

Asignatura: Computación Gráfica e Visualización

Versión de Blender: 2.8.3<sup>1</sup>

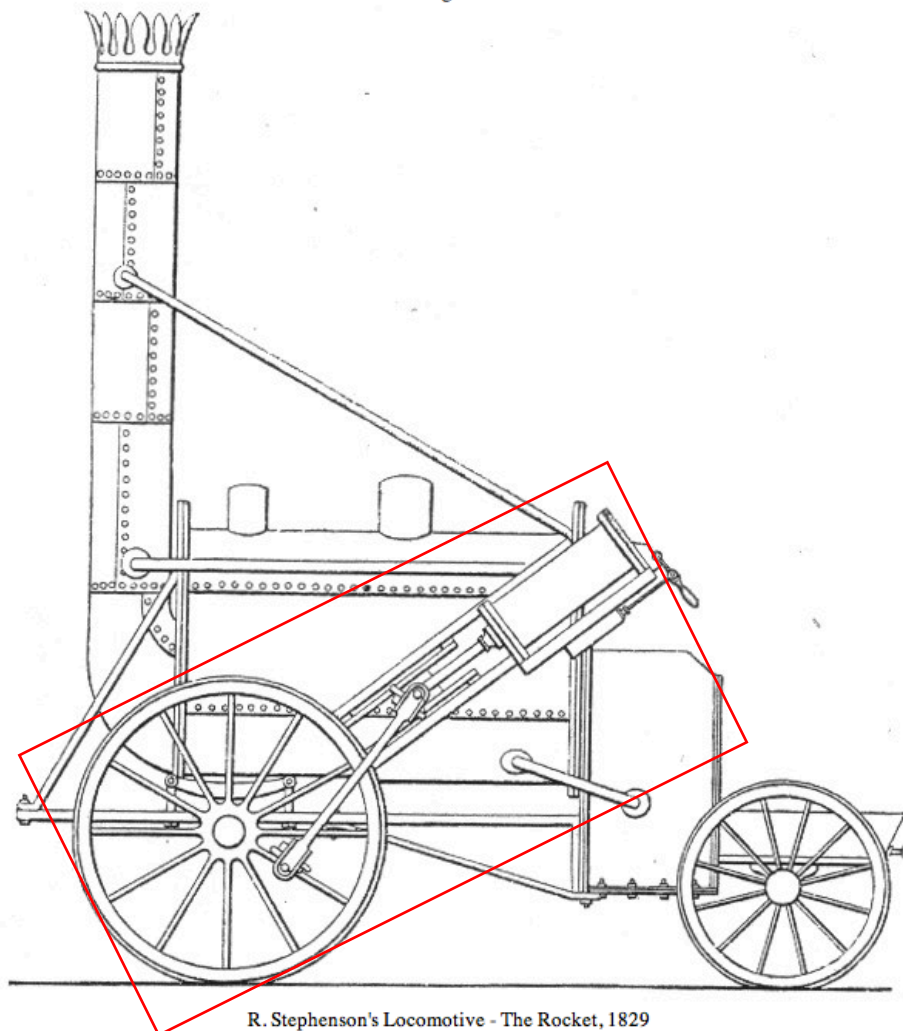
Título: Cadena de propulsión de una locomotora "The Rocket"

Objetivos:

1. Reforzar el modelado
2. Establecer mecánicas complejas
3. Entender la composición de transformaciones y el enlazamiento de objetos dentro del programa

En este tutorial vamos incidir en entender cómo establecer relaciones entre diferentes elementos dentro de Blender. Lo que se persigue es poder obtener movimientos más complejos dentro de la escena de manera más sencilla. Para ello vamos a modelar el pistón y el cigüeñal de la parte tractora de una locomotora "The Rocket" que fue de las primeras en su haber.

Fig. 4



R. Stephenson's Locomotive - The Rocket, 1829

---

<sup>1</sup> Tutorial adaptado de los trabajos del Prof. Neal Hirsig por el profesor Enrique Fernández Blanco para la asignatura de Computación Gráfica e Visualización de la Universidad de A Coruña. El uso del tutorial está limitado única y exclusivamente al contexto de la asignatura.

## Configuración inicial

Primeramente, oculte tanto la luz como la cámara que hay en la escena para que no nos molesten durante el modelado.

A continuación, borraremos el cubo por defecto ya que no lo utilizaremos.

Poniéndonos en la vista frontal en Ortogonal (NUMPAD-1), importaremos la imagen de referencia que se adjunta a este tutorial. Para ello, utilizaremos el atajo de teclado SHIFT + A KEY y seleccionaremos incorporar una Imagen de tipo referencia (Fig. 1).

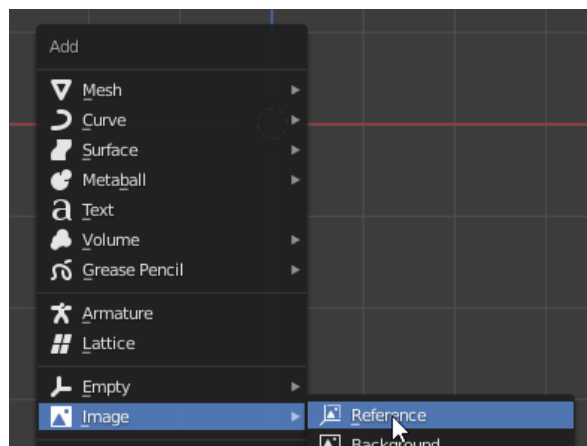


Fig. 1 Seleccionar la imagen de referencia

Una vez importado aparecerá en el medio. A continuación en las propiedades de la imagen en la parte inferior derecha estableceremos los valores y opciones que se muestran en Fig. 2.

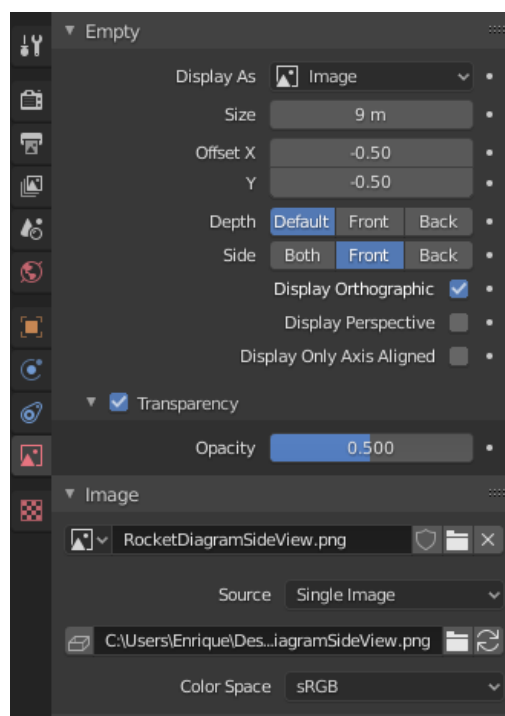
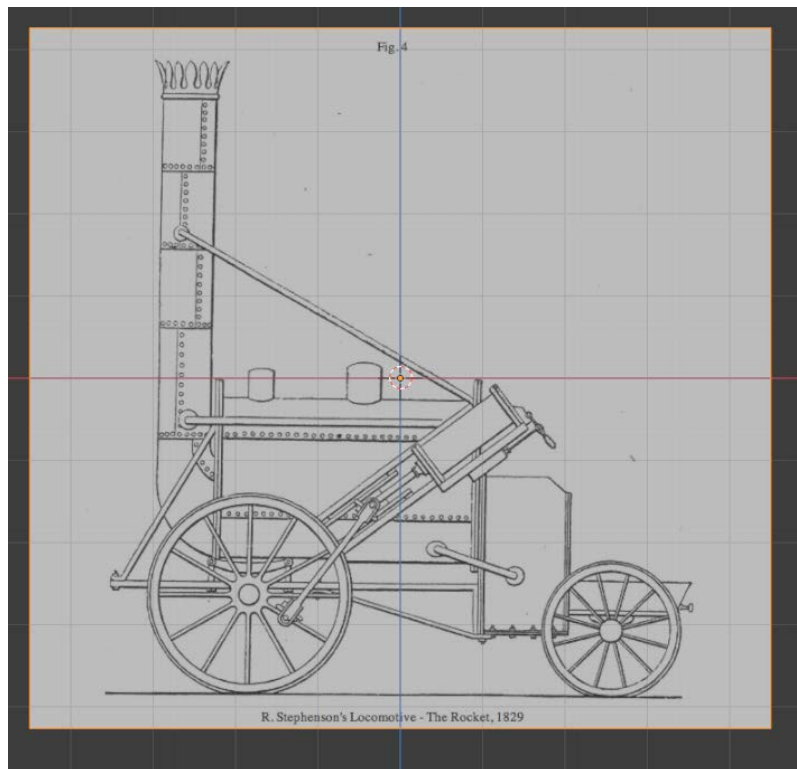


Fig. 2 Opciones de la imagen de referencia

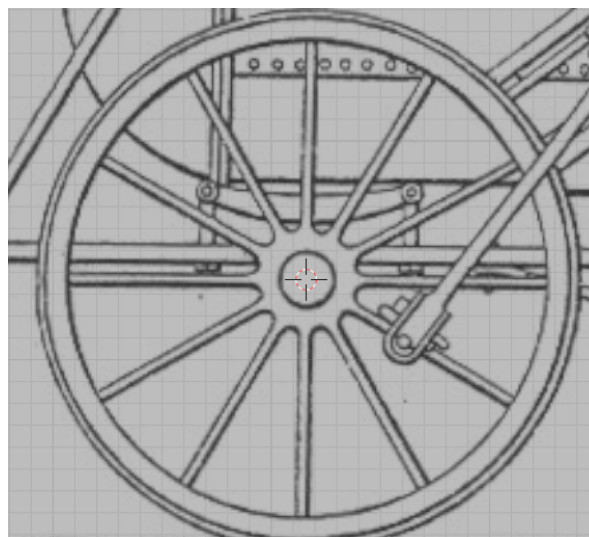
El resultado de estas opciones debe de ser una imagen semitransparente y que sólo es visible en la vista ortogonal Frontal, como en Fig. 3



*Fig. 3 Imagen de referencia*

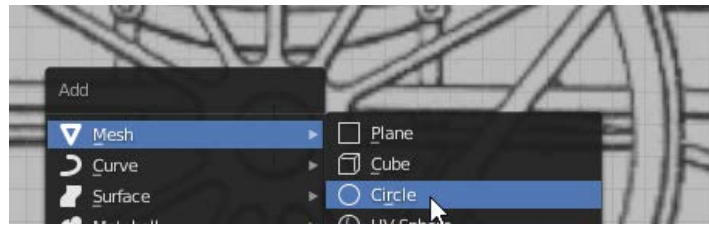
### Modelando la Llanta

A continuación vamos a posicionar el cursor 3D en el centro de nuestra rueda de referencia como se ve en Fig. 4

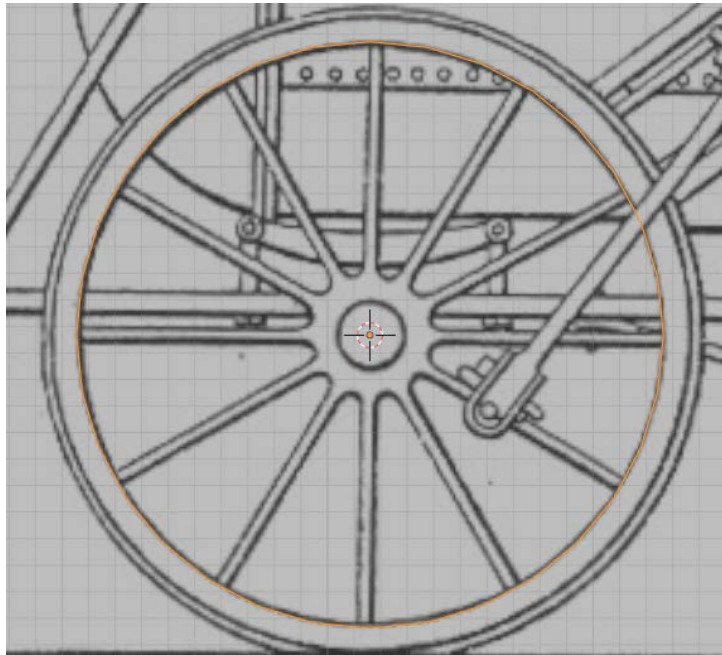


*Fig. 4 Posicionar el Cursor 3D*

Una vez hecho esto, mediante el atajo SHIFT + AKEY, añadiremos un círculo de malla al conjunto (Fig. 5). A continuación rotaremos dicho círculo 90 grados en el eje X y lo escalaremos para que ocupe la parte interior del dibujo, como se ve en Fig. 6.

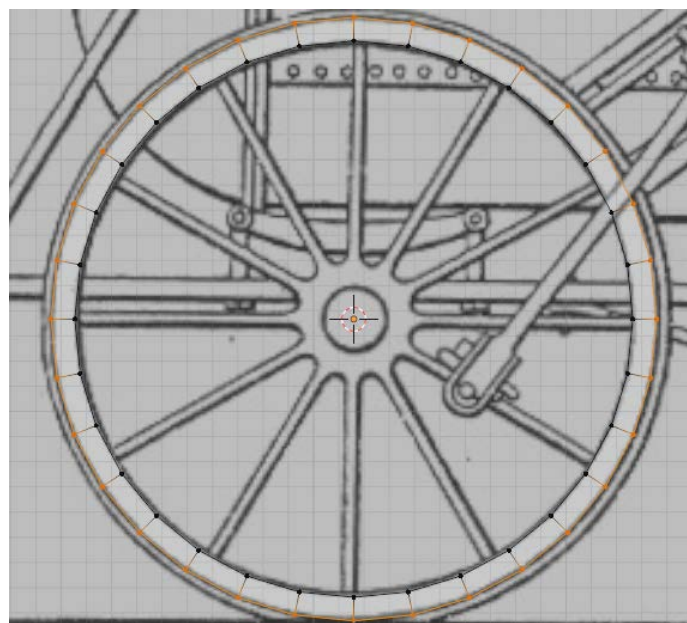


*Fig. 5 Insertar el círculo*



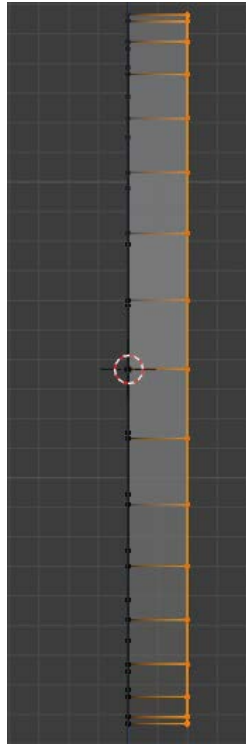
*Fig. 6 Rotar y escalar hacia la parte interior de la rueda*

Una vez conseguido el arco interior de la rueda, cambie al modo de Edición (Edit Mode, TAB) y con todos los vértices seleccionados vamos a extruirlos para crear el marco de las ruedas. Para ello, presionaremos la tecla EKEY, seguida de SKEY, y extrusionaremos hasta el borde, como se muestra en Fig. 7.



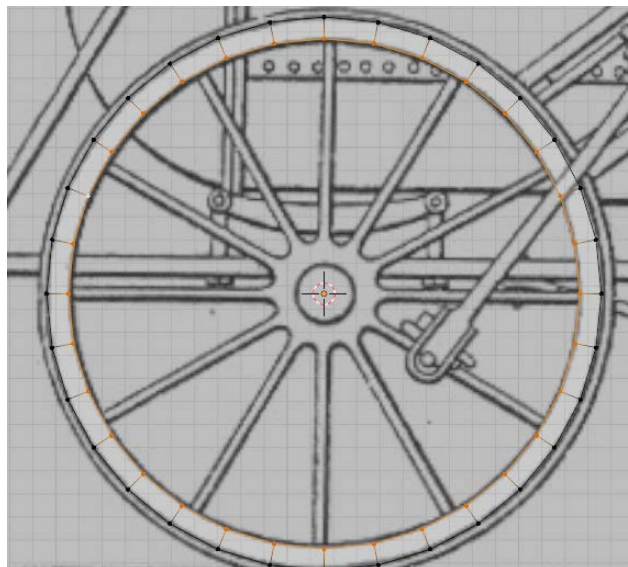
*Fig. 7 Creando el marco de la rueda*

Aun con estos últimos vértices seleccionados cambie la vista lateral (NUMPAD-3) y estrusione ligeramente hacia la derecha los vértices como se ve en Fig. 8



*Fig. 8 Extrusionar ligeramente los vértices*

Hecho esto, vuelva a la vista frontal (NUMPAD-1), deselectione todos los vértices y pulse en uno de los del arco interior mientras mantiene presionada la tecla ALT, esto provocará una selección en anillo interior (Fig. 9), extruir esta selección desde la vista lateral para igualar el ancho de la anterior (Fig. 10).

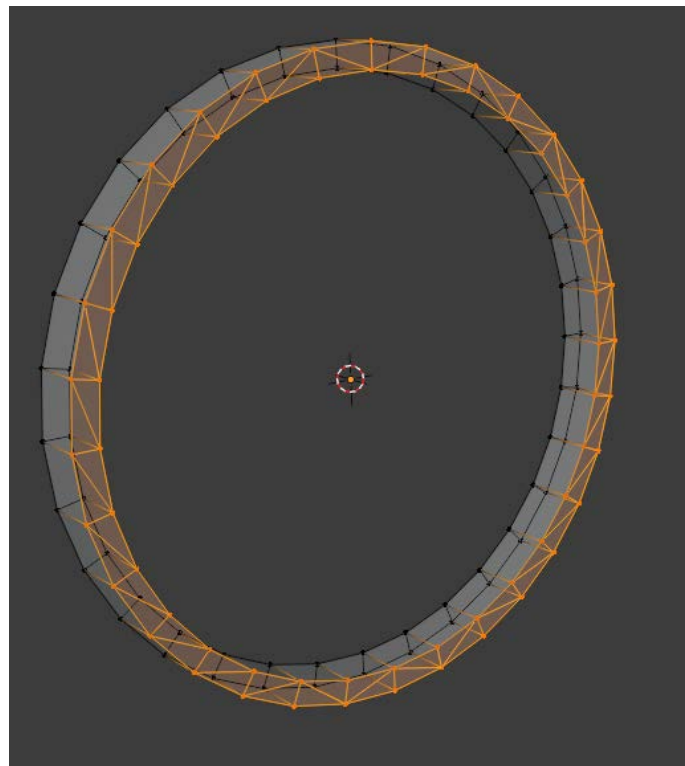


*Fig. 9 Selección arco interior*



*Fig. 10 Extruir la parte interior de la rueda*

Hecho esto deseleccionar todos los vértices y realizar una selección en caja (BKEY) de todos los que se encuentran en la parte derecha. Con estos seleccionados, o bien presionar FKEY y seleccionar la opción Fill o bien presionar el atajo ALT + FKEY para crear caras entre los vértices seleccionados (Fig. 11).

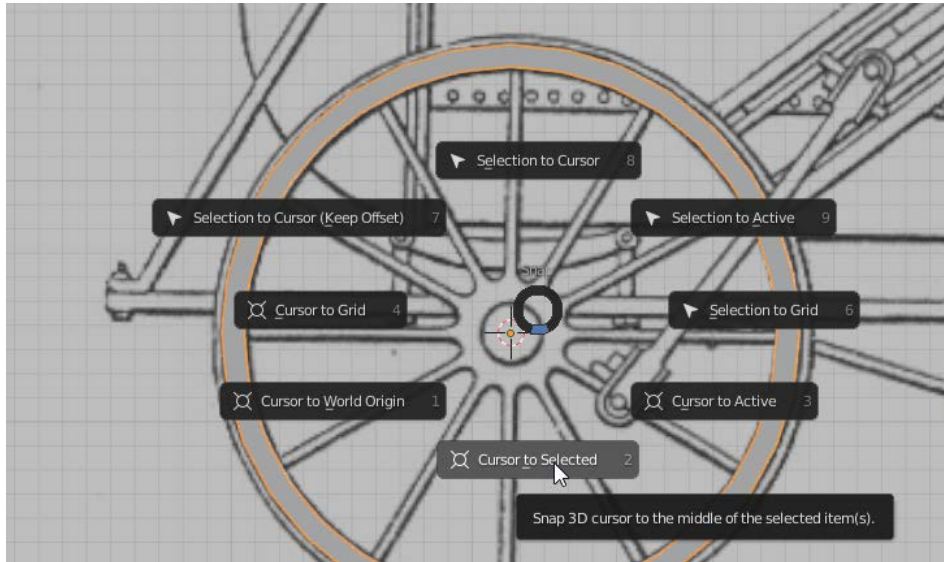


*Fig. 11 Rellenar la forma de la figura*



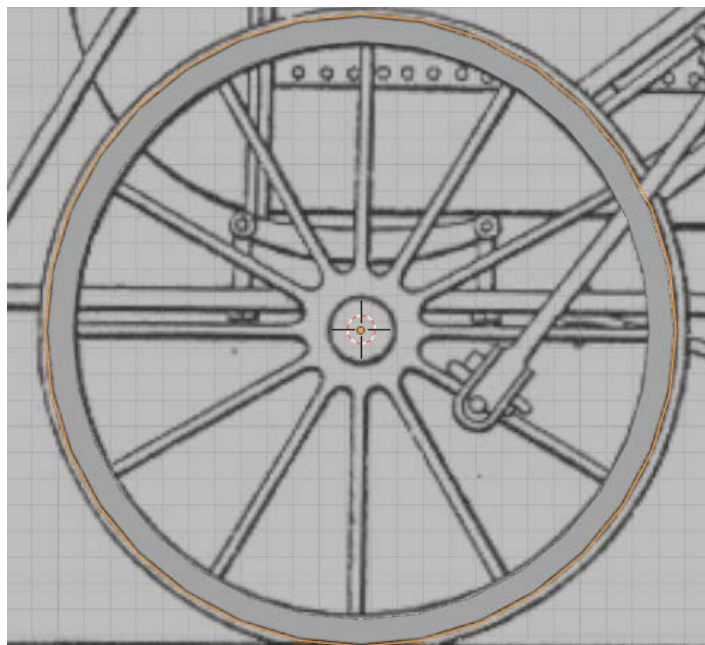
## Modelando la banda

En el siguiente paso, salga del modo de edición al modo de objeto (TAB) y vuelva a la vista frontal (NUMPAD-1). Con el objeto seleccionado vamos a presionar el atajo de teclado SHIFT + SKEY y escoger la opción “Cursor to Selected”, que posicionará el cursor en el origen del objeto con el que estamos trabajando.



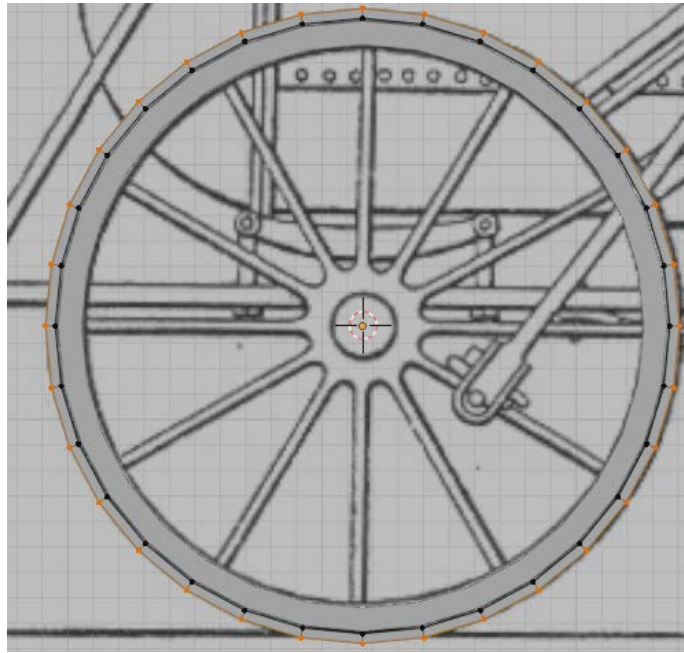
*Fig. 12 Cursor to Selected*

Al igual que en el paso anterior vamos a añadir un círculo, el cual giraremos 90 grados en X y escalaremos adecuadamente hasta llegar al borde exterior de la rueda, Fig. 13.



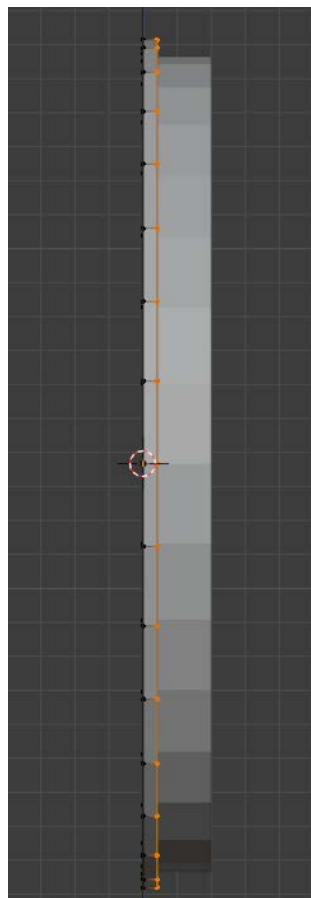
*Fig. 13 Creación de la Banda de Rodadura*

Hecho eso, cambiar al modo de edición y presionar EKEY seguido de SKEY para extruir la banda como se muestra en Fig. 14



*Fig. 14 Extruir la Banda de Rodadura*

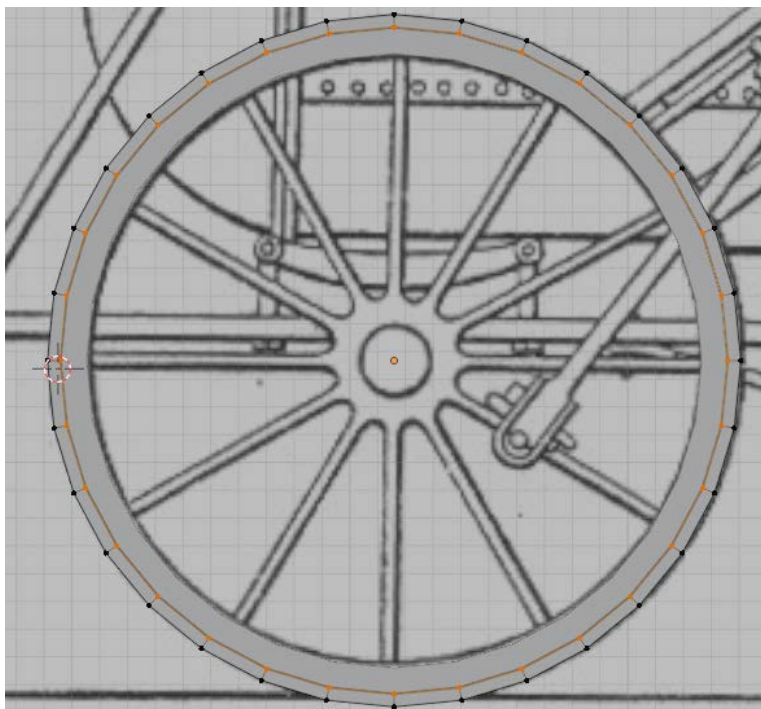
Una vez hecho esto, vaya a la vista lateral y extrusione todos los vértices en el eje Z para crear la banda de rodadura de la rueda (Fig. 15)



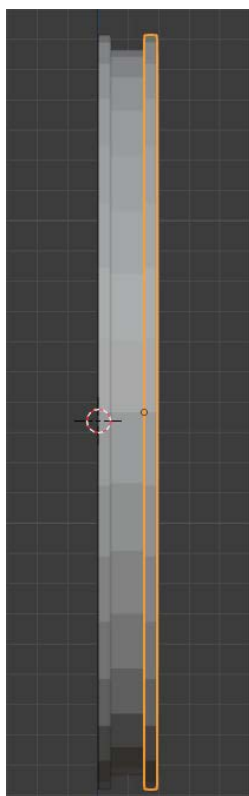
*Fig. 15 Extrusionar la banda*



En el siguiente paso cogeremos el arco interior de esta banda de rodadura y la vamos a escalar ligeramente hacia el interior asegurándonos que no queda un hueco entre la llanta y la banda como en Fig. 16.



*Fig. 16 Escalar la banda interior*



*Fig. 17 Posicionar la copia adecuadamente*

Ahora desde la vista lateral vamos a duplicar el objeto y posicionarlo a lo largo del eje Y para crear la otra parte de la banda de rodadura que se encajaría en el rail. Para hacer esto, cambiamos al modo de Objeto y presionamos SHIFT + DKEY. A continuación presionando YKEY posicionamos la copia adecuadamente en la parte derecha de la rueda como se ve en Fig. 17.

Seleccionar ahora las 3 parte y unir las presionando para ello CTRL + JKEY. El objeto resultante nombrar lo como “Rueda”

### Creando la parte interior de la llanta

En el siguiente paso vamos a seleccionar el nuevo objeto y vamos a recalcul su centro en función de su geometría. Para ello seleccionamos la opción correspondiente en el menú de objeto arriba a la izquierda.

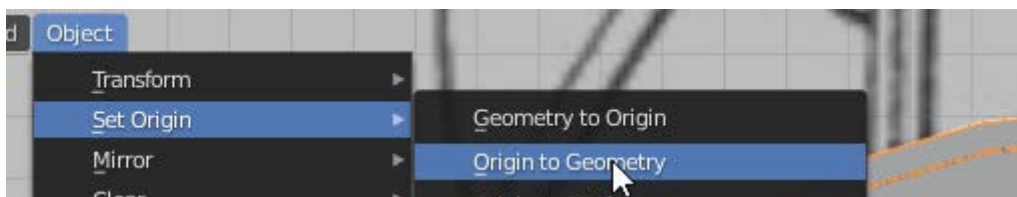


Fig. 18 Recalcular el centro objeto

Hecho esto posicione el cursor en dicho origen con el atajo SHIFT + SKEY, Fig. 12. Una vez aquí, vamos a añadir un cilindro a la escena. Lo rotaremos 90 grados en X y nos aseguraremos que tiene cubiertas los extremos. Para conseguir esto se pueden poner las propiedades en el menú de la esquina inferior izquierda como en Fig. 19

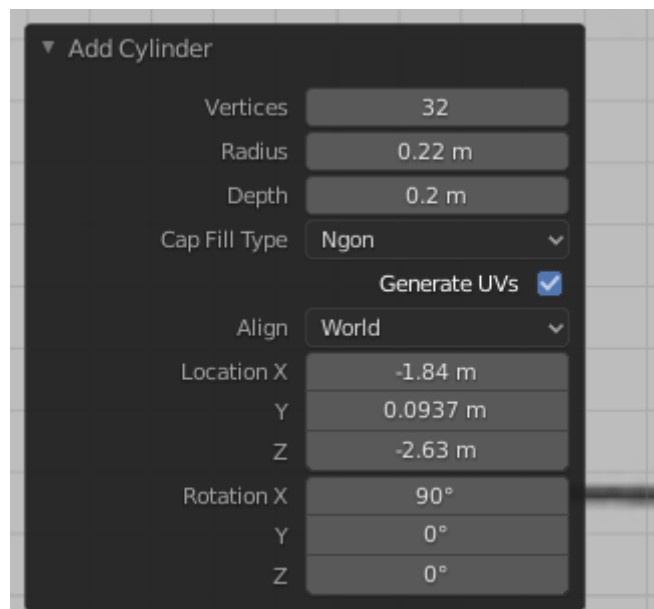
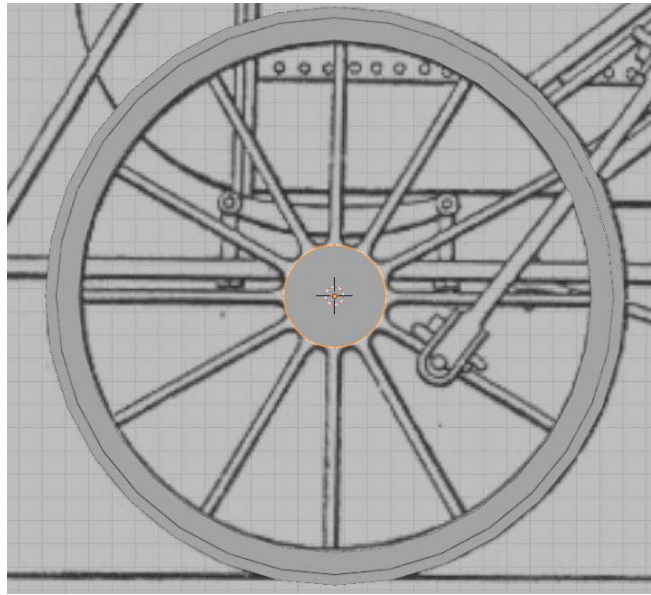


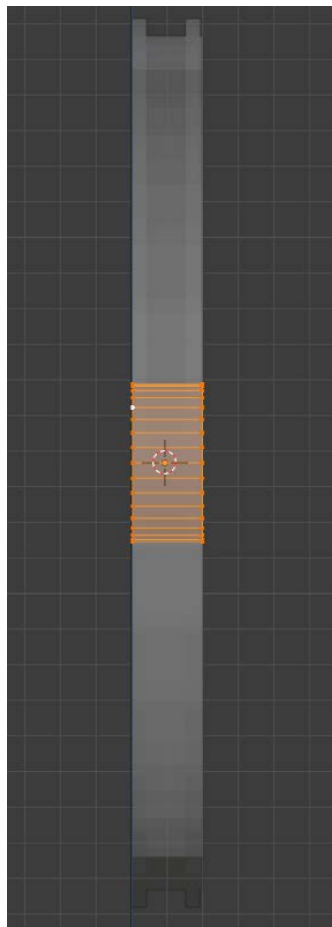
Fig. 19 Propiedades del cilindro

El cilindro debe cubrir la parte del eje de la rueda como se ve en Fig. 20



*Fig. 20 Ajustando la parte central*

En el siguiente paso cambiaremos a la vista lateral y escalaremos (SKEY) el cilindro en el eje Y (YKEY) para asegurarnos que el ancho coincide con el de la rueda como se ve en Fig. 21. Para ajustarlo correctamente cambie al modo de Edición y asegúrese de que coinciden los vértices, es posible que deba activar el X-Ray en el objeto rueda.

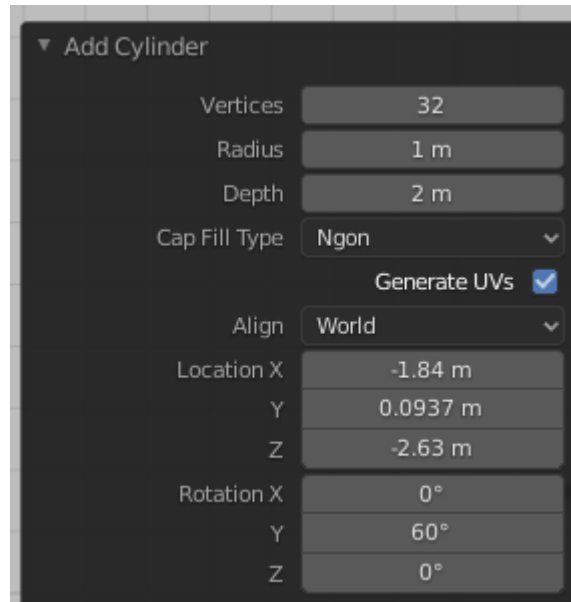


*Fig. 21 Ajustar el tamaño y ubicación de la parte central*

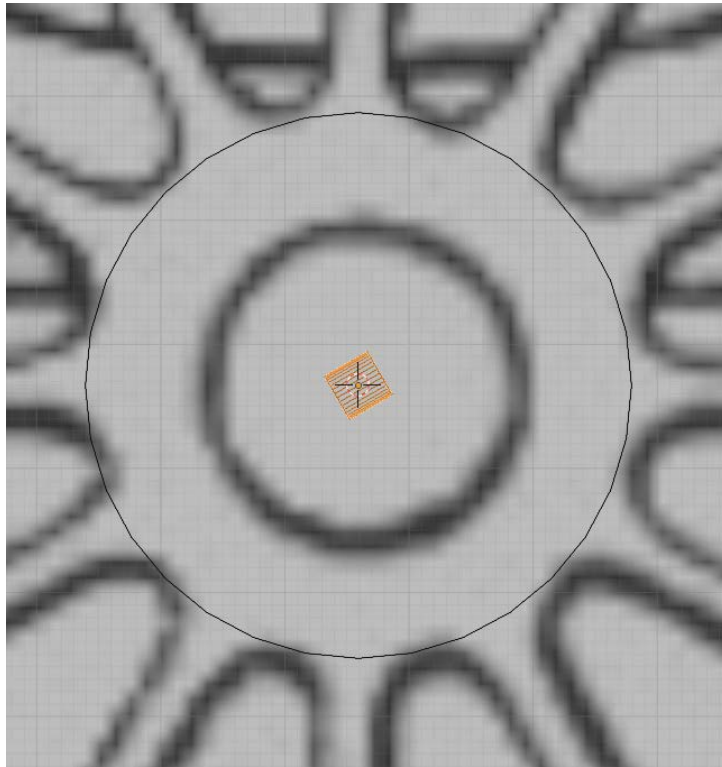
## Creando los radios

En el siguiente paso vamos a crear los radios que componen la rueda. Comenzaremos añadiendo un cilindro a la escena que esté centrado con el que acabamos de crear en el paso anterior, para ello podemos asegurarnos posicionando el cursor en el centro de este objeto.

Añadimos un cilindro con las propiedades que se muestran en Fig. 22 para, a continuación, escalarlo al tamaño aproximado del ancho de uno de los ejes. Para conseguir este último paso active el Wireframe Mode en la parte superior derecha.

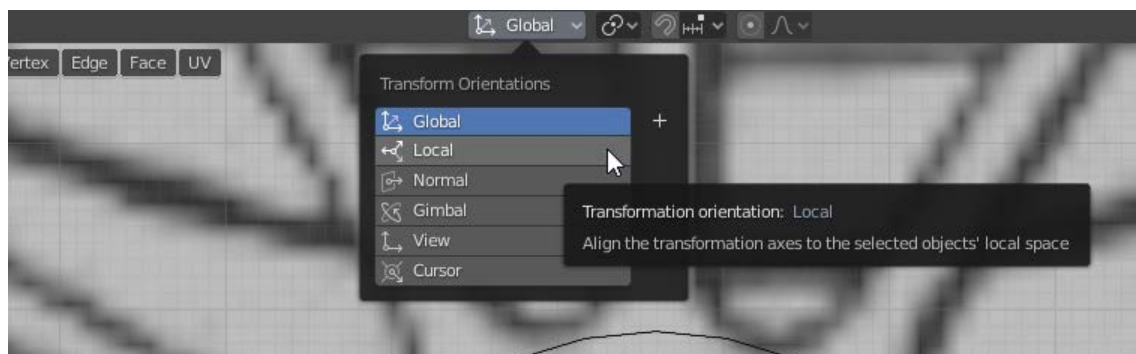


*Fig. 22 Propiedades de un eje*



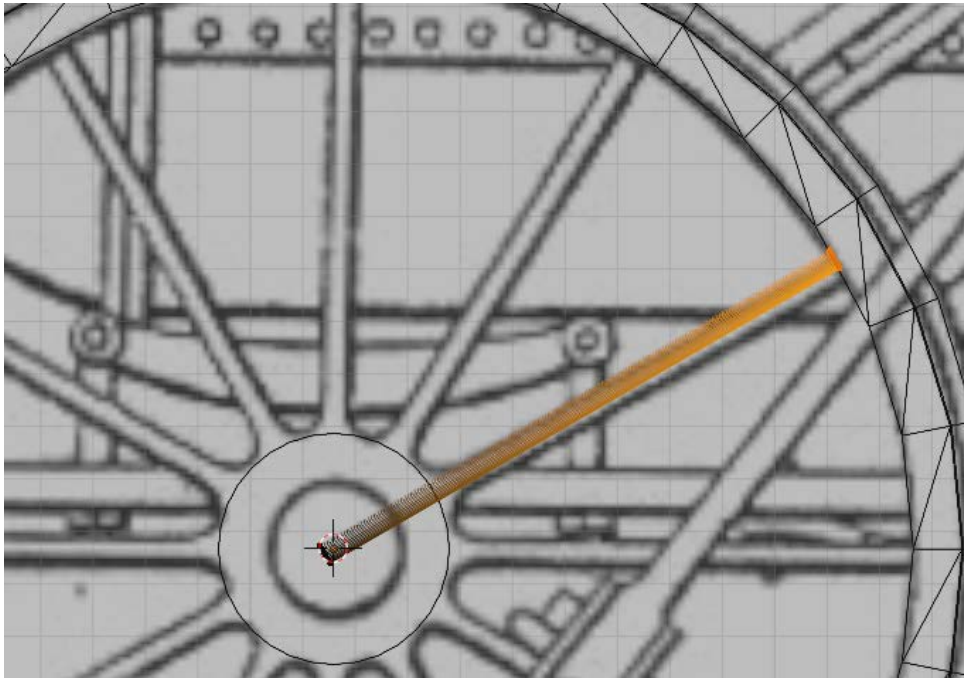
*Fig. 23 Posicionar el eje y escalarlo*

Ahora vamos a hacer un cambio en relación a como se aplica y usan las transformaciones, vamos a pasar de tomar coordenadas globales a locales, Fig. 24. De esta forma nos será mucho más sencillo el aplicar las siguientes transformaciones.



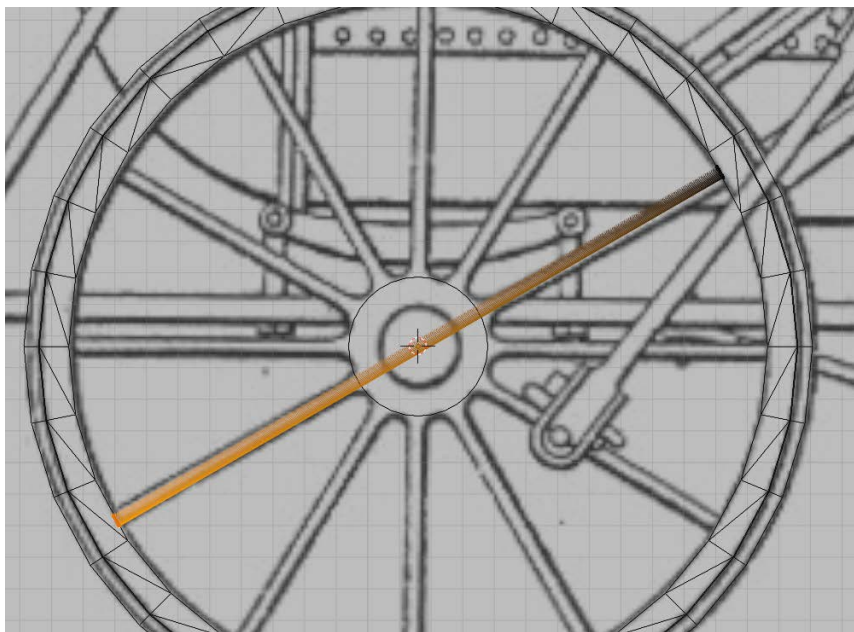
*Fig. 24 Cambio de coordenadas globales a locales*

Una vez hecho esto cambie al modo de edición y seleccione el vértice del extremo derecho del eje que estábamos creando y desplácelos (GKEY) en el eje Z, como se ve en Fig. 25.



*Fig. 25 Colocar el eje*

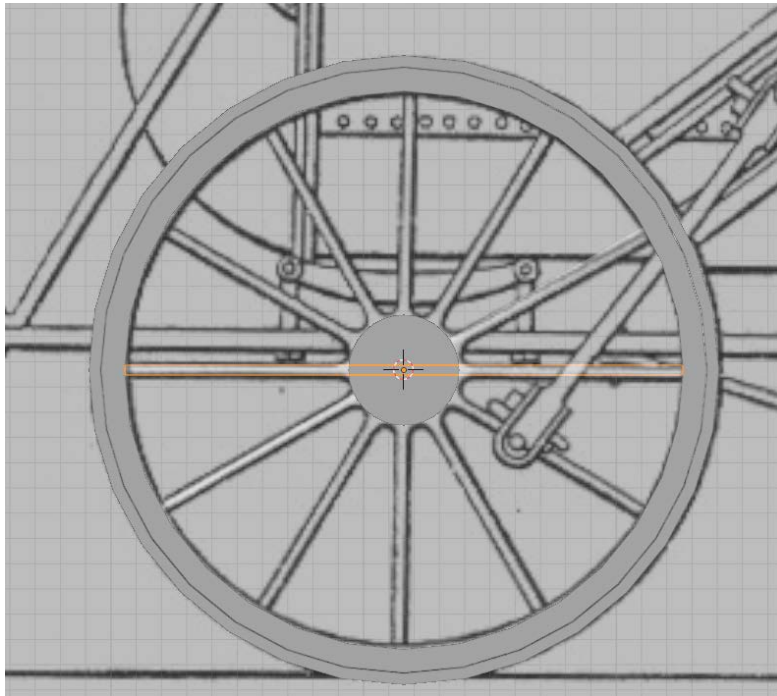
Repitiendo el proceso para el otro extremo debiera de quedar de manera similar a Fig. 26



*Fig. 26 Colocando el otro extremo del eje*

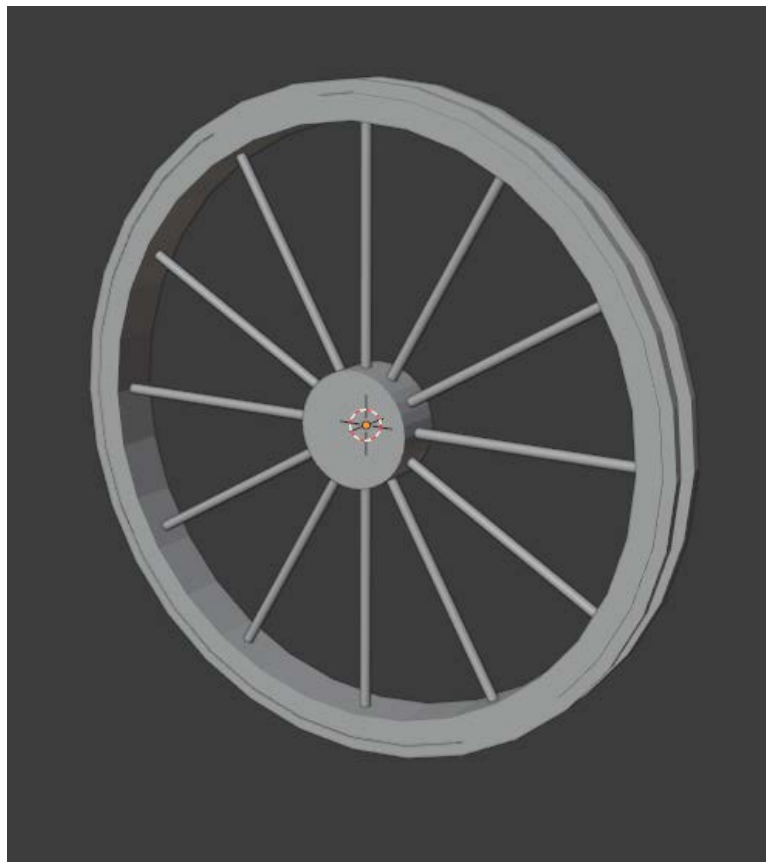
Salga del modo de edición (TAB) y vuelva al modo de vista sólida. Con el eje seleccionado, presione SHIFT + DKEY para duplicarlo y acto seguido RKEY + 30, con el fin de rotar la copia 30 grados, el resultado de este proceso debiera de ser como se ve en Fig. 27





*Fig. 27 Replicar los ejes*

Repetir el proceso 4 veces hasta obtener todos los ejes con un resultado similar al que se ve en Fig. 28.



*Fig. 28 Modelo de la Rueda*

Para rematar seleccione en primer lugar todos los radios de la rueda, después el eje central y por último la Rueda. Unirlos en un solo objeto CTRL + JKEY.

Finalmente, **acordarse de volver a poner las coordenadas en las globales del objeto.**

## Modelando la biela

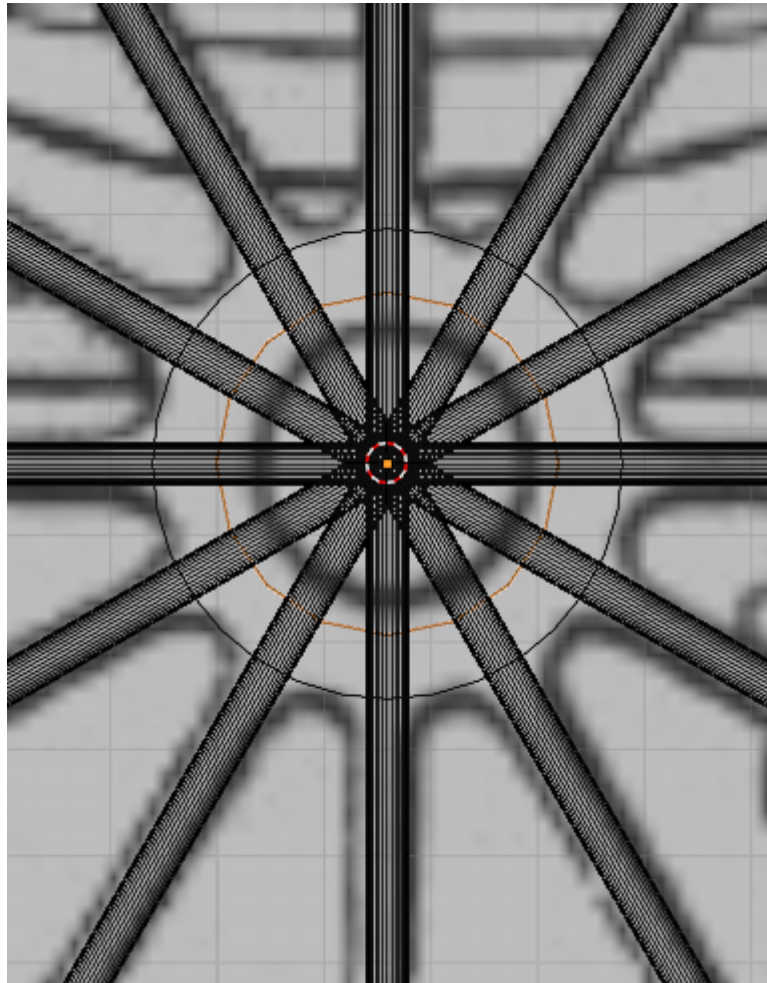
Hemos acabado con el primero de los elementos que componen el eje de tracción que estamos modelando, el siguiente punto será modelar la biela, que es el elemento encargado en la vida real de transformar el movimiento lineal del pistón en un movimiento circular.

Como primer punto selecciona la Rueda y posiciona el Origen en la geometría como ya vimos en la Fig. 18 y volvemos nuevamente a posicionar el cursor 3D en este punto como en Fig. 12. En este punto vamos a añadir un círculo con las propiedades que se muestran a continuación en Fig. 29.



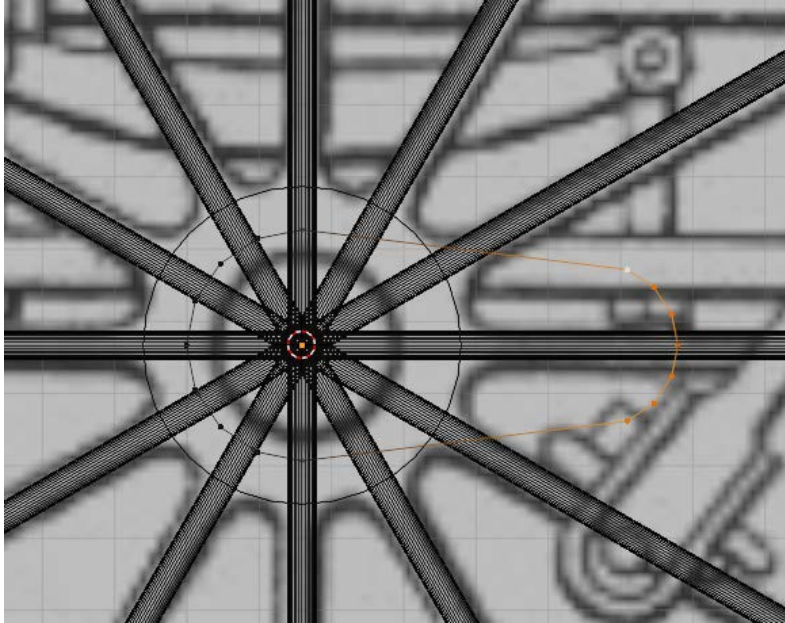
*Fig. 29 Propiedades de la biela*

Llamar especialmente la atención sobre el número de vértices y el método escogido para rellenar la figura. El resultado si se pone en Wireframe mode debiera de ser algo como Fig. 30 en donde el círculo resultante deberá de ser un poco más pequeño que la parte central del eje de la Rueda.



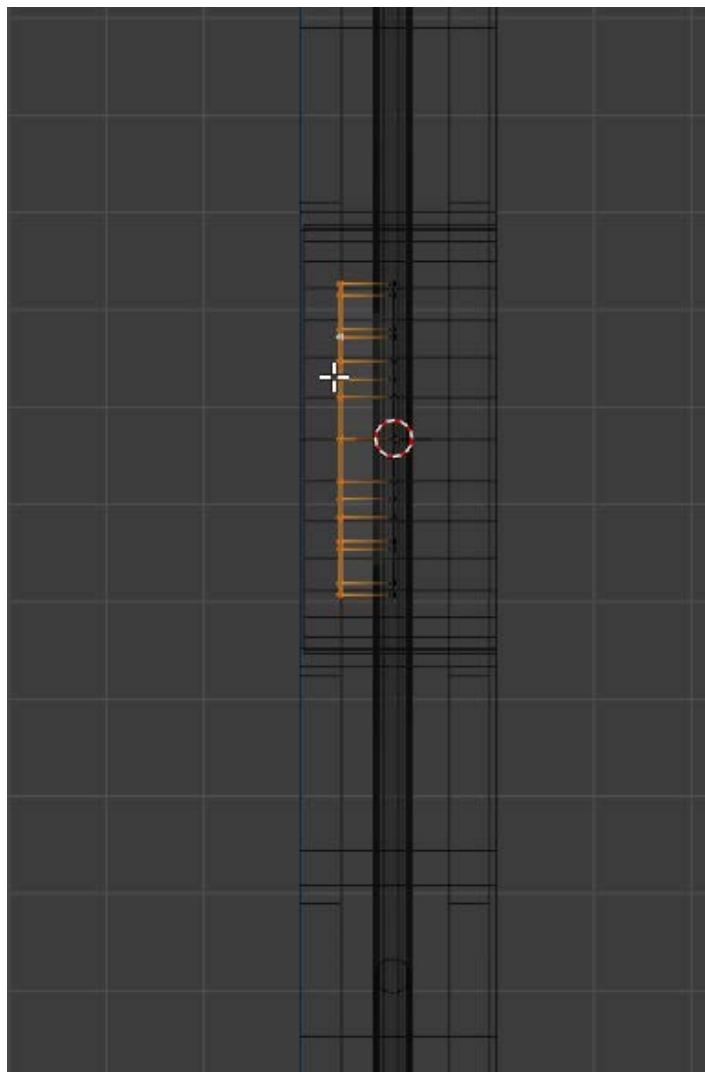
*Fig. 30 Colocar la biela*

Presione TAB para entrar en el modo de edición y seleccionando los 7 vértices que está a la derecha moverlos a lo largo del eje X, para a continuación escalarlos ligeramente más pequeños como se ve en Fig. 31



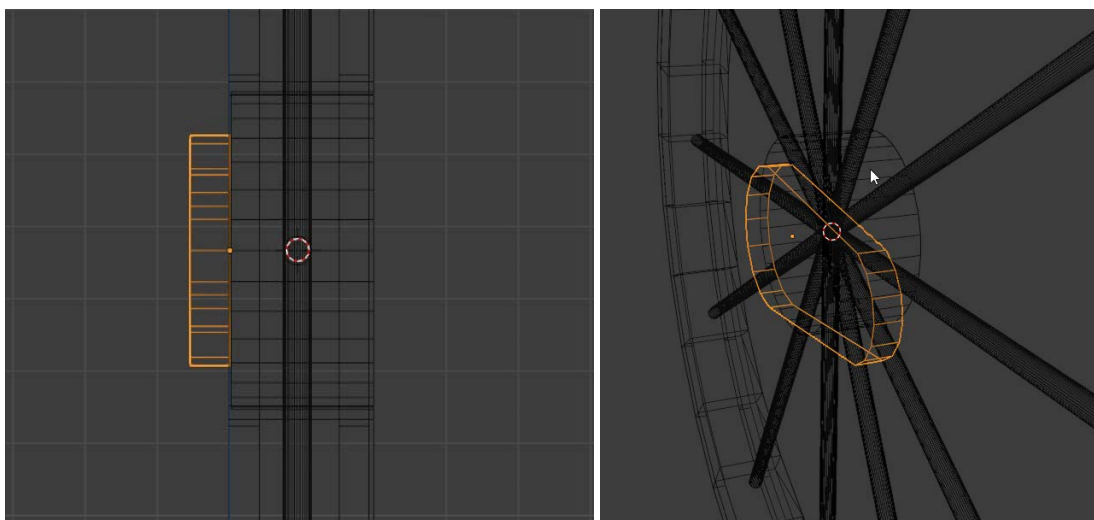
*Fig. 31 Crear la forma*

Una vez obtenida esta forma, seleccionaremos todos los vértices (AKEY) y desde la vista lateral extrusionaremos ligeramente el resultado, como se ve en Fig. 32.



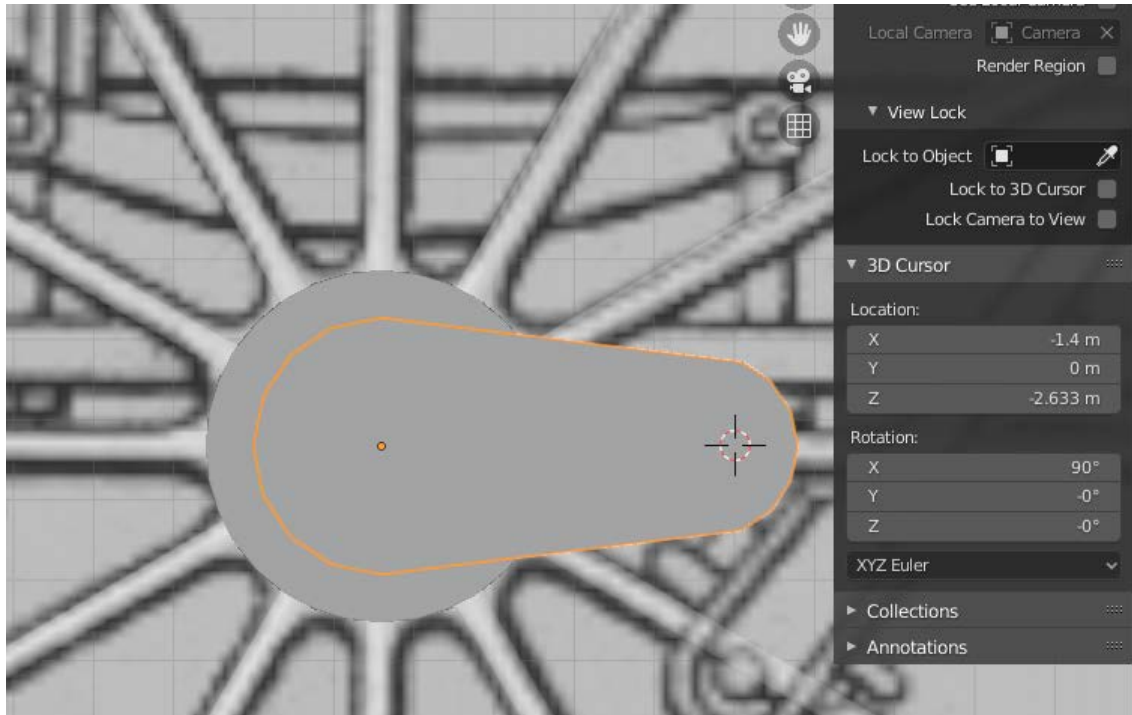
*Fig. 32 Extrusionar la forma*

Una vez hecho esto, volver al modo de objeto (Object mode) y mover en el eje Y el objeto recién creado hasta que quede por encima de la parte central de la rueda. Como se ve en Fig. 33



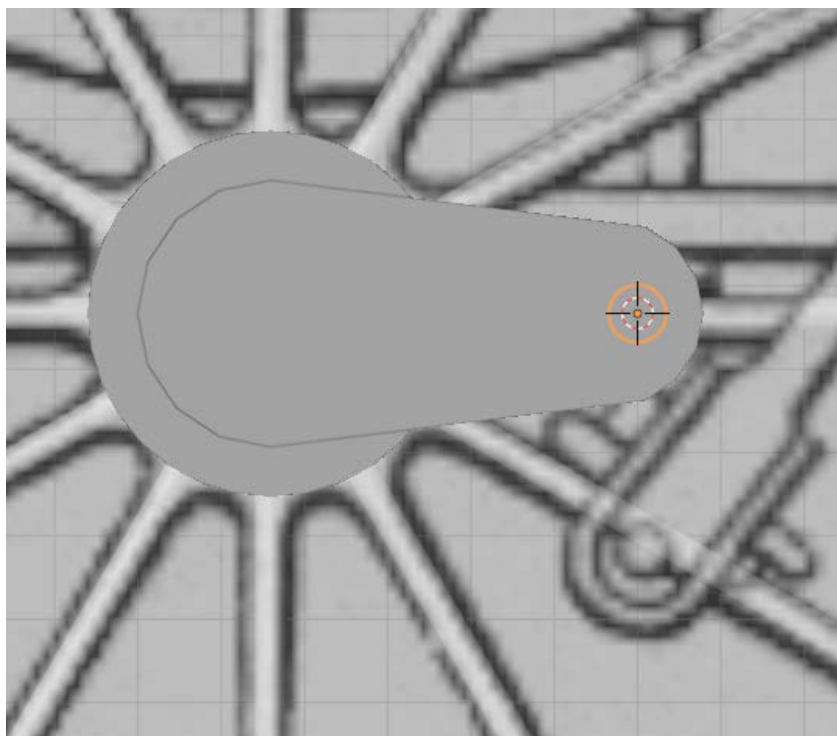
*Fig. 33 Liberar la biela*

Por último renombrar el objeto como Biela y volver al modo Sólido. A continuación, posicionar el cursor 3D cerca del final derecho de la biela, tal como se aprecia en Fig. 34.



*Fig. 34 Posicionar el cursor 3D en uno de los extremos de la biela*

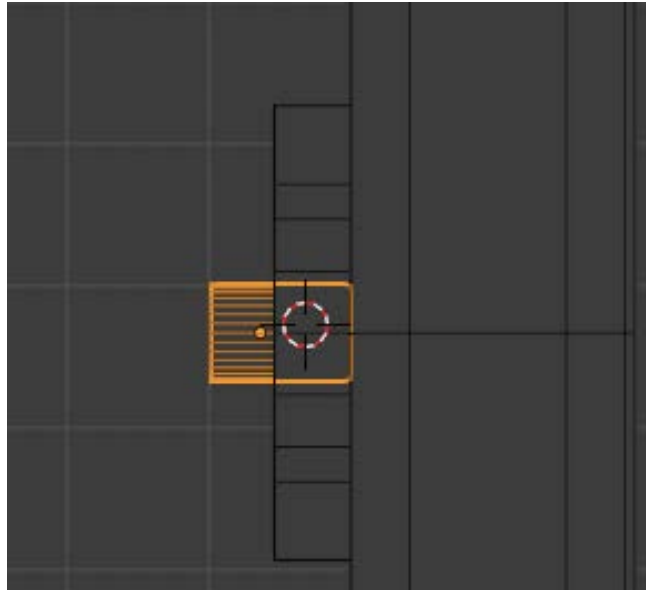
Una vez aquí, añadiremos un cilindro, lo rotaremos 90 grados en X y lo escalaremos de manera similar a como se ve en Fig. 35.



*Fig. 35 Añadiendo el perno*

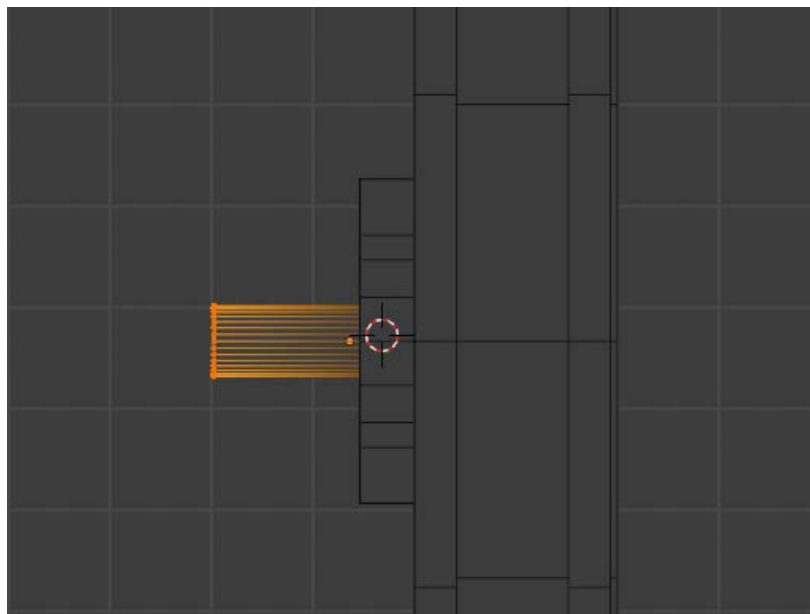


Una vez insertado nos moveremos a la vista lateral, con el fin de alinear la parte derecha del objeto con la parte derecha de la Biela, tal como se muestra en la Fig. 36



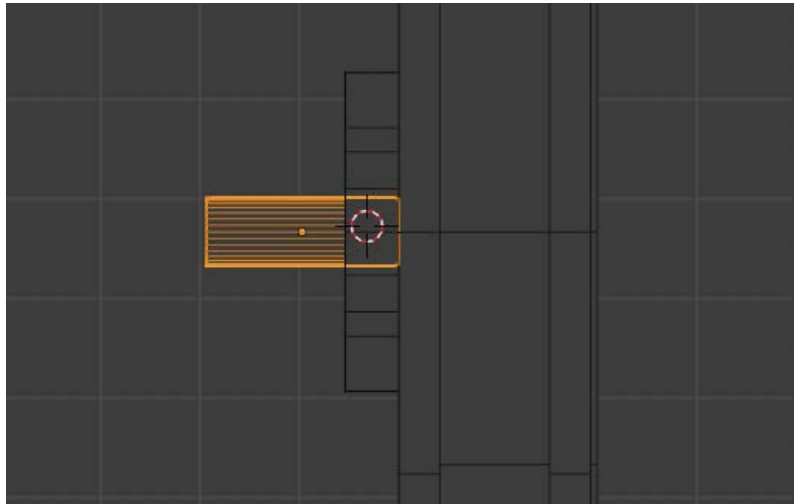
*Fig. 36 Alinear el perno con la Biela*

Alargar ligeramente el perno a la izquierda, para ello vamos a cambiar al modo de edición, seleccionar los vértices que están a la izquierda moverlos (GKEY) a lo largo del eje Y (YKEY) para obtener una forma similar a la que se muestra en Fig. 37



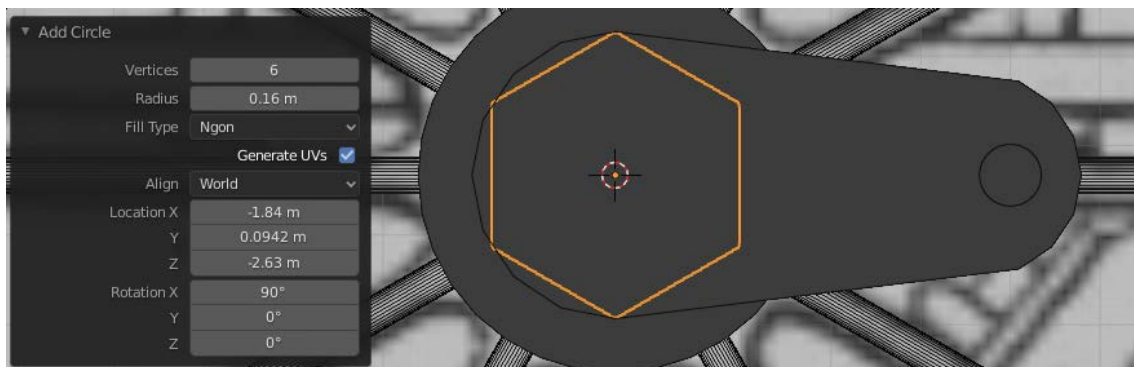
*Fig. 37 Establecer el tamaño del perno*

Una vez obtenido esto, renombrar el objeto como Perno\_Biela. Ahora lo que vamos a hacer es un remache para este perno. Para ello, lo primero es volver al modo de Objeto y establecer el origen del Perno\_Biela en el centro geométrico. Tal y como se calculó en otras ocasiones, esto se conseguirá mediante la opción “Origin to Geometry”.

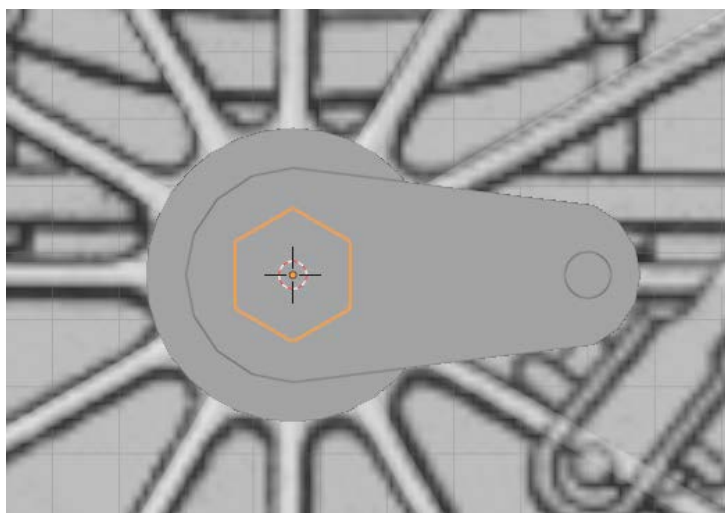


*Fig. 38 Recalcular el origen al centro geométrico del objeto*

Ahora, deselectione todo, pase a vista frontal y seleccione el objeto Rueda. A continuación, ponga con SHIFT + SKEY el cursor 3D en el centro de la selección. Una vez el cursor esta en este punto, vamos a añadir un círculo relleno con sólo 6 vértices (Fig. 39), el cual rotaremos 90 grados tal como aparece en la imagen antes mencionada. Finalmente lo escalaremos para que sea más pequeño que el diámetro de la Biela como se ve en Fig. 40.

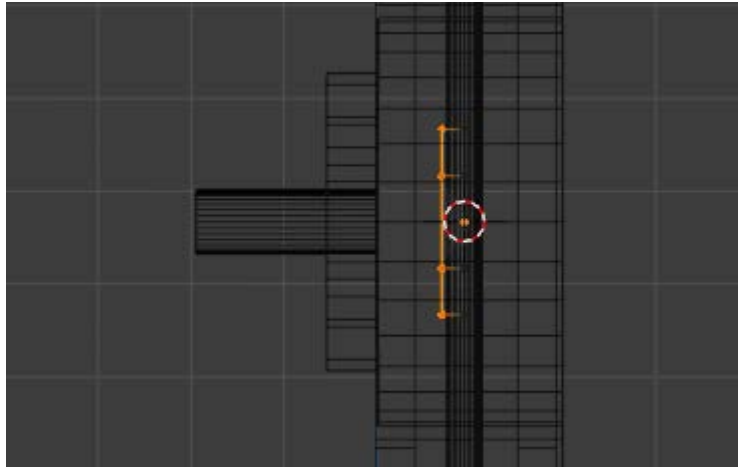


*Fig. 39 Propiedades de la tapa*

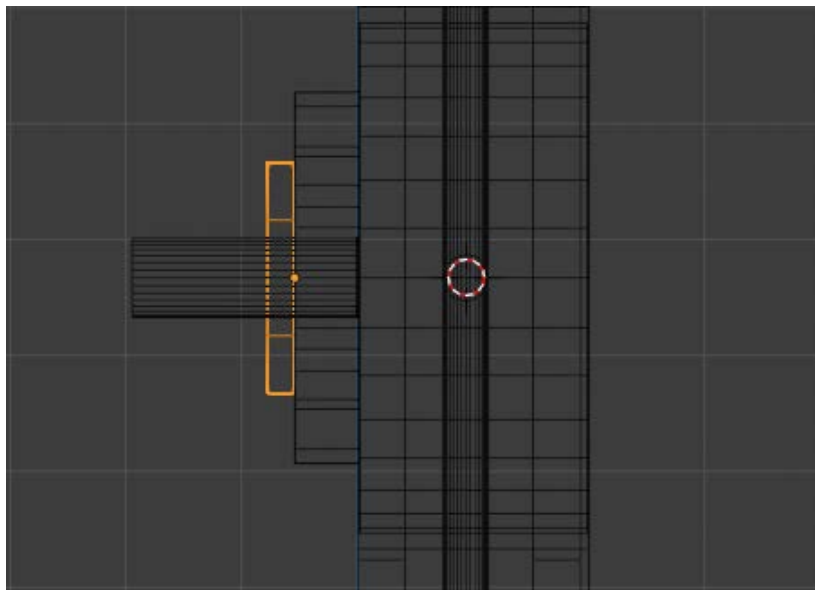


*Fig. 40 Redimensionar la tapa*

Nuevamente, cambie al modo de Edición, con los vértices seleccionados y desde la vista lateral extrusione ligeramente la forma para crear un objeto (Fig. 41). Y nuevamente mover el objeto resultante en el eje Y hasta que esté alineada la parte derecha del mismo con la parte izquierda de la Biela, como se ve en Fig. 42.



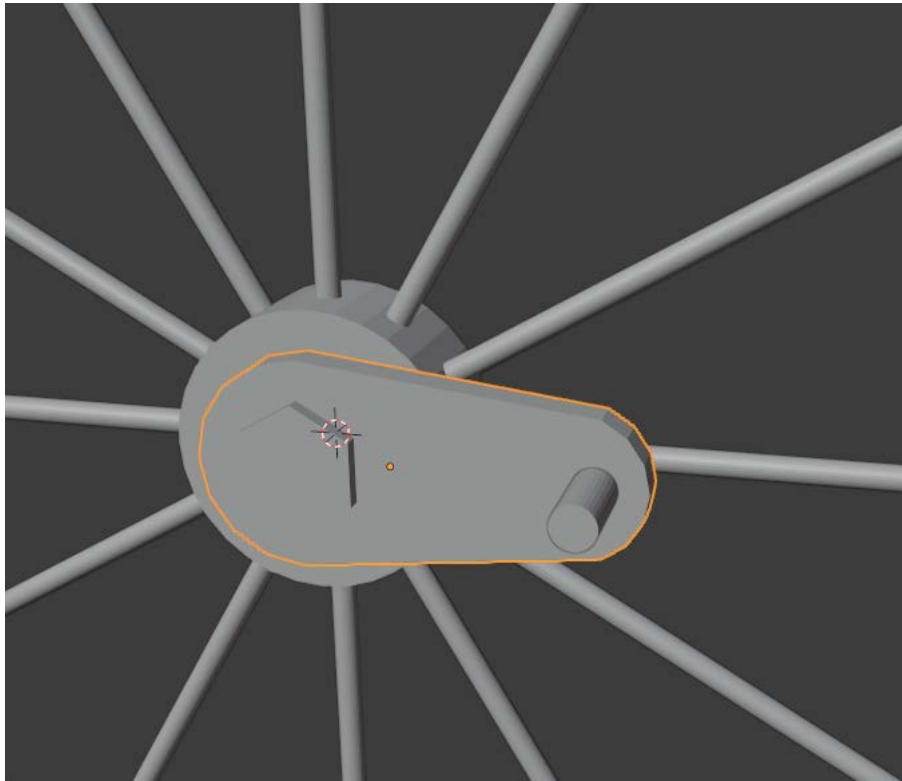
*Fig. 41 Extrusionar la Tapa*



*Fig. 42 Colocar la tapa en su posición*

Con este objeto seleccionado, a continuación, seleccionar la Biela y unirlos en un solo elemento con CTRL + JKEY. Después establecer el Origen del nuevo Objeto Biela en el centro geométrico como ya hemos hecho antes.

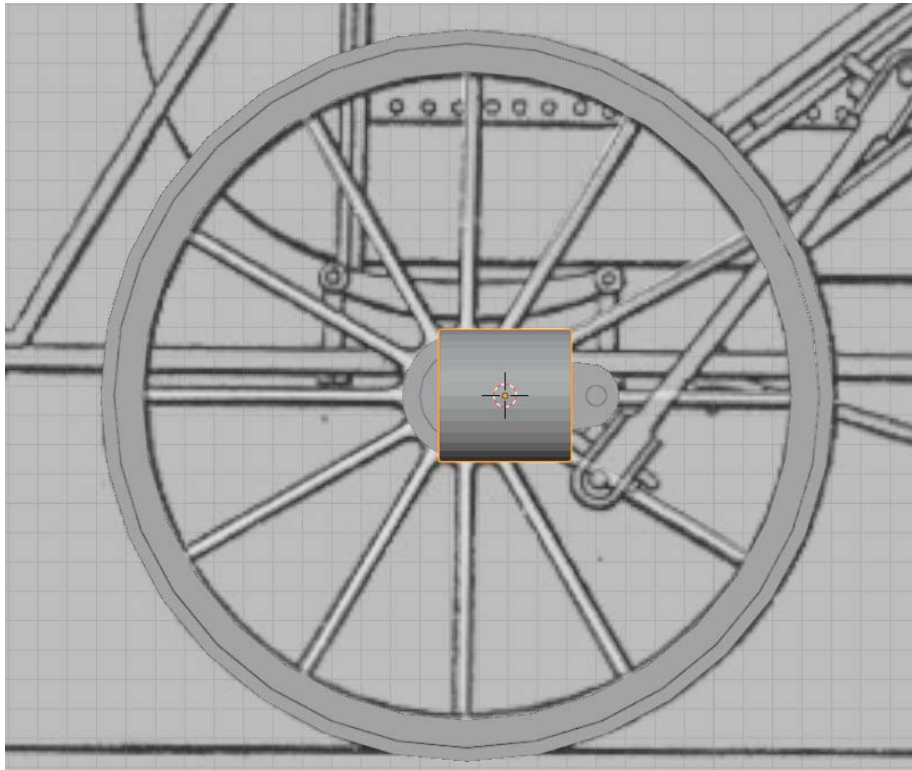
Ahora mismo debiera de haber 3 objetos, Rueda, Biela y Perno\_Biela.



*Fig. 43 Biela resultante*

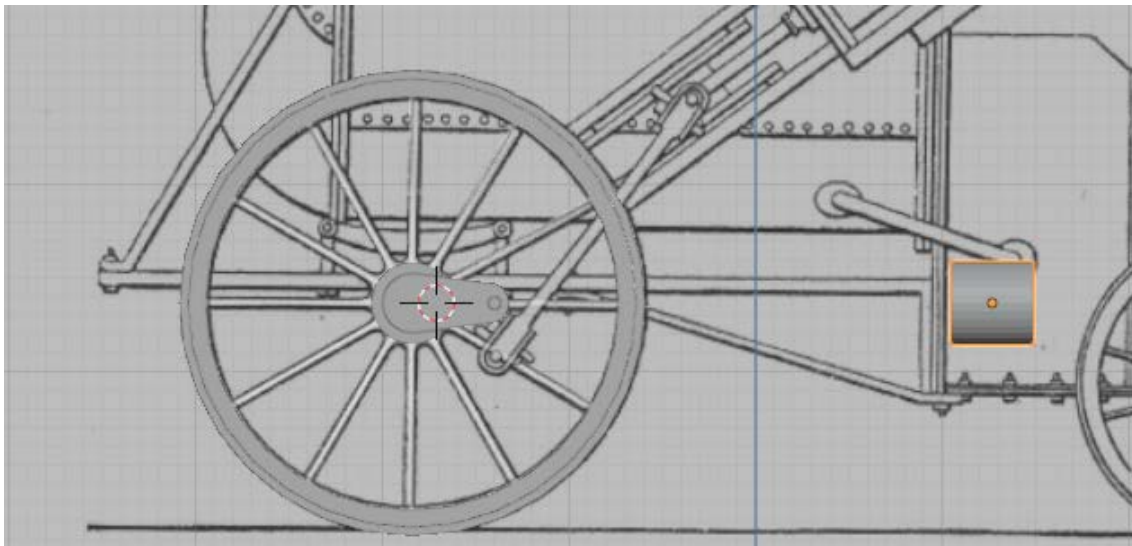
### Creando el Pistón

El siguiente paso será seleccionar la Biela y posicionar en la vista frontal. A partir de aquí, colocaremos el cursor en el centro geométrico de la Biela (SHIFT + SKEY). Una vez el cursor 3D está en esta posición, añadiremos un cilindro que rotaremos 90 grados en el eje Y y escalaremos para que sea ligeramente mayor que el ancho de la Biela, como se ve en Fig. 44.



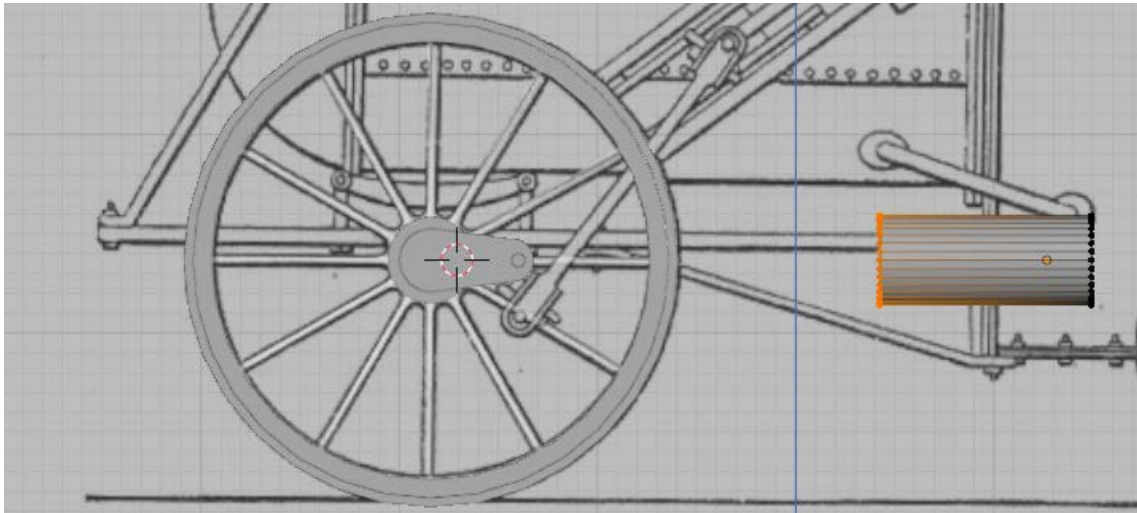
*Fig. 44 Creando la base del Pistón*

A continuación mueva el cilindro creado en el eje X hasta una posición como la que se ve en Fig. 45



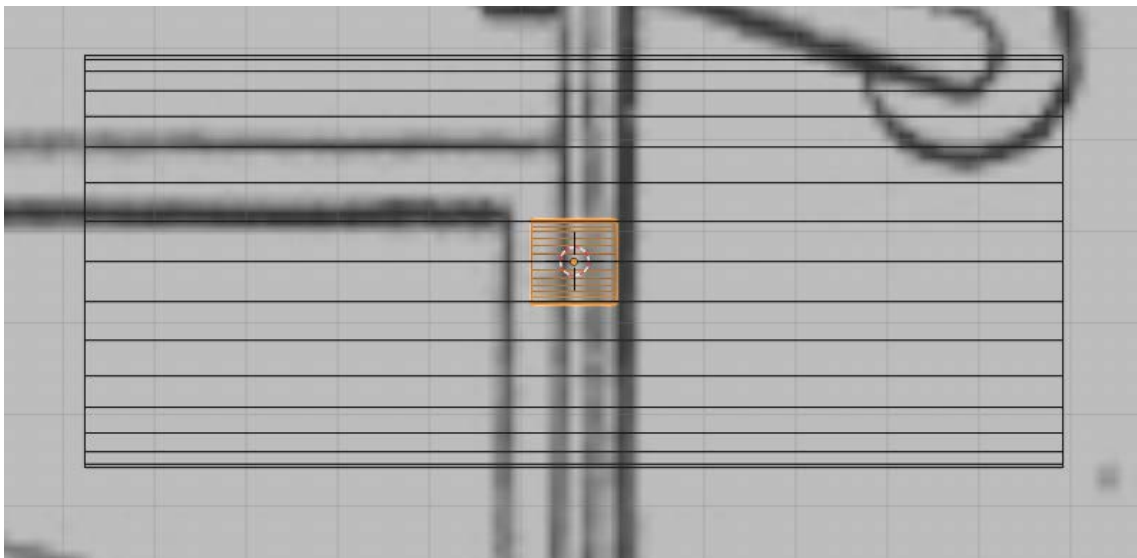
*Fig. 45 Mover el Pistón a su posición*

Para el siguiente paso será necesario entrar en el Edit Mode (TAB) y seleccionar los vértices del cilindro que se encuentran a la izquierda del mismo. Una vez hecho esto los desplazaremos hacia la izquierda como se ve en Fig. 46, de tal manera que crearemos la cámara del pistón. Finalmente renombre este objeto en la parte derecha como Pistón.



*Fig. 46 Creación de la cámara del Pistón*

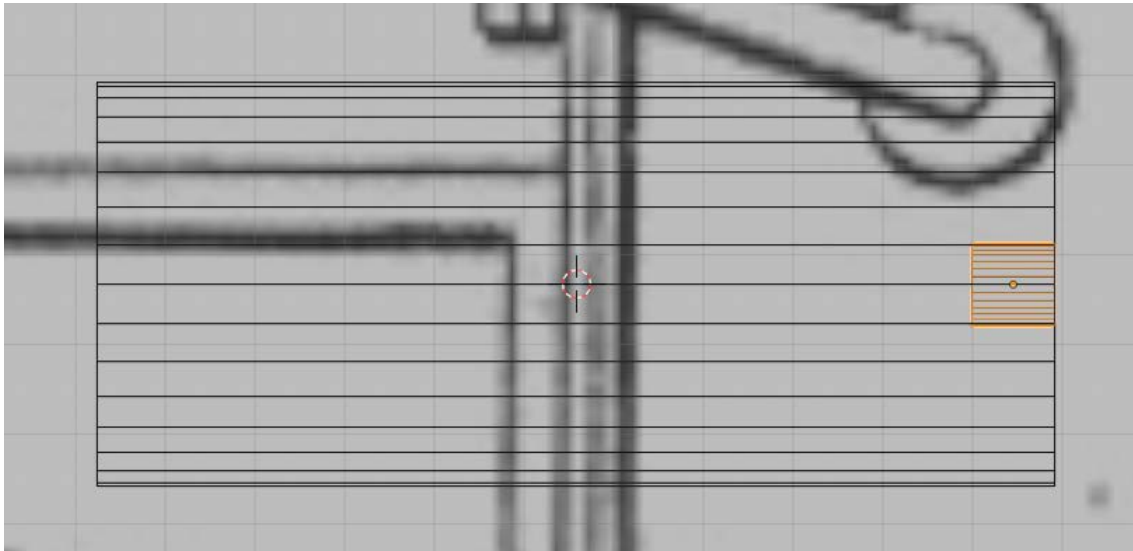
Salga del modo de Edición (TAB). Con el Pistón seleccionado, recalculé el origen para que sea el centro Geométrico del nuevo objeto (SHIFT +SKEY cursor to selected). Una vez haya completado este paso añadiremos un nuevo cilindro como se ve en Fig. 47, para esto lo rotaremos 90 grados en Y para escalarlo adecuadamente para que se convierta en la barra del pistón.



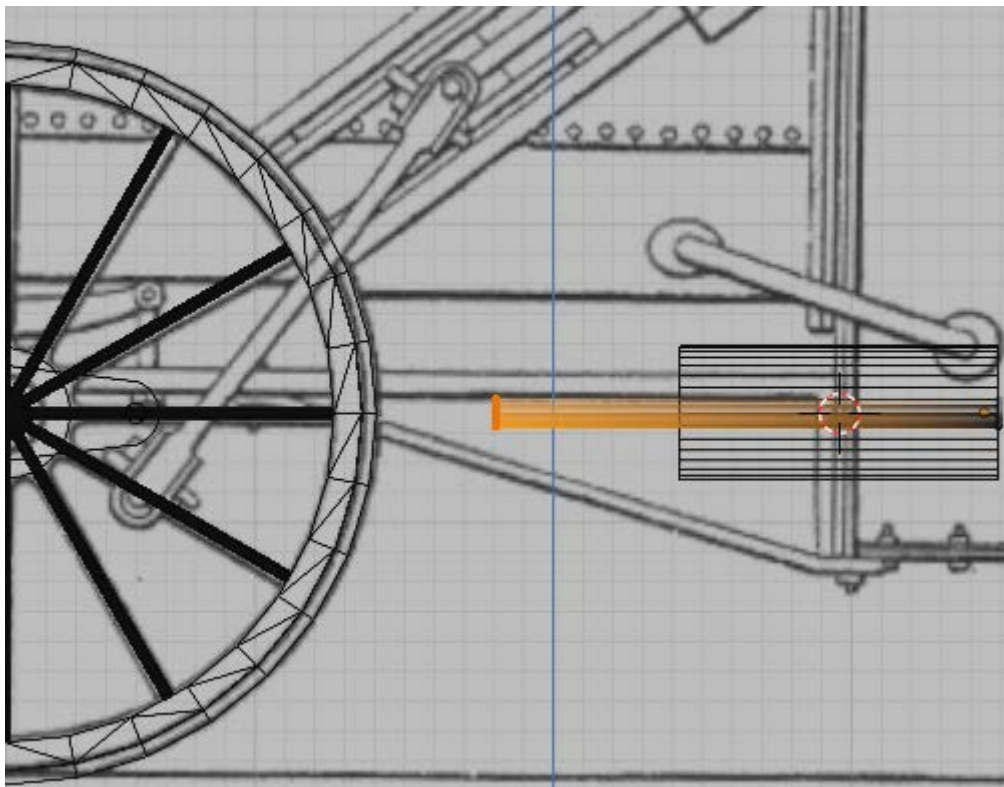
*Fig. 47 Crear la barra del pistón*

A continuación mover en el eje X el cilindro hasta el borde de la derecha del pistón como en Fig. 48. Una vez ubicado en este punto cambiar al modo de Edición y seleccionar solo los vértices de la izquierda de este cilindro. Desplazarlos a lo largo del eje X para crear una barra como la que se ve en Fig. 49.



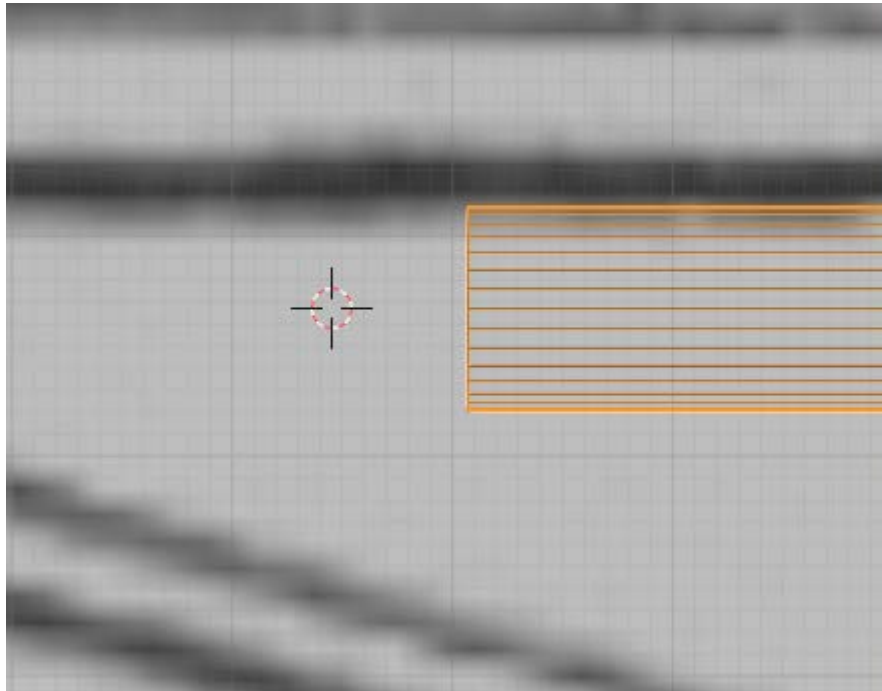


*Fig. 48 Reubicar la barra del pistón*

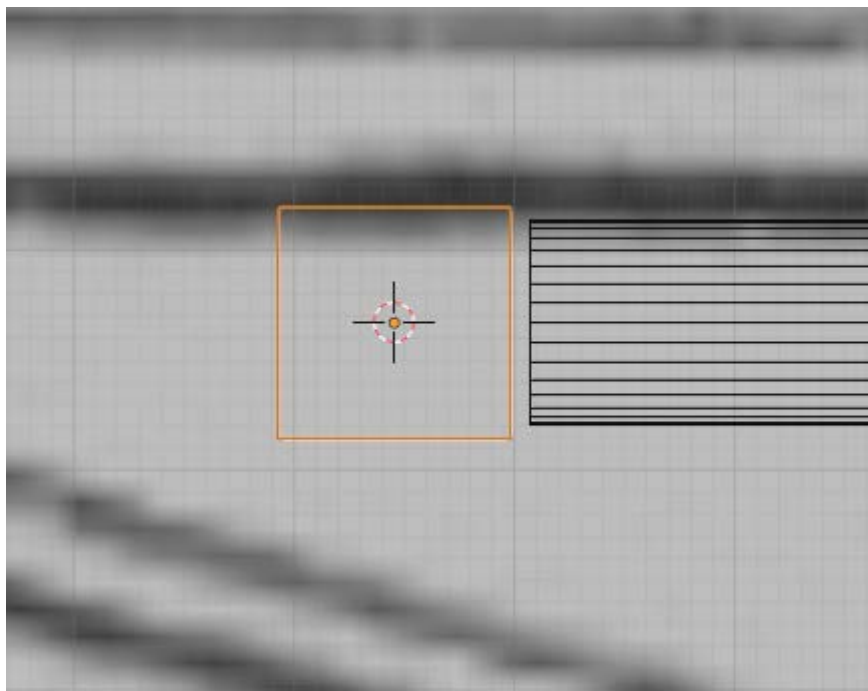


*Fig. 49 Redimensionar la barra del pistón*

En el siguiente paso, salir del modo de Edición (TAB) y colocar el cursor ligeramente por delante de la parte final de la barra, Fig. 50. En este punto añadir un cubo ligeramente mayor que el ancho de la barra como se ve en Fig. 51 (tamaño aprox. 0.1 m).



*Fig. 50 Colocar el cursor*



*Fig. 51 Añadir un cubo por delante de la barra del pistón*

Con este último cubo aun seleccionado, en la parte derecha ir a los Modificadores y añadir un Modificador Bevel o Biselar (Fig. 52) con un grado 0.5, Fig. 53.

En la versión de Blender 2.9 este modificador es diferente. Para que quede similar, hay que marcar la opción "Bordes", tipo de ancho "Desplazamiento" y Cantidad 0.025.

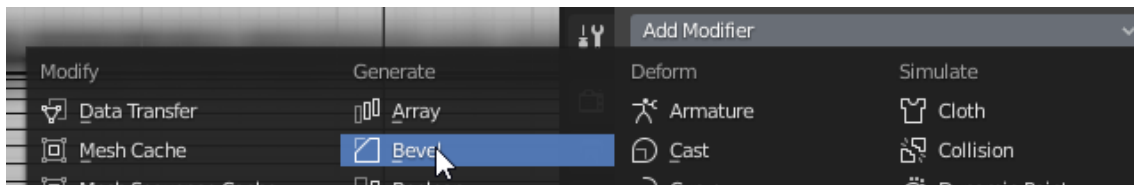


Fig. 52 Bevel Modifier

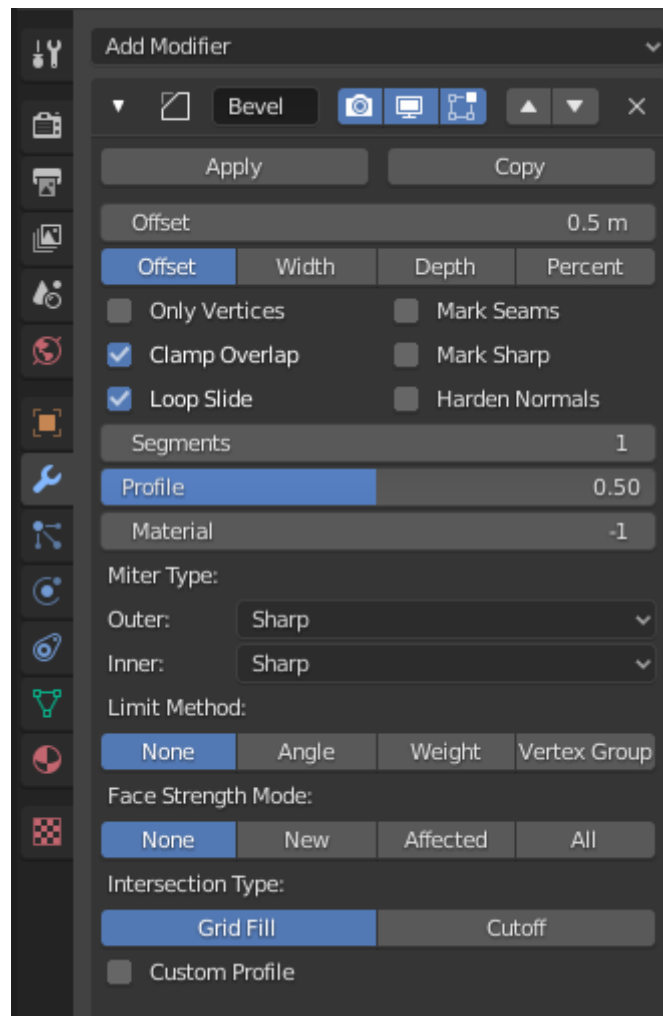
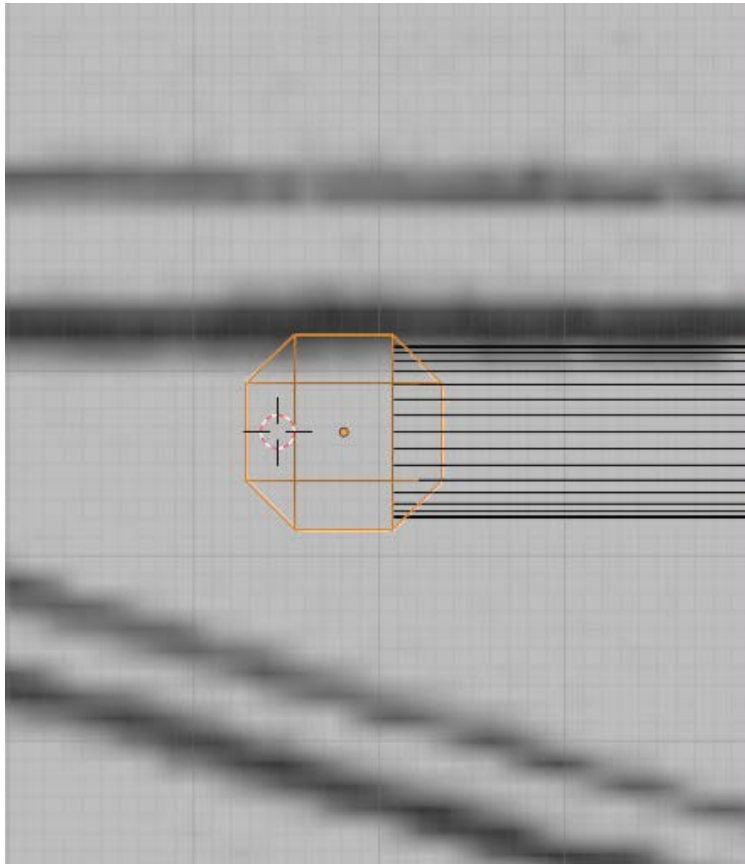


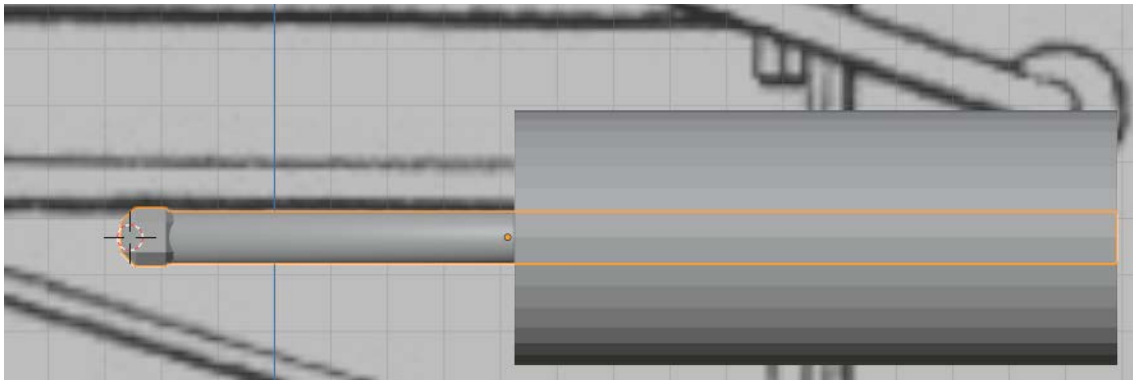
Fig. 53 Parámetros del Bevel Modifier

Aplicar los cambios correspondiente y posicionar el nuevo objeto como se muestra en Fig. 54



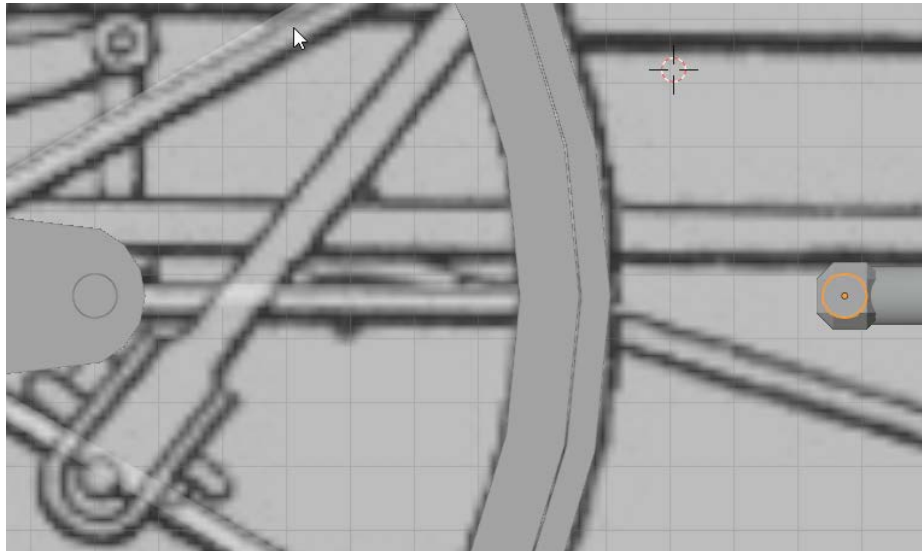
*Fig. 54 Posionar la rótula*

Una vez hecho esto, cambiar al modo sólido, seleccionar este último cubo y a continuación la barra del pistón. Unimos ambos objetos en uno solo (CTRL + JKEY) y renombramos el objeto como Barra\_Piston. A continuación, recalcular el origen de Barra\_Piston (Fig. 55)



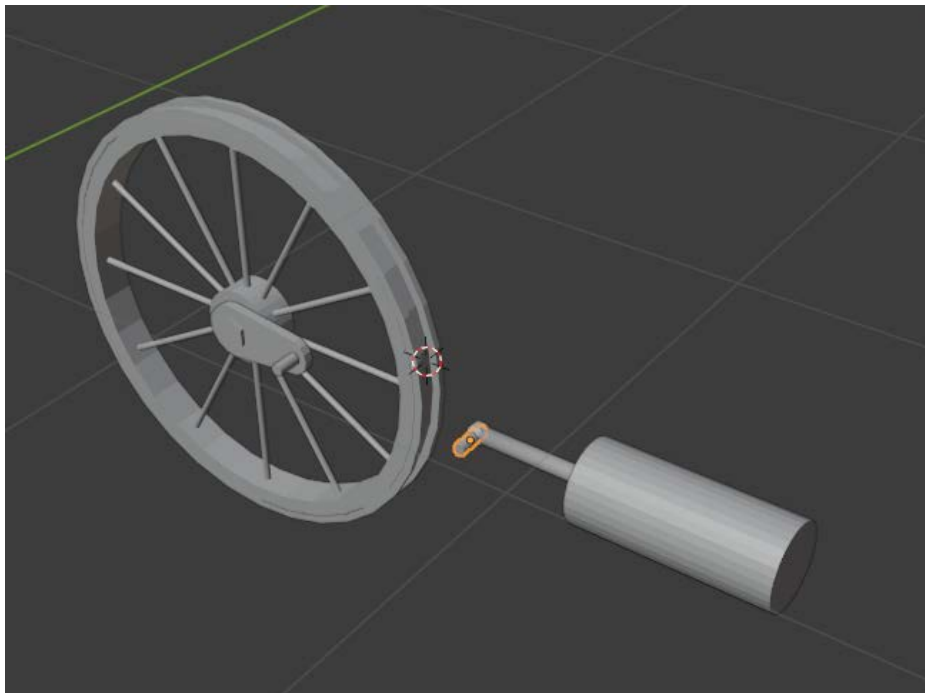
*Fig. 55 Recalculo del centro de la barra del pistón*

El siguiente paso será volver a seleccionar el Perno\_Biela y hacerle una copia con SHIFT + DKEY, tras lo que trasladaremos la copia en el eje X hasta posicionarla en la parte del final de la Barra\_Piston, tal como se muestra en la imagen Fig. 56, asegurándose de que está bien centrado. Renombre el objeto como Perno\_Rotula.



*Fig. 56 Copiar el perno*

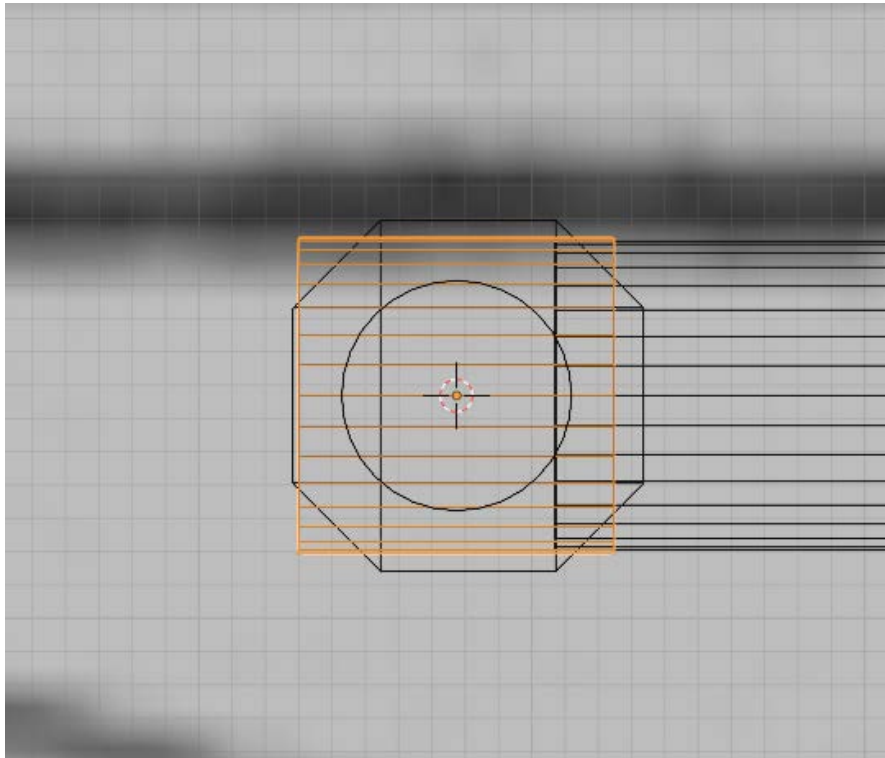
Con esto, el modelo quedaría como se muestra a continuación en la Fig. 57



*Fig. 57 Modelado de la rueda*

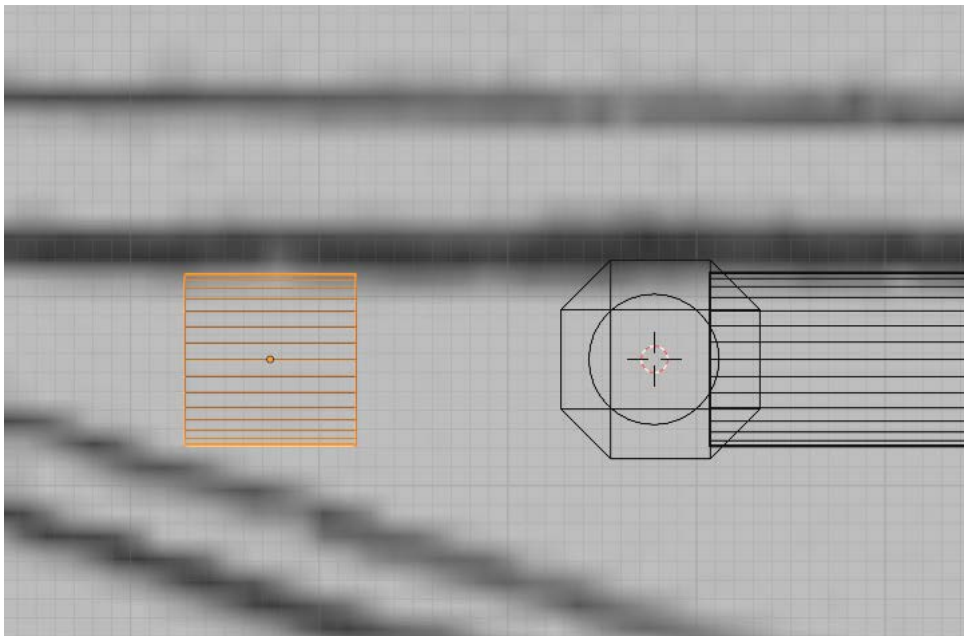
### Modelando el brazo de unión

Para conectar la Rueda y el Pistón, lo primero será irnos a la vista frontal. Desde está estando en el modo Wireframe seleccionaremos el objeto Perno\_Rotula y pondremos el cursor 3D en la selección, como ya hemos hecho antes. Es decir, presionaremos SHIFT + SKEY y seleccionaremos la opción "Cursor to Selected". Esto pondrá el cursor en el centro geométrico de este perno y, en este punto, añadiremos un nuevo cilindro, que rotaremos 90 grados en el eje Y, asegurándonos de rellenar los extremos. Dicho cilindro lo escalaremos como se muestra en Fig. 58



*Fig. 58 Creación de la barra de unión*

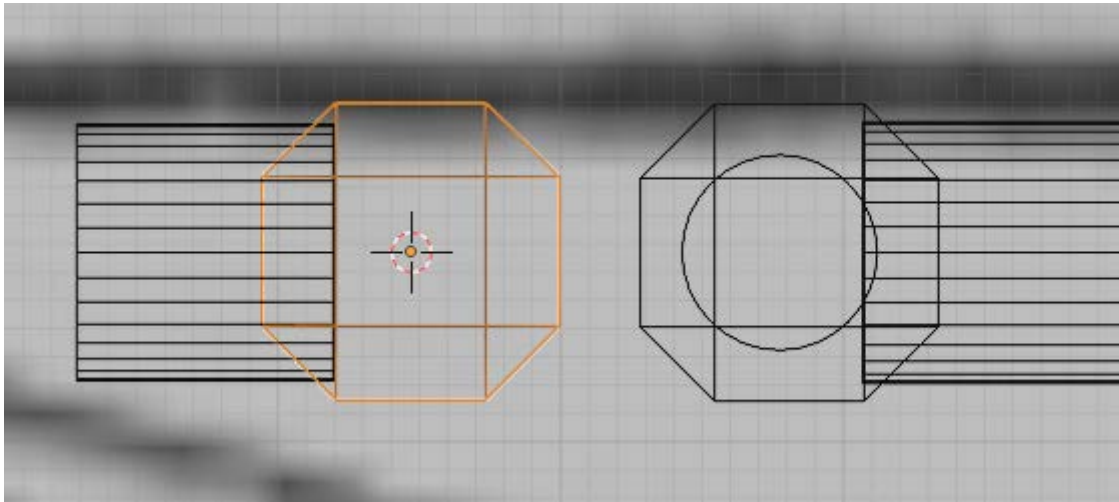
Una vez hecho esto y todavía con el cilindro desplázelo ligeramente a la izquierda a lo largo del eje X como se ve en Fig. 59



*Fig. 59 Mover la barra de unión ligeramente a la izquierda*

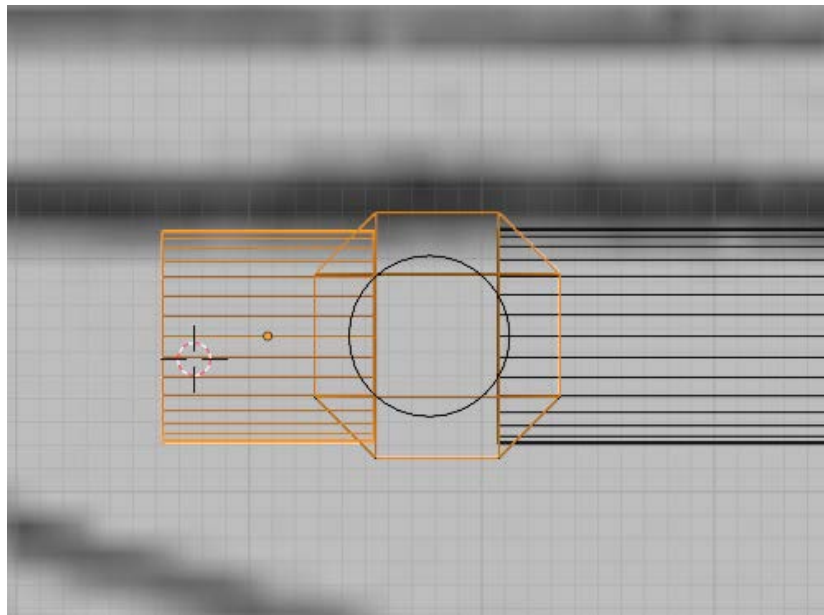
Una vez aquí, posicionar el cursor a la derecha de la barra de unión, y añadir un cubo como el que añadimos en el caso de la barra del pistón. Añadir el cubo en cuestión y aplicarle un modificador bevel como el mostrado en la Fig. 53, es decir con un valor de 0.5. Una vez hecho esto posicónelo como se muestra en Fig. 60



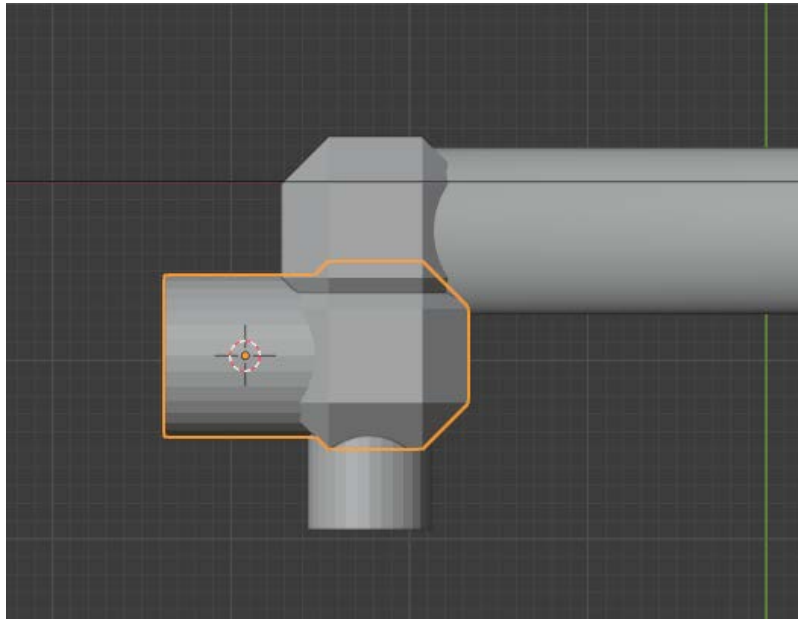


*Fig. 60 Colocar el terminal de la barra de unión*

A continuación, una vez hemos creado ambos objetos, presione CTRL + JKEY para unirlos en un solo objeto que llamaremos Barra\_Unión. Hecho esto, desplace el nuevo objeto hasta el Perno\_Rotula como se ve en Fig. 61

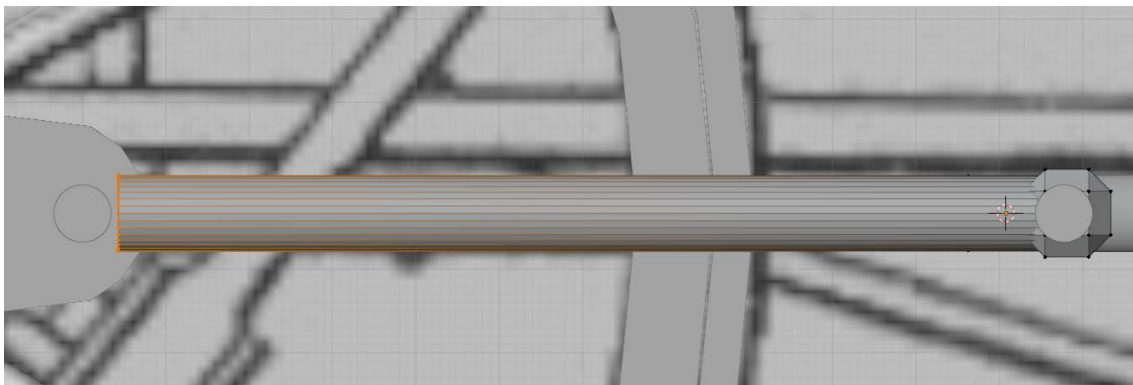


*Fig. 61 Mover la barra de unión a su posición encima del perno*



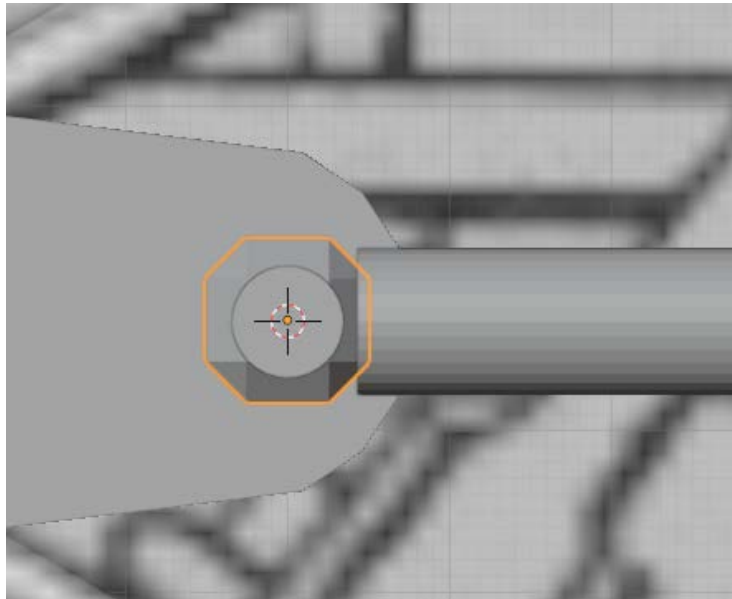
*Fig. 62 Vista superior en modo sólido*

Una vez que la barra esté colocada, cambiaremos a la vista frontal y entrando en el modo de Edición (TAB) y wireframe, seleccionaremos los vértices que se encuentran a la izquierda para, a continuación, extenderlo tal como se ve en la Fig. 63, hasta el lado derecho del Perno\_Biela.



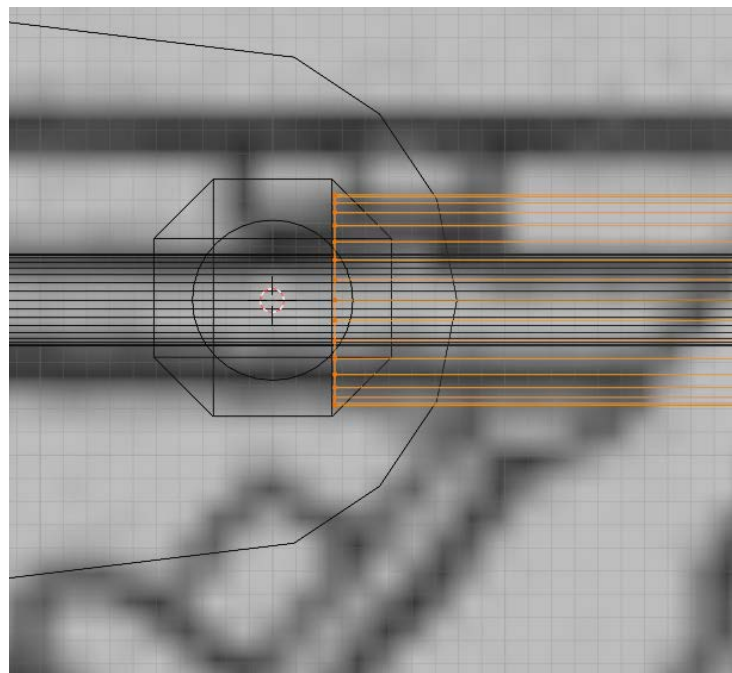
*Fig. 63 Extender la barra de unión hasta la Biela*

Una vez en este punto, saldremos del modo de Edición al de objeto y seleccionaremos el Perno\_Biela y posicionaremos el cursor 3D sobre este. Para repetir el proceso de creación del cubo con el modificador. En este caso seleccionaremos el Perno\_Biela, colocaremos el cursor3D sobre este y crearemos el cubo. Tras escalarlo y aplicarle el modificador Bevel el resultado debiera de ser similar a Fig. 64



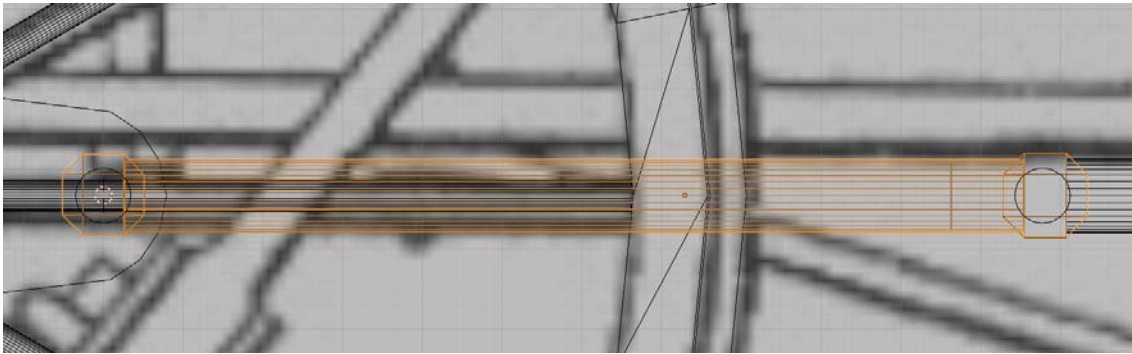
*Fig. 64 Crear el otro terminal del brazo de unión*

En una situación similar, ahora lo que haremos es cambiar al modo edición y seleccionar la parte izquierda de Barra\_Unión. De esta manera desplazando este extremo lo conectaremos al terminal como se ve en Fig. 65



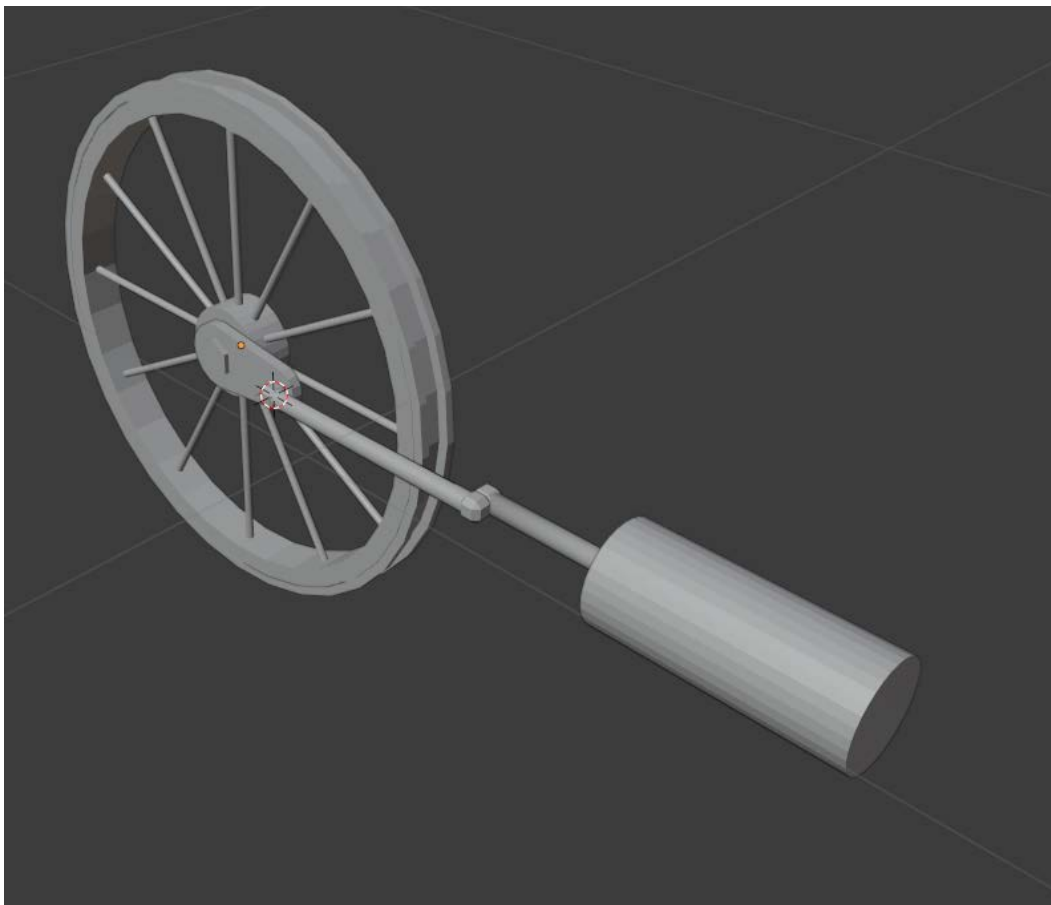
*Fig. 65 Ajustar la barra de unión*

Salga del modo de edición (TAB) para a continuación deseleccionar todo. Seleccione en primer lugar el nuevo objeto Cube, para a continuación seleccionar Barra\_Unión. Una vez hecho esto, únalos mediante el atajo CTRL + JKEY y recalculé el Origin de la figura al centro geométrico (Fig. 66)



*Fig. 66 Objeto con el Origen recalculado al centro geométrico*

Es posible que sea necesario ajustar el tamaño de los pernos para que queden en el interior de las cabezas que hemos creado pero el resultado debiera de ser como el que se muestra en Fig. 67



*Fig. 67 Modelo completo*

### **Añadiendo limitaciones al movimiento**

En los siguientes pasos vamos a crear una serie de restricciones en los movimientos del modelo de tal manera que todos los mecanismos se muevan al unísono como si formaran parte del mismo engranaje real.

Así, en este caso, vamos a asociar el movimiento de la rueda para que tire del brazo y accione el pistón, un poco al contrario de lo que ocurriría en el mundo real, pero que para crear las animaciones correspondientes nos ayudaría.

Desde la vista frontal del modelo, pongamos el modelo en la vista sólida. Seleccionando la Biela, vamos al panel de restricciones que se encuentra en la parte inferior derecha (Fig. 68).

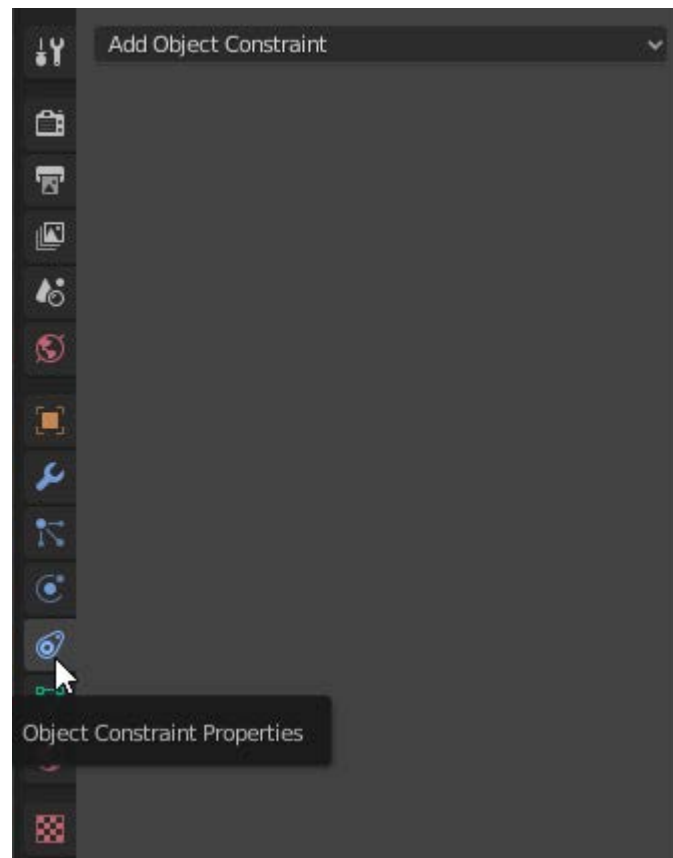


Fig. 68 Opciones de restricción

De entre las múltiples restricciones posibles, vamos a añadir una “Child Of”, subordinar, Fig. 69. Este tipo de restricción es similar a realizar un parenting pero nos permitirá determinar el como es la relación entre el “padre” y el “hijo”

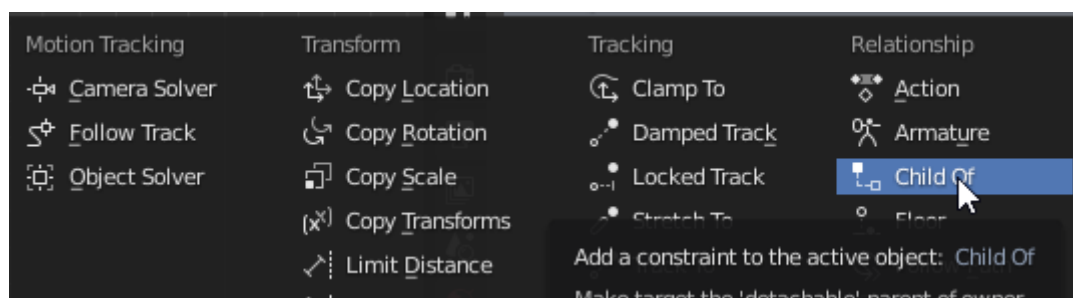


Fig. 69 Crear restricción Child Of

Seleccionando este, en el recuadro Target vamos a poner el objeto Rueda, de tal manera que la Biela será “hija” del objeto Rueda. Hágase de cuenta que el objeto de la Biela se ha desplazado en el entorno 3D (Fig. 70). Esto se debe a que la posición inicial de la Biela está afectada por la transformación aplicada a la rueda. Presione el botón “Set Inverse” (activar inversión) lo que recolocará la Biela en su posición original (Fig. 71).

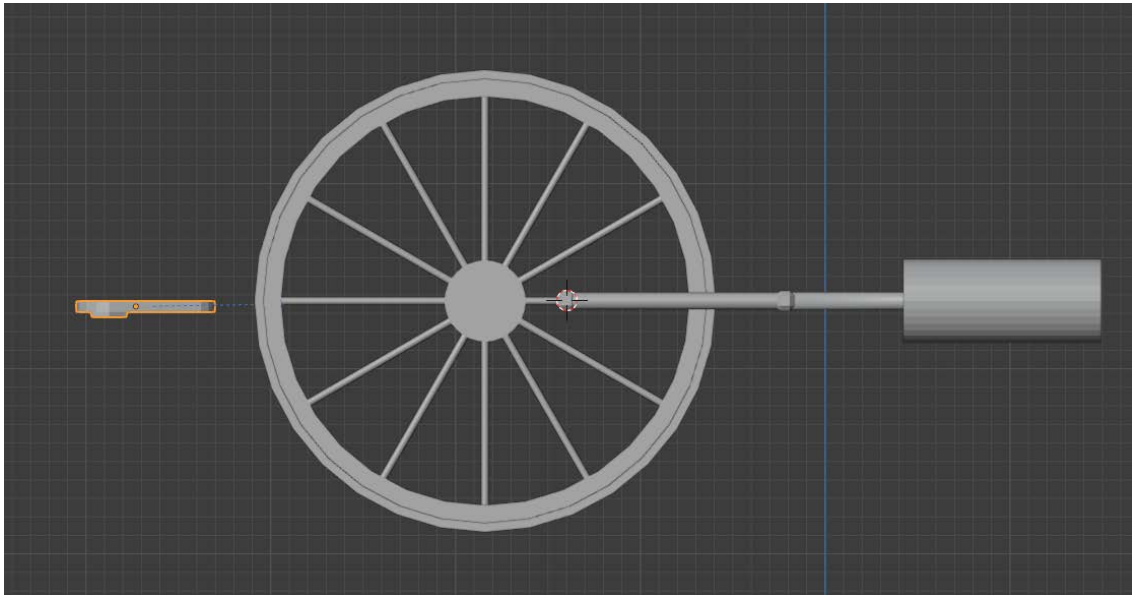


Fig. 70 Resultado de aplicar la restricción Child Of

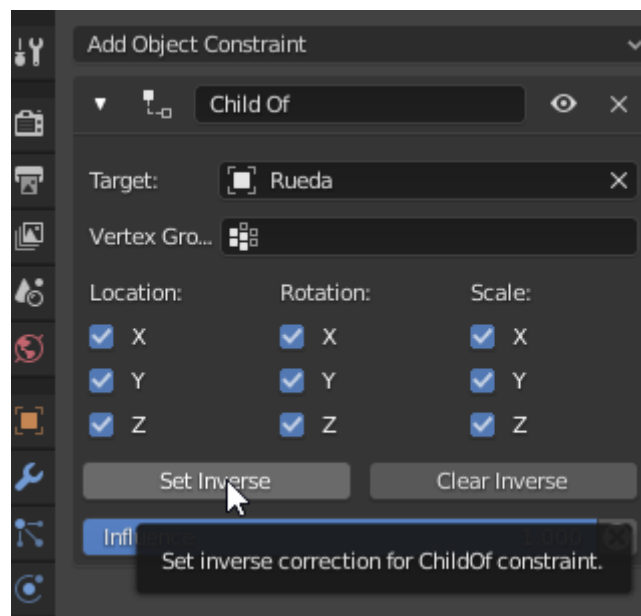


Fig. 71 Presionar Set Inverse

A continuación repetir el proceso con el Perno\_Biela estableciendo también una restricción Child Of sobre la rueda.

Ahora tanto Biela como Perno\_Biela debieran de ser “hijos” de Rueda por lo que, si seleccionamos la Rueda, y la rotamos presionando el atajo RKEY, estas debieran de seguir la rotación como en Fig. 72

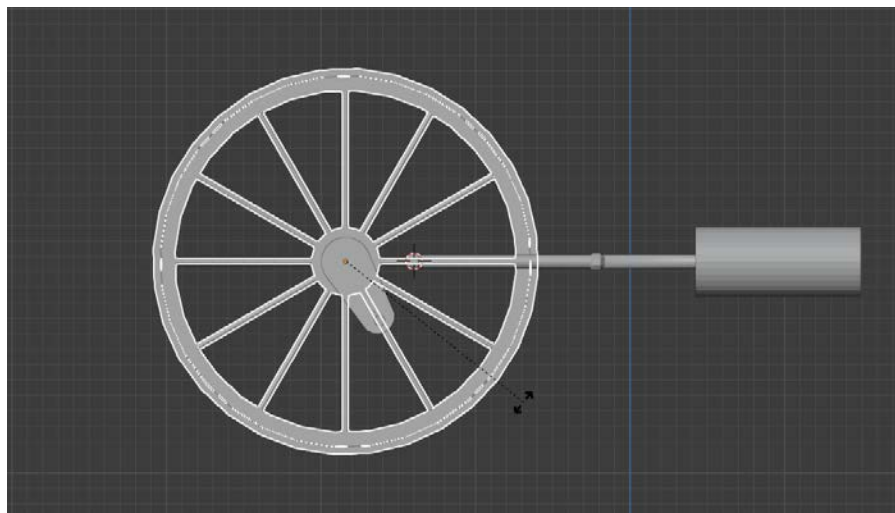


Fig. 72 Probando las restricciones

Deshaga cualquier rotación que haya aplicado y, a continuación, seleccione el Perno\_Rotula y añádale a este una restricción “Child Of” respecto de Barra\_Piston. Acuérdesse de presionar sobre “Set Inverse” en la transformación. Así conseguiremos que el perno se mueva con el brazo del pistón cuando éste se accione.

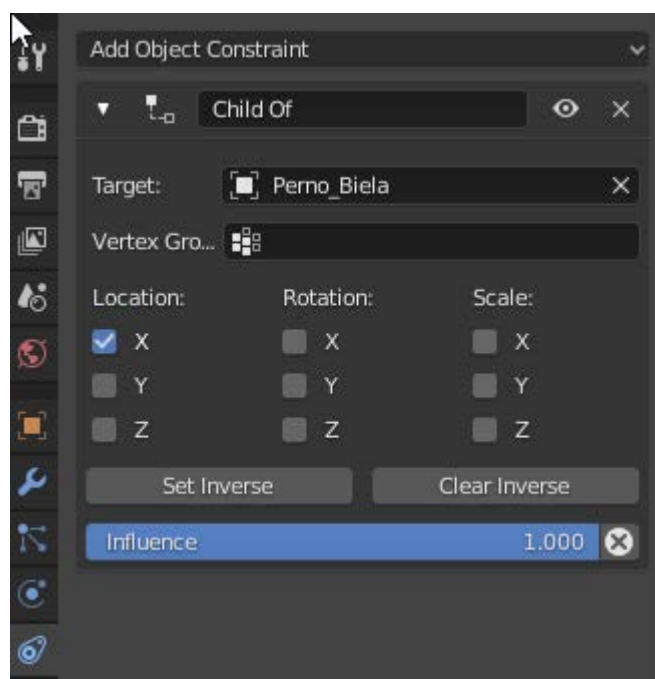
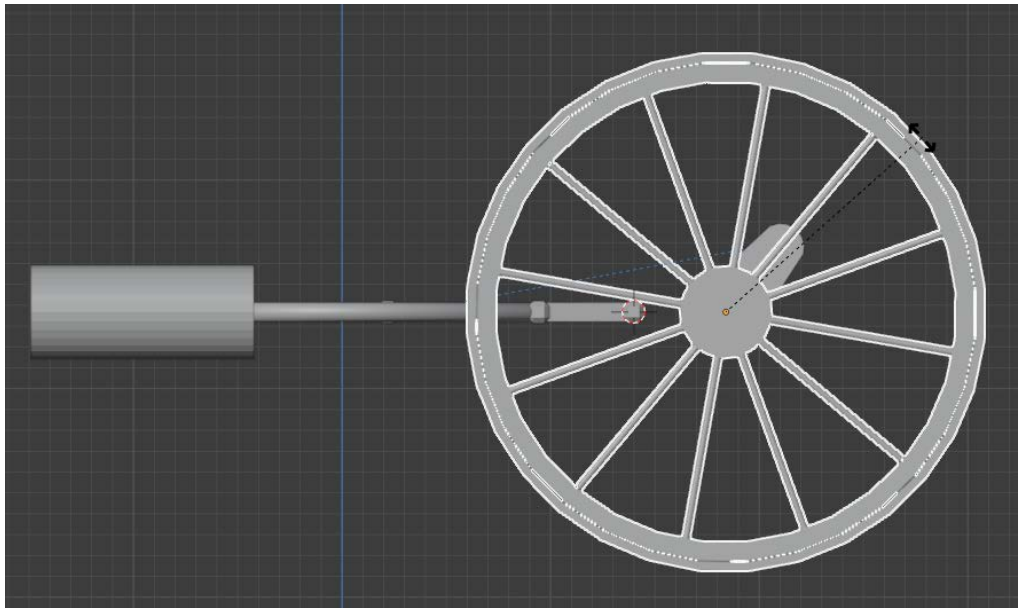


Fig. 73 Opciones de restricción para Barra\_Piston

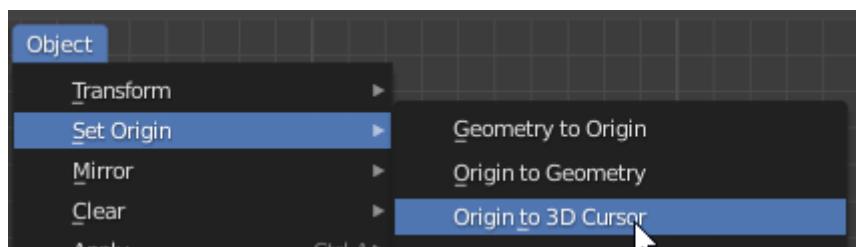
A continuación seleccione Barra\_Piston y establezca una restricción “Child Of”, pero en esta ocasión el objetivo de dicha relación será el Perno\_Biela. De esta manera, cuando se mueva el perno el brazo del pistón lo seguirá. Solo queremos este comportamiento para la posición en el eje X (Fig. 73), así que desmarque todas las otras opciones. Reposicione el objeto correctamente con el botón “Set Inverse”.





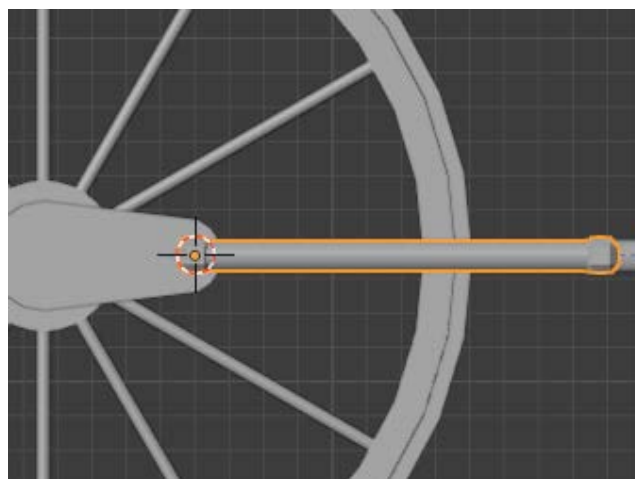
*Fig. 74 Comprobar que funciona la restricción*

De esta forma, ahora si seleccionamos la Rueda y la rotamos el Pistón y el perno se moverán adelante y atrás, Fig. 74.



*Fig. 75 Posicionar el origen del objeto Barra\_Unión en el Cursor 3D*

El siguiente paso es seleccionar el Perno\_Biela y posicionar el Cursor en este objeto con SHIFT + SKEY escogiendo la opción "Cursor to Selection". A continuación seleccione Barra\_Unión y posicione el Origen en el Cursor 3D, como se puede ver en Fig. 75. De esta forma pondremos el origen de Barra\_Unión en el Perno\_Biela (Fig. 76)



*Fig. 76 Origen de la Barra de Unión en el perno de la biela*

Con la Barra\_Union aun seleccionada, añádale una restricción “Child Of” a Perno Biela y a continuación presione el botón “Set Inverse “ para que el objeto vuelva a su posición.

Por último, sólo nos falta restringir el movimiento del otro extremo de Barra\_Union para que permanezca pegado al Perno\_Rotula. Vamos a conseguir este comportamiento añadiendo una segunda restricción a Barra\_Union. Sin embargo, en esta ocasión, vamos a usar una restricción diferente. Añadiremos un rastreo bloqueado “Locked Track”, Fig. 77.

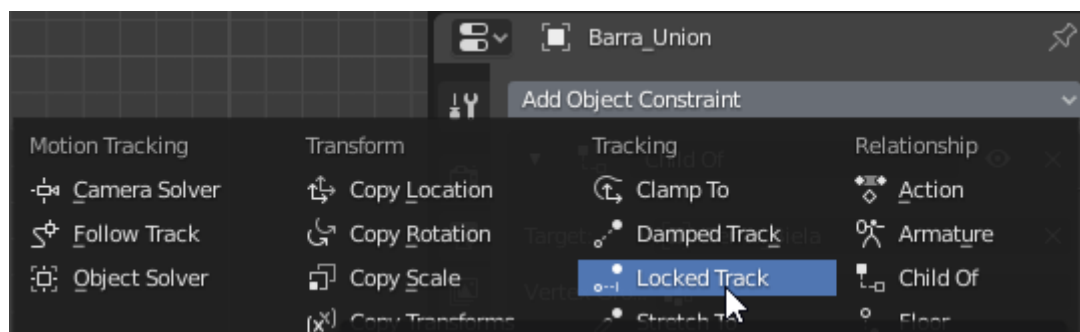


Fig. 77 Añadir a Barra\_Union una segunda restricción de Locked Track

En esta haremos que el objetivo (target) sea el Perno\_Rotula. Fijaremos la opción “To” al eje Z (eje de rastreo) y “Lock” al eje Y (eje bloqueado).

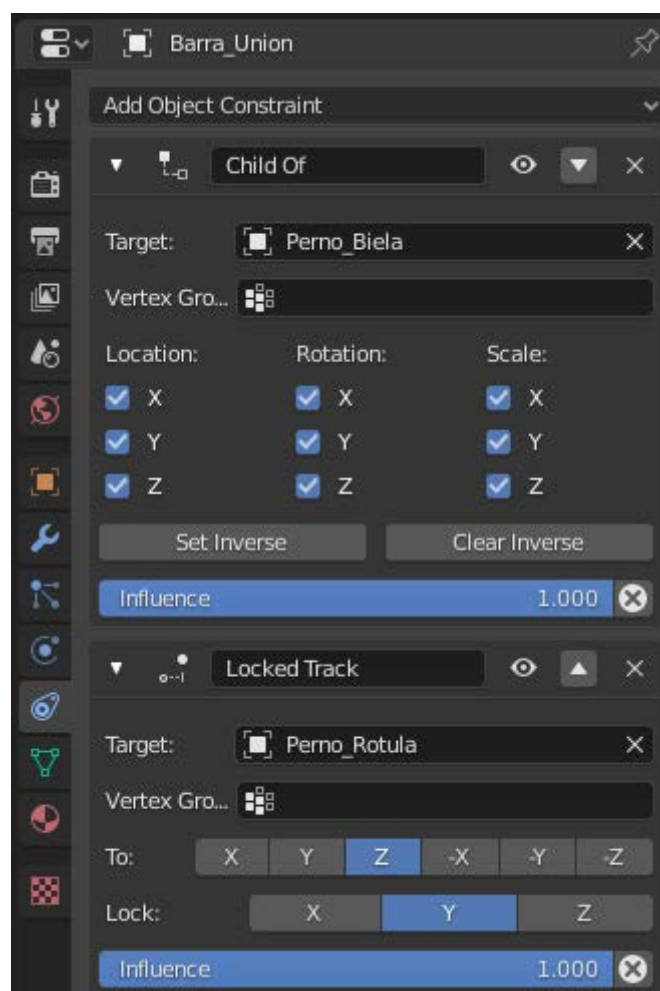
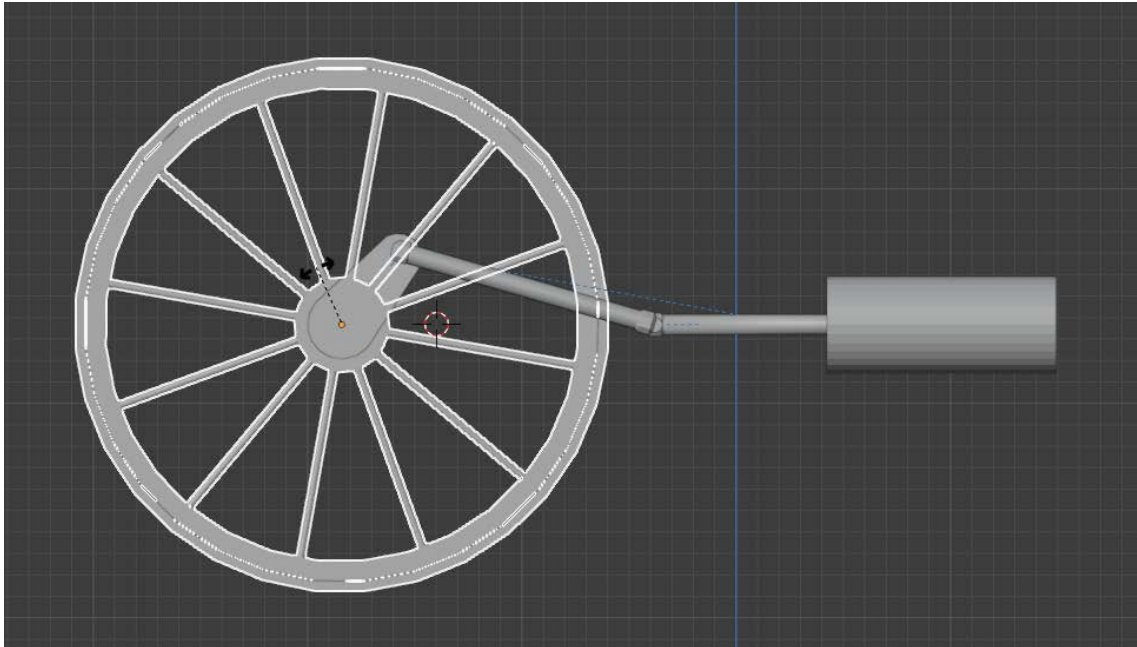


Fig. 78 Restricciones de Barra\_Union

De esta manera la barra de unión será hija de Perno\_Biela así que rotará y se moverá con este. Sin embargo, tiene su camino restringido a donde se mueva el Perno\_Rotula, que como es hijo de Barra\_Piston, solo se moverá a lo largo del eje X, pero al estar enlazado al camino del Perno\_Rotula se moverá solo en el eje X. Si rotamos la rueda, las coordenadas X y X cambiarán para la Barra\_Union de tal manera que se le fuerza a que rote el eje Y para que el eje Z quede mirando en una dirección constante en este caso, arriba.



*Fig. 79 Probar el movimiento completo*

Es posible que en el resultado final la unión entre la Biela, Barra\_Union y Barra\_Piston parezca no estar conectado en función de los tamaños/longitudes de estos. Si necesita ajustarlos, deberá borrar las restricciones correspondientes ajustar el tamaño y volver a conectar los elementos.