o distribución del material en el lugar de trabajo y las facilidades para acceder el mismo y para, en su caso, desplazarlo al lugar del accidente, deberán garantizar que la presentación de los primeros auxilios pueda realizar con la rapidez que requiera el tipo de daño previsible. El material de primeros auxilios se revisará periódicamente y se irá reponiendo tan pronto como caduque o sea utilizado.

Para asegurar el plan de emergencias, se realizarán con carácter periódico simulacros de emergencia, con evacuación total o parcial, según los casos y con la periodicidad indicada en el Manual de Autoprotección. Como parte del Plan de Autoprotección se implantará de forma visible en todos los usos, las limitaciones y prohibiciones de acceso, la prohibición de fumar o hacer trabajos en caliente (salvo autorización expresa) y cuantas disposiciones sean de obligado cumplimiento en evitación de incendios, explosiones, fugas, derrames y otros siniestros previsibles.

1.4. VALORACIONES

El desarrollo del proceso productivo deberá conducir a la fabricación de un conjunto con un precio ajustado a los importes de cada uno de los bloques principales de gasto. Cada uno de estos importes se detalla en el documento Presupuesto. El margen de beneficio garantizará la viabilidad de la industria incluso en condiciones difíciles para un precio de salida realmente bajo. Este margen de beneficio fluctúa entre el 10 y el 20 %, dependiendo del conjunto.

Los precios de venta serán mantenidos únicamente para ventas de grandes lotes o contratos para proveer a la industria durante un período de tiempo prolongado. En los pedidos de repuestos y ventas a particulares los precios de venta podrán incrementarse y los márgenes de beneficio podrán ser superiores al 100%.

Mensualmente se entregará un informe en el que se verifique el número de unidades producidas. En el mismo informe se hará un recuento detallado de los componentes fabricados para su posterior montaje y materiales empleados de modo que se pueda conocer el stock disponible y las compras necesarias. Se incluirá un resumen de los trabajos realizados en el taller para contrastarlo con el número de unidades fabricadas. En este resumen figurarán los cambios de matrices, paradas de las máquinas para su mantenimiento, etc.

1.5. PLAZOS DE ENTREGA

El plan maestro de producción estará orientado a la fabricación de 1600 conjuntos en total, 800 conjuntos del sistema de acoplamiento con silla detrás, 500 conjuntos del sistema de acoplamiento con silla detrás y 300 del sistema acoplamiento monociclo.

El periodo de tiempo en el que se desarrollará esta producción será de 3 meses y 15 días. Los conjuntos se entregarán de forma periódica aunque se presenten intervalos de mantenimiento y adecuación de las instalaciones e intervalos de producción máxima.

Se garantizará un stock suficiente para satisfacer los pedidos de minoristas o comerciales y particulares. También se deberá adecuar la fabricación a la demanda de mercado para no tener demasiados conjuntos en stock. Para cumplir con las expectativas de producción se controlará exhaustivamente la compra de materia prima y el proceso.

2. CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUMINISTROS

No serán aceptados los materiales que puedan poner en riesgo la seguridad y salud de los trabajadores. Se comprobará que para todos los suministros y materiales recibidos, la industria proveedora extiende el correspondiente certificado de composición, propiedades y características técnicas.

En todos los casos, deberán tener las características necesarias para desarrollar las operaciones y trabajos para los que fueron concebidos. No será aceptado ningún material que no se ajuste a lo especificado en el contrato de compra. Para cada uno de los materiales que van a formar parte de los conjuntos mecánicos a desarrollar se realizarán los siguientes tipos de controles:

- Perfiles y barras de acero:

De los productos recibidos en cada lote, se tomarán diferentes muestras para comprobar que sus dimensiones son las adecuadas y tolerancias son aptas para su utilización en el proceso. Se hará una inspección visual para asegurarse de que no muestran golpes, signos de corrosión, picaduras, etc.

También se comprobará la rectitud y otras posibles deformaciones y alteraciones geométricas.

- Perfiles y barras de aluminio:

Se tomarán muestras para comprobar que las dimensiones y tolerancias son las requeridas en el proceso. Se comprobará la rectitud y la ausencia de defectos de forma y se hará una inspección visual para asegurarse de que no muestran manchas, golpes o mellas.

- Planchas y láminas de aluminio:

Se tomarán diferentes muestras para comprobar su espesor y se hará una inspección visual de su estado, detectando abolladuras, pliegues, manchas y otro tipo de imperfecciones.

- Tornillería:

Los tornillos empleados cumplirán la normativa ISO de resistencia y serán inoxidables. Se comprobará visualmente el acabado superficial de su cabeza, para detectar imperfecciones que puedan impedir el montaje. Tornillos, tuercas y arandelas cumplirán las medidas especificadas, de acuerdo con su métrica.

- Componentes adquiridos a proveedores:

Se comprobará que reúnen las características indicadas por el proveedor, en particular características relacionadas con sus dimensiones o su resistencia mecánica, y se comprobará la homologación de aquellos componentes que así lo requieran. Cada pedido llevará los datos precisos que permitan su caracterización. Varias muestras se someterán a inspección visual para detectar defectos en su aspecto, golpes o rozaduras.

2.2. ADQUISICIÓN O SUSTITUCIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

Solamente se aceptarán aquellas máquinas que tengan el marcado CE. Se dará preferencia a la adquisición de maquinaria fabricada en la Unión Europea. Todas las máquinas serán capaces de realizar a la perfección los trabajos para los que fueron adquiridas. Su compra se justificará en la definición del proceso de fabricación y en los tiempos de producción requeridos.

Se seleccionarán equipos para los que resulte sencillo encontrar repuestos en el mercado. Todos se entregarán con su documento de garantía, manual de instrucciones y la información necesaria para su adecuada utilización.

El proveedor debe asegurar el correcto funcionamiento. El técnico instalador será el encargado de realizar las pruebas correspondientes y de entregar la máquina en perfecto estado. Se realizarán las siguientes pruebas de funcionamiento:

- En máquinas-herramienta:

Alimentación eléctrica, inyección de refrigerante, velocidad límite alcanzada por el cabezal, fijación de la bancada, velocidad de desplazamiento de los carros, funcionamiento correcto del control numérico, posiciones o diámetros máximos de trabajo, cumplimiento de las tolerancias exigidas...

- Plegadoras-curvadoras:

Alimentación eléctrica. Fuerza aplicada. Posición relativa pieza-herramienta. Velocidad de proceso. Rigidez de elementos.

- Prensas:

Alimentación eléctrica. Fuerza aplicada. Velocidad del martíete en ciclos por minuto. Rigidez de sus componentes.

- Lijadoras-pulidoras:

Alimentación eléctrica. Resistencia a la abrasión. Estanqueidad de los cierres. Aislamiento de elementos sensibles. Niveles de ruidos.

- Instalación de acabado:

Alimentación eléctrica. Correcto funcionamiento y comprobación de los elementos de seguridad de su cuadro eléctrico propio. Funcionamiento del sistema alimentación de aire comprimido. Presión máxima de trabajo y caudal de aire inyectado. Proyección de pintura y evacuación de gases a través del sistema de extracción.

- Elevadores:

Capacidad portante y movimiento de elevación en el tiempo especificado.

- Equipos de laboratorio:

Los necesarios para verificar su correcto funcionamiento y calibración.

Cada máquina llevará bien visible la placa de características técnicas. En la planta se dispondrá de toda la información necesaria sobre la máquina o equipo y sobre las medidas de seguridad que se han de aplicar durante su utilización.

De la misma manera, se comprobará que todas las herramientas manuales o pequeñas máquinas eléctricas recibidas cumplen con la normativa, y están aptas para su uso. Se hará un seguimiento de éstas, para que en caso de riesgo se cambien o se reparen. Todas las herramientas deberán estar correctamente ordenadas cuando no sean utilizadas, y no podrán ser empleadas para otros trabajos fuera del taller.

2.3. PLANIFICACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Se realizará una primera planificación en función de un estudio de mercado, y en función de éste, se establecerán unos ingresos y unos gastos hipotéticos. Una vez comenzado el proceso de producción, éste podrá variarse en función de la demanda. En la planificación de la producción se tendrá en cuenta que la fábrica nunca trabaje al 100% de sus posibilidades. Eso permite que en caso de tener que aumentar la producción, la instalación que se tiene en ese momento pueda acometer el aumento sin problemas.

En el almacén se tendrá una cantidad de stocks adecuados para la demanda del mercado, tanto de elementos terminados como de material de repuesto.

Se establecerá un programa de trabajo que deberá contar con la aprobación del jefe de producción. Una vez aprobado, éste será de obligado cumplimiento. En la elaboración del programa se tendrá en cuenta los medios necesarios (materiales, equipos, instalaciones, personal) para la ejecución del proceso.

Se entregará una valoración semanal del programa previsto de producción y se presentará mensualmente un informe en el que se detallarán las unidades producidas y los componentes y materiales empleados en la fabricación, así como los tiempos de parada de la producción o parte de ella por el cambio de herramientas, averías y otras operaciones de mantenimiento de máquinas. En función de estos datos el programa de producción podrá modificarse para un mejor funcionamiento.

La fabricación se realizará en todo momento atendiendo a los planos del diseño, así como a las especificaciones hechas en la memoria y en el pliego de condiciones. Estos planos han de estar elaborados por completo antes de comenzar la fabricación y en ellos se detallará cada uno de los componentes y piezas del conjunto, con sus medidas, tolerancias y apuntes necesarios para su fabricación. También se requerirán planos de montaje del conjunto y de mantenimiento.

Los operarios serán adiestrados en los procedimientos. Todos poseerán las herramientas y utilajes necesarios para su tarea y se planificará su labor para que resulte eficiente siguiendo unos principios ergonómicos.

2.4. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD

En diversos puntos del proceso productivo, se tomarán piezas de muestra para comprobar que se mantienen dentro de los límites marcados por los requisitos iniciales del proyecto. A lo largo de la fabricación, las piezas serán marcadas y almacenadas adecuadamente para evitar su confusión o deterioro después de haber pasado los controles de calidad.

Se aplicarán los procedimientos que se detallan a continuación:

- Mecanizado

El corte de las piezas se realizará mediante sierra. Las aristas que puedan resultar cortantes deberán ser matadas con un chaflán. Los agujeros pasantes se realizarán por medio de brocas en el centro de mecanizado o con taladros de columna. A lo largo del proceso, se tomarán piezas de muestra y se comprobará que sus medidas se mantienen dentro de los límites marcados por las tolerancias.

- Conformado

Se cumplirán con los ajustes y mantenimientos de las máquinas. Se trabajará con las piezas ancladas correctamente a la máquina. Siempre se realizará un lijado de los cantos y se comprobará que no haya cantos vivos ni viruta con la que poder cortarse. Después del conformado se realizará una medición, tanto de los orificios realizados en las chapas, como de las distancias y radios del plegado.

- Comprobación de las soldaduras

Se detectarán los poros que puedan dañar la resistencia del conjunto. Para todas las soldaduras se llevará a cabo una inspección visual, y en varias piezas se realizará un ensayo con líquidos penetrantes para descubrir poros e imperfecciones.

- Montaje

En el proceso de montaje se comprobará que la disposición y dimensiones de cada elemento se ajustan a las indicadas en los planos. Se rectificarán o reharán todas las piezas que no permitan el acoplamiento mutuo o su deslizamiento, sin forzar, en la posición que hayan de tener una vez montadas. Se verificará mediante plantillas si todos los conjuntos pueden montarse correctamente.

- Embalaje

Durante el embalaje se revisarán todas las piezas, para garantizar que todos los paquetes cuentan con todas las piezas necesarias para su montaje y funcionamiento.

Durante el proceso productivo, se observará que el material se comporta correctamente al realizarle las distintas operaciones, para prevenir comportamiento anómalo de las piezas posteriores. Así mismo, se comprobará el material de trabajo del taller, tanto herramientas manuales como máquinas y sus herramientas. Cuando estas herramientas presenten algún tipo de deterioro serán sustituidas.

El diseño y métodos de fabricación han de conducir a un producto final que satisfaga toda la normativa relacionada. El cumplimiento de los requisitos mínimos de seguridad permitirá la elaboración del documento de declaración de conformidad y de la obtención del correspondiente marcado CE.

Normativa relacionada:

- UNE-EN 14764:2006. Bicicletas de paseo. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.
- UNE-EN 14766:2006. Bicicletas de montaña. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.
- UNE-EN 14781:2006. Bicicletas de carrera. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.
- UNE-EN 14782:2006. Bicicletas. Accesorios para bicicletas. Porta-equipajes.
- Decisión de la Comisión de 29 de Noviembre de 2011, sobre los requisitos de seguridad que deben cumplir las normas europeas aplicables a las bicicletas, las bicicletas para niños y los portaequipajes para bicicletas de conformidad con la Directiva 2011/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- RD 339/2014, de 9 de Mayo, por el que se establecen los requisitos para la comercialización y puesta en servicio de las bicicletas y otros ciclos y sus partes y piezas, y por el que se modifica el Reglamento General de Vehículos, aprobado por RD 2822/1988, de 23 de Diciembre.
- RD 2406/1985, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de las bicicletas y sus partes y piezas y su homologación por el ministerio de industria y energía.

Cada unidad de producto comercializada irá acompañada de su correspondiente Manual de Instrucciones, que contendrá:

- La razón social y dirección completa del fabricante.
- La designación del producto y una descripción general.
- La declaración de conformidad del producto.
- Las instrucciones de montaje.
- Los diagramas y explicaciones necesarias para el uso, el mantenimiento y la reparación.
- Información sobre los riesgos residuales que existan a pesar de las medidas de diseño inherentemente seguro y de las medidas de protección adoptadas.
- Instrucciones acerca de las medidas preventivas que debe adoptar el usuario.
- Las características básicas de los accesorios que puedan acoplarse.
- Descripción de operaciones de mantenimiento que deban ser realizadas por el usuario y medidas de mantenimiento preventivo que se han de cumplir.
- Las características de las piezas de recambio que deban utilizarse.

En la Declaración de conformidad del fabricante se incluirán los siguientes datos:

- Razón social y dirección completa del fabricante.
- Descripción e identificación del producto incluyendo marca y modelo.
- Indicación de que el producto cumple todas las disposiciones pertinentes.
- Lugar y fecha de la declaración de conformidad.
- Identificación, cargo y firma de la persona apoderada para redactar esta declaración de conformidad.

2.5. CONDICIONES DE ENTREGA DEL PRODUCTO

Todos los conjuntos fabricados serán entregados con su correspondiente embalaje e irán acompañados de un Manual de Instrucciones.

Si los conjuntos son destinados a comerciales o minoristas se entregarán en cajas etiquetadas y con un albarán y se proporcionará la información requerida para el montaje. Cualquier modificación o adaptación del producto será comunicada al destinatario.

Los productos o lotes hallados defectuosos por el cliente serán reemplazados sin coste alguno. El cliente podrá inspeccionar por si mismo los procesos que intervienen en la fabricación así como los controles y ensayos que se llevan a cabo.

2.6. GARANTÍA Y SERVICIO POSTVENTA

Todos los productos con el marcado CE han de tener obligatoriamente una garantía de dos años. Para los conjuntos vendidos a particulares o destinados a repuestos, la garantía será la mínima de dos años a partir de su comercialización.

En el caso de los conjuntos que se destinan a fabricantes como componentes auxiliares, se dará una garantía de la misma duración que la del conjunto o vehículo en la que van montados.

Cualquier conjunto dañado dentro del periodo de garantía será reparado o sustituido por el fabricante. Los conjuntos deteriorados por negligencia, mal uso o caídas quedan fuera de toda garantía.

Se deberá fabricar un porcentaje de componentes destinados a repuestos. Este porcentaje se incrementará a medida que crezca el número de conjuntos en circulación.

Los costes de transporte de los repuestos en ningún caso correrán a cargo del fabricante salvo que se deba a fallos de fabricación o conjuntos incompletos.

