## CRITERIO GENERAL DE FIJACION AXIAL DE ARBOLES

58

Las fuerzas que obran sobre un árbol ( o un eje ) pueden reducirse a solamente dos clases: a) fuerzas perpendiculares al árbol , que pueden cruzar o no al eje geométrico de rotación ; b) fuerzas de dirección coincidente con el eje geométrico de rotación , o paralelas al mismo.

El tratamiento de dichas fuerzas por medio de las leyes de la estabilidad permite deducir las cargas radiales en los apoyos, generalmente materializados por rodamientos, y un empuje axial resultante que también es generalmente absorbido por un rodamiento, incluído en un apoyo.

Por principio se establece que el empuje resultante de todas las fuerzas axiales aplicadas sobre un árbol debe ser absorbido en un único punto de su longitud. Un diseño que pretendiera absorber dicho empuje simultáneamente en dos puntos distintos de la longitud del árbol sería teóricamente hiperestático, no pudiendo determinarse con certeza que fracción del empuje resultante total es absorbida por cada uno de los puntos de fijación axial. Por otra parte, un diseño tal sería extremadamente complicado y costoso, no pudiendose resolver el problema con los diseños sencillos usuales debido a la necesidad de producir las piezas dentro de tolerancias dimensionales y también debido a la necesidad de compensar la perturbación que ocasionarían las dilataciones y contracciones térmicas longitudinales del árbol y de la parte del bastidor comprendida entre los puntos de fijación.

59

El único rodamiento que absorbe el empuje axial debe estar axialmente vinculado al árbol por su aro interior, y debe estar axialmente vinculado al bastidor de la máquina por su aro exterior denominándosele apoyo fijo . Los demás rodamientos que soportan exclusivamente cargas radiales no deben estar (axialmente) vinculados al bastidor denominándoseles apoyos libres.

Los detalles de diseño de un apoyo fijo dependen de la magnitud de la fuerza axial resultante que obra sobre el árbol, y de su manera de actuar, pudiendo al respecto distinguirse cuatro casos posibles:

I) Empuje axial resultante de magnitud cualquiera, obrando en un sentido invariable (drecha o izquierda).

II ) Empuje axial resultante de magnitud cialquiera, obrando alternadamente en ambos sentidos.

III) Empuje axial resultante de existencia eventual, pequeñísima magnitud , y sentido indeterminable.

IV ) Empuje axial resultante nulo debido a una total compensación de fuerzas axiales, con autocentraje de la posicion del árbol.

Los casos I, II, y III, son suficientemente explícitos por sus enunciados no existiendo dificultad alguna en reconocer cuando un mecanismo está comprendido en uno de ellos, sin embargo existen ciertos mecanismos que sin poder encuadrarse totalmente dentro del caso III deben considerarse convencionalmente comprendidos en él. // Frecuentemente sucede que de la teoría del mecanismo a que pertenece el árbol no se deduce la existencia de un empuje axial

resultante, sin embargo éste puede eventualmente aparecer originado por muy diversas causas anómalas. Estas causas pueden ser tales como desgastes desparejos de los cojinetes y articulaciones cinemáticamente vinculadas con el árbol; vibraciones debidas a desequilibrios dinámicos; imperfecciones de montaje de los acoplamientos; apoyo de la máquina sobre un basamento desnivelado; uso en condiciones anormales; etc. En consecuencia, aún en el caso de que idealmente no exista ningún empuje axial es prudente suponer que éste pueda eventualmente surgir en alguno de los dos sentidos, con pequeñísima intensidad, pero suficiente como para no poder prescindir de la fijación axial del árbol. En decir, que todo caso de empuje axial resultante idealmente nulo, en vista al diseño debe ser asimilado al caso III.

El caso IV origina la excepción del principio de la ineludible necesidad de proveer la fijación axial del árbol. Se refiere a mecanismos tales que alguno de los órganos solidarios con el árbol se encuentra vinculado con otros elementos de modo que puede absorber totalmente la resultante de los empujes axiales en ambos sentidos, y al mismo tiempo determinar la posición longitudinal del mismo dentro de estrechos límites.

Una cuestión importante de diseño es la decisión acerca de cuál debe ser el punto de la longitud del árbol en que debe absorberse la resultante de los empujes axiales. Desde el punto de vista exclusivo de la contención



del empuje axial es indistinto cual sea la posición del apoyo fijo, es decir, que habiendo dos apoyos, por ejemplo, cualquiera de ambos podría ser diseñado como apoyo fijo, y el otro como libre. Muy frecuentemente la disposición particular de los órganos que componen el mecanismo no deja lugar a la alternativa debido a necesidades de montaje, pero cuando la decisión no es impuesta por tales exigencias es aconsejable fijar el apoyo que se encuentre del lado de menor carga radial. De este modo se consigue una menor diferencia entre los tamaños de los rodamientos mejorando la apariencia del conjunto, y además se consigue que el mayor de ellos sea del menor tamaño posible beneficiando el costo puesto que el precio de mercado de los rodamientos aumenta fuertemente con el tamaño.

XI

62

## SOLUCIONES TIPICAS DE FIJACION AXIAL DE ARBOL CON COJINETES RADIALES Y CARGA GIRATORIA SOBRE ARO INTERIOR

La figura 1 muestra esquemáticamente un árbol sustentado por dos apoyos materializados por rodamientos fundamentalmente aptos para soportar cargas radiales y también cargas axiales de menor intensidad relativa. Las cargas radiales son giratorias respecto de los aros interiores, montándose estos con ajuste fijo sobre sus asientos en el árbol. Consecuentemente las cargas radiales son fijas respecto de los aros exteriores, montándose éstos con ajuste móvil dentro de las cajas de rodamiento. Los aros interiores actúan como solidarios con el árbol debido al rozamiento generado por el montaje con fuerte aprieto, y guían la posición axial de los aros exteriores por intermedio de los elementos rodantes puesto que los rodamientos son del tipo cerrado.

Las cajas de rodamiento de cada uno de los apoyos son del tipo enterizo formado por una sola pieza, pero igualmente podrían haber servido de ejemplo cajas del tipo partido, es decir, formadas por dos piezas atornilladas entre sí, cada una de las cuales abraza la mitad del aro exterior del rodamiento. La unión de las dos partes de una caja del tipo partido debe ser necesariamente "metal contra metal", puesto que la interposición de una junta elástica haría indeterminable el ajuste de la caja con el aro exterior del rodamiento. Siendo necesario impedir fugas de lubricante a través de la unión es admisible enduir las superficies

63

que han de estar en contacto con una delgadísima capa de "pega junta" antes de proceder al apriete de los tornillos. El espesor de la película de enduido ( 1 a 3 micrones ) prácticamente no afecta el ajuste del aro con la caja.

A continuación se describen las variaciones de detalle del diseño de los apoyos correspondientes a los distintos casos de empuje axial, con referencia a las partes superior e inferior de la figura citada.

Apoyo fijo - Caso I (empuje hacia la izquierda)

El arbol tiene un escalón o resalte que determina la posición del aro interior de montaje sobre él y asegura la transmisión del empuje axial

El aro exterior del rodamiento montado con ajuste móvil dentro de la caja hace tope contra una pestaña de la tapa, la cuál está atornillada lateralmente a la caja, transmitiendo finalmente el empuje axial al bastidor. La tuerca de retención del aro interior es innecesaria. Este apoyo funciona como absolutamente fijo.

Apoyo fijo - Caso I (empuje hacia la derecha)
Caso II
Caso III

- El aro interior se monta con ajuste fijo sobre el árbol, y el rozamiento engendrado por el aprieto es generalmente suficiente para mantenerlo en su lugar cuando

el empuje es hacia la derecha. No obstante, previniendo que por el azar de los encuentros de las piezas en el montaje resulte un ajuste con poco apriete, es indispensable bloquear el aro interior con una tuerca de retención y su arandela de seguridad. // El aro exterior montado con ajuste móvil dentro de la caja es impedido de desplazarse axialmente por un resalte de la caja, o por la pestaña de la tapa, según cuál sea el sentido del empuje. La tapa debe estar firmemente atornillada contra el costado de la caja para impedir la fuga de lubricante, pero en razón de un principio que proscribe el diseño de ensambles por yuxtaposición de superficies pertenecientes a distintos planos paralelos, no es posible apretar simultáneamente la tapa contra la caja y la pestaña de la tapa contra el aro exterior. Forzosamente es espacio reservado para el aro exterior debe ser levemente superior a su ancho, originando la existencia de un huelgo cuyo valor ordinariamente está comprendido entre 0,100 y 0,300. Si el empuje puede cambiar de sentido el huelgo se transforma en juego, y el apoyo deja de ser rigurosamente fijo puesto que permite un pequeñísimo desplazamiento axial, no obstante se lo considera como convencionalmente fijo. La cara frontal de la pestaña y el resalte de la caja constituyen superficies condicionadas. A las cotas $a$ y $c$ deben asignárseles tolerancias tales que combinadas con la tolerancia del ancho $b$ del rodamiento asegurenla existencia del huelgo aconsejado.





En los planos de conjunto y de subconjunto el aro exterior del rodamiento correspondiente al apoyo fijo aparece siempre como bloqueado entre el resalte de la caja y la pestaña de la tapa puesto que usualmente no se representan huelgos menores de medio milímetro (1).

En el caso I con empuje dirigido hacia la derecha este apoyo funciona como absolutamente fijo.

Apoyo libre – Caso I (empuje hacia la izquierda)
Caso I (empuje hacia la derecha)
Caso II
Caso III

Siendo fijo el ajuste del aro interior con el árbol y tratándose en este caso particular de un rodamiento cerrado, el ajuste del aro exterior con la caja debe ser necesariamente móvil puesto que el apoyo libre por definición debe poder desplazarse en ambos sentidos. Consecuentemente éste apoyo solamente absorbe la carga radial deducida del esquema ideal de funcionamiento de la máquina.

El árbol tiene un escalón que determina la posición de montaje del rodamiento sobre él. Tratándose de un apoyo libre, por principio el cojinete no absorbe empujes axiales previstos en el esquema ideal de funcionamiento de la

(1) En la fig. se ha representado el huelgo contrariando la regla enunciada para facilitar el entendimiento.

máquina, sin embargo, por ser el rodamiento cerrado el aro exterior siempre transmite al aro interior la fuerza de rozamiento engendrada al desplazarse hacia un lado o hacia el otro dentro de la caja. Previniendo que por el azar de los encuentros de las piezas en el montaje pueda resultar un ajuste con poca movilidad entre el aro exterior y la caja, y un ajuste con poco apriete entre el aro interior y el árbol, es prudente aplicar al aro interior una tuerca de retención con arandela de seguridad. De éste modo se impide que el aro interior pueda ocasionalmente ser extraído de su posición por los contínuos desplazamientos del apoyo libre .

La pestaña de la tapa debe quedar suficientemente distanciada del aro exterior como para no comprometer el libre desplazamiento de éste. Un huelgo nominal mínimo de 3 milímetros basta para cumplir la citada condición , y absorber al mismo tiempo lasdiferencias debidas a la posible acumulacion de las tolerancias longitudinales en un árbol de hasta 500 milímetros de longitud entre apoyos. Por cada metro de distancia entre apoyos puede agregarse 1 milímetro al dicho valor mínimo.

El diámetro exterior del rodamiento

es levemente menor que el diámetro mínimo de pasaje através de la caja del apoyo fijo para poder efectuar el montaje del conjunto árbol-rodamientos introduciéndolo desde el lado izquierdo de la máquina. La distancia $e$ se hace 4 o 5 milímetros mayor que la cota $C$, de modo que el rodamiento libre sea el primero que embeque en su asiento, sin lo cuál el montaje sería sumamente dificultoso.

tá cerrado el
erior la fuerza
cia un lado o
endo que por el
montajo pueda
tre el aro exte-
to entre el aro
al aro interior
seguridad. De
pueda ocasional-
continuos des-

cientemente dis-
prometer el libre
mínimo de 3 milí-
ión , y absorber
a posible acumu-
en un árbol de
oyos. Por cada
regarse el mi-

l diámetro míni-
fijo para po-
rodamientos
la máquina. La
r que la cota C,
primero que
aje sería suma-

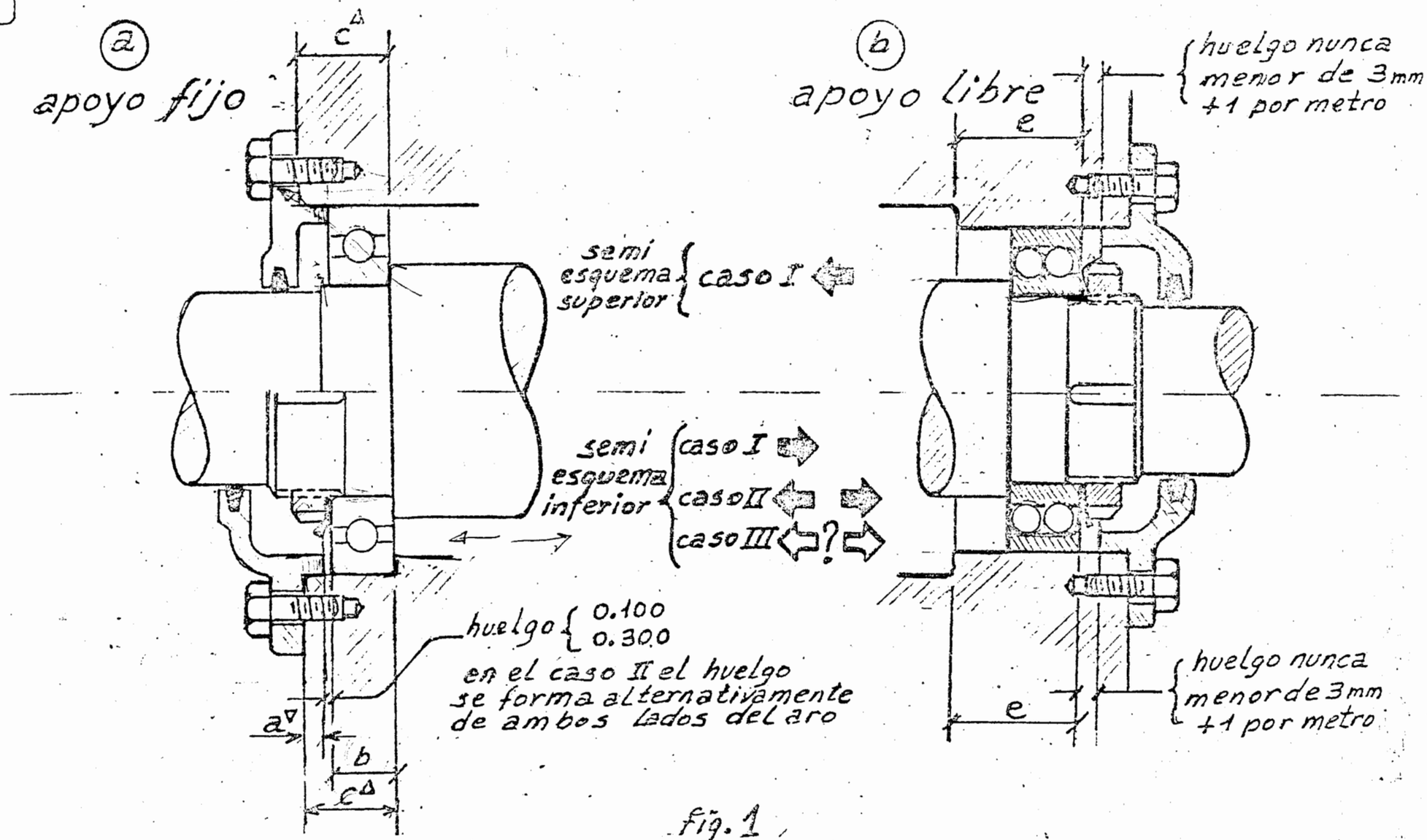


fig. 1

SOLUCIONES TIPICAS DE FIJACION AXIAL DE ARBOL CON CARGA GIRATORIA SOBRE ARO INTERIOR

XI

68

## SOLUCION TIPICA DE FIJACION AXIAL DE ARBOL CON COJINETES RADIALES Y CARGA GIRATORIA SOBRE ARO EXTERIOR

La fig. 2 muestra esquemáticamente un árbol sustentado por dos apoyos materializados por rodamientos fundamentalmente aptos para soportar cargas radiales, y también cargas axiales de menor intensidad relativa. Las cargas radiales son giratorias respecto de los aros exteriores, montándose éstos con ajuste fijo dentro de sus alojamientos en las cajas. Consecuentemente las cargas radiales son fijas respecto de los aros interiores, montándose éstos con ajuste móvil sobre sus asientos en el árbol. Los aros exteriores actúan como solidarios con las cajas debido al rozamiento engendrado por el montaje con apriete, y guían la posición de los aros interiores por intermedio de los elementos rodantes puesto que los rodamientos son del tipo cerrado.

Las cajas de rodamiento de cada uno de los apoyos son del tipo enterizo, pero igualmente podrían haber servido de ejemplo cajas del tipo partido.

A continuación se describen los detalles de diseño de los apoyos, aplicables a los casos de empuje axial I, II y III, con referencia a la figura citada.

<u>Apoyo fijo</u> - Caso I (empuje hacia la izquierda)
Caso I (empuje hacia la derecha)
Caso II
Caso III

El aro interior montado con ajuste móvil sobre el ár-

árbol está firmemente mantenido contra un escalón de éste último por una tuerca de retención con arandela de seguridad. Cuando el empuje es hacia la izquierda el aro se apoya contra el escalón, mientras que cuando el empuje es hacia la derecha el aro se apoya contra la tuerca.

La caja tiene un escalón,o resalte interior, que determina la posición de montaje del aro exterior, el cuál ensambla con ajuste fijo dentro de la caja. En principio el rozamiento engendrado entre el aro exterior y la caja debería ser suficiente para impedir el desplazamiento axial del aro dentro de su alojamiento, Sin embargo, previniendo que por el azar de los encuentros de las piezas en el montaje pueda resultar un ajuste con póco aprieto entre el aro exterior y la caja, es imprescindible bloquear el aro exterior con la pestaña de la tapa. El espacio disponible para el aro debe ser levemente superior a su ancho,quedando un huelgo (1) comprendido entre 0,100 y 0,300 .

Este apoyo actúa como absolutamente fijo, salvo que el empuje sea de sentido alternativo y de tal intensidad que supere la fuerza de rozamiento engendrada entre el aro exterior y la caja. En esta última circunstancia se vuelve convencionalmente fijo.

(1) En la fig. se ha representado el huelgo para facilitar el entendimiento, aunque en los planos éste no debe representarse.



Apoyo libre - Caso I ( empuje hacia la izquierda)
Caso I ( empuje hacia la derecha)
Caso II
Caso III

El aro interior asienta con ajuste móvil sobre un leve saliente del árbol de apenas 1 o 2 milímetros (en el diámetro), y de ancho igual o levemente superior al ancho del rodamiento. Siendo fijo el ajuste del aro exterior con la caja y tratándose de un rodamiento cerrado, el ajuste del aro interior con el árbol debe ser necesariamente móvil puesto que el apoyo libre por definición debe poder desplazarse en ambos sentidos. Consecuentemente el apoyo absorbe solamente la carga radial deducida del esquema ideal de funcionamiento de la máquina.

La caja tiene un escalón,o resalte , que determina la posición de montaje del aro exterior del rodamiento. Por ser el rodamiento cerrado el aro interior siempre transmite al aro exterior la fuerza de rozamiento engendrada cuando el extremo libre del árbol se desplaza hacia un lado y hacia el otro. Previniendo qáe porel azar de los encuentros de las piezas en el montaje pueda resultar un ajuste con poca movilidad entre el aro interior y el árbol, y un ajuste de poco aprieto entre el aro exterior y la caja, es prudente hacer que la pestaña de la tapa limite el posible desplazamiento del aro exterior. Admitiendo que el aro exterior se monte haciendo tope contra el escalón de la caja, entre el aro y la pestaña debe quedar un huelgo comprendido

entre 0,100 y 0,300. A las cotas $a$ y $c$ deben asignárseles tolerancias tales que combinadas con la tolerancia del ancho $b$ del rodamiento aseguren la existencia del huelgo aconsejado.

asignárse-
eranciaa
ncia del

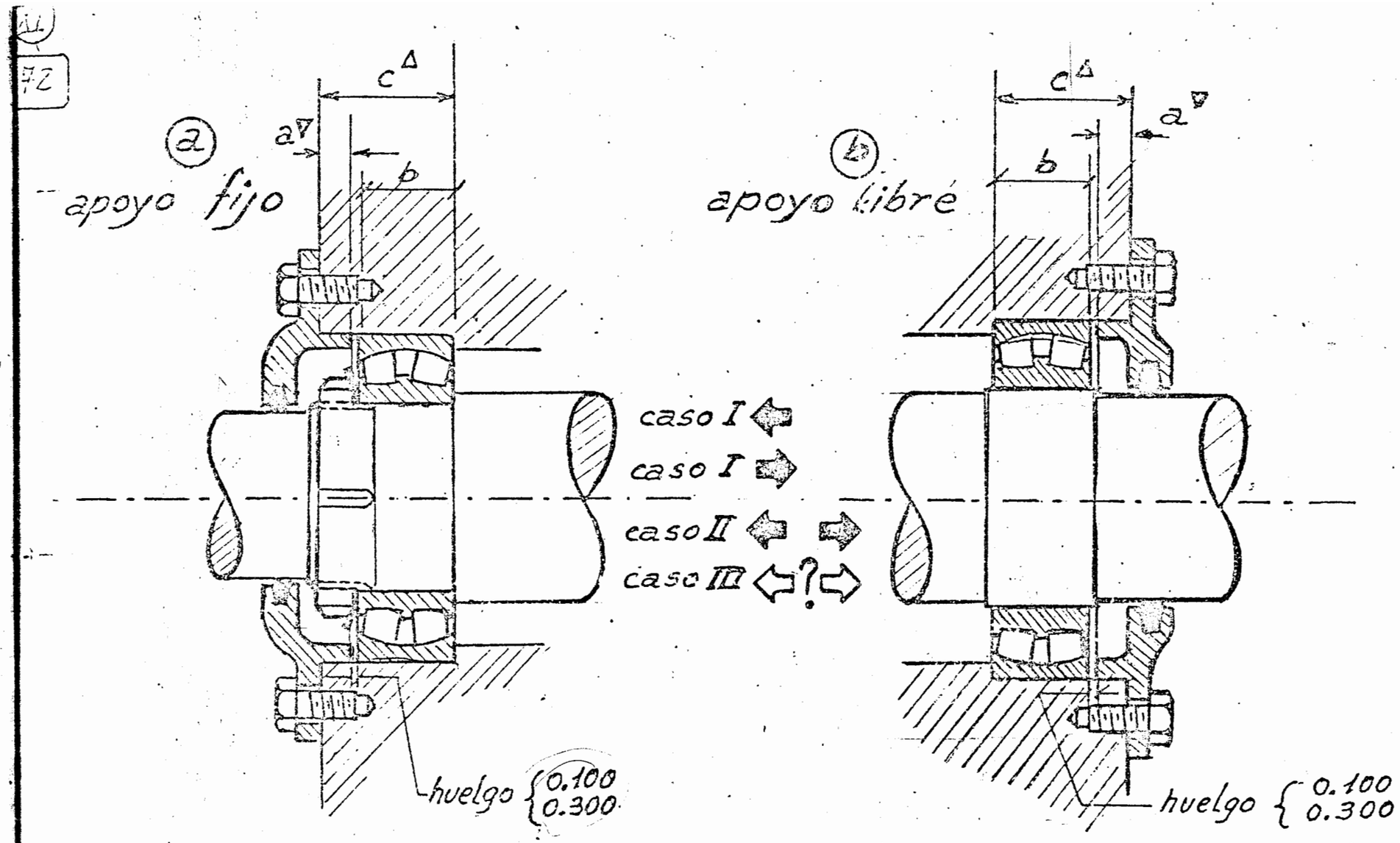


fig. 2

SOLUCION TIPICA DE FIJACION AXIAL DE ARBOL
CON CARGA GIRATORIA SOBRE ARO EXTERIOR

XI

13

## APOYO LIBRE CONSTITUIDO POR UN RODAMIENTO DE RODILLOS CILINDRICOS

Los rodamientos de rodillos cilíndricos son del tipo abierto por ambos lados, es decir, que no pueden absorber empuje axial, y por consiguiente no pueden constituir un apoyo fijo. En cambio dicha particularidad los hace especialmente aptos para constituir un apoyo libre. La fuerza de rozamiento engendrada por el desplazamiento axial relativo de los aros en un apoyo libre con rodamiento de rodillos cilíndricos es prácticamente despreciable, puesto que se origina entre las pistas de rodamiento y las generatrices de contacto de los rodillos.

El ejemplo de la fig. 3 muestra esquemáticamente un apoyo libre constituído con un rodamiento de rodillos cilíndricos. El semi-esquema superior supone que la carga radial es giratoria sobre el aro interior, y el semi-esquema inferior supone que la carga radial es giratoria sobre el aro exterior. Siendo la carga radial giratoria sobre el aro interior éste se monta con ajuste fijo sobre el árbol, y el aro exterior se monta con ajuste móvil dentro de la caja. Siendo la carga radial giratoria sobre el aro exterior éste se monta con ajuste fijo dentro de la caja, y el aro interior se monta con ajuste móvil sobre el árbol. Ambos semi-esquemas valen para los siguientes casos de empuje axial: caso I (empuje hacia la izquierda); caso I (empuje hacia la derecha); caso II y caso III.

Carga giratoria sobre aro interior (semi-esquema superior)

No habiendo necesidades de montaje que exijan lo contrario generalmente se adopta un aro interior con pestañas y un aro exterior sin pestañas. Montándose el aro interior con ajuste fijo y siendo prácticamente despreciable el esfuerzo axial de rozamiento que tiende a desmontarlo cuando el extremo libre del árbol se mueve hacia el lado del apoyo fijo puede prescindirse de la tuerca de retención. Montándose el aro exterior con ajuste móvil es imprecindible bloquearlo con la pestaña de la tapa, dejando un huelgo entre el aro y la pestaña, comprendido entre 0,100 y 0,300. A las cotas $a$ y $c$, deben asignárseles tolerancias tales que combinadas con la tolerancia del ancho $b$ del aro originen el huelgo indicado.

Carga giratoria sobre el aro exterior (semi-esquema inferior)

No habiendo necesidades de montaje que exijan lo contrario generalmente se adopta un aro exterior con pestañas y un aro interior sin pestañas. Montándose el aro interior con ajuste móvil es imprescindible bloquearlo con una tuerca de retención con su correspondiente arandela de seguridad. El aro exterior se monta con ajuste fijo dentro de la caja y pfacticamente no obran sobre él furzas axiales tendientes a desmontalo, por lo tanto en principio no sería necesario bloquearlo con la pestaña de la tapa. No obstante, aconsejable hacerlo



por que al estar la tapa en su lugar se tiene la certeza de que el aro tambíen se encuantra en su sitio debido, impidiendose así cometer errores en el montaje. El huelgo usual debe estar comprendido entre 0,100 y 0,300, quedando comprometidas las tolerancias de las cotas $a$ y $c$ con la tolerancia del ancho $b$ del aro.

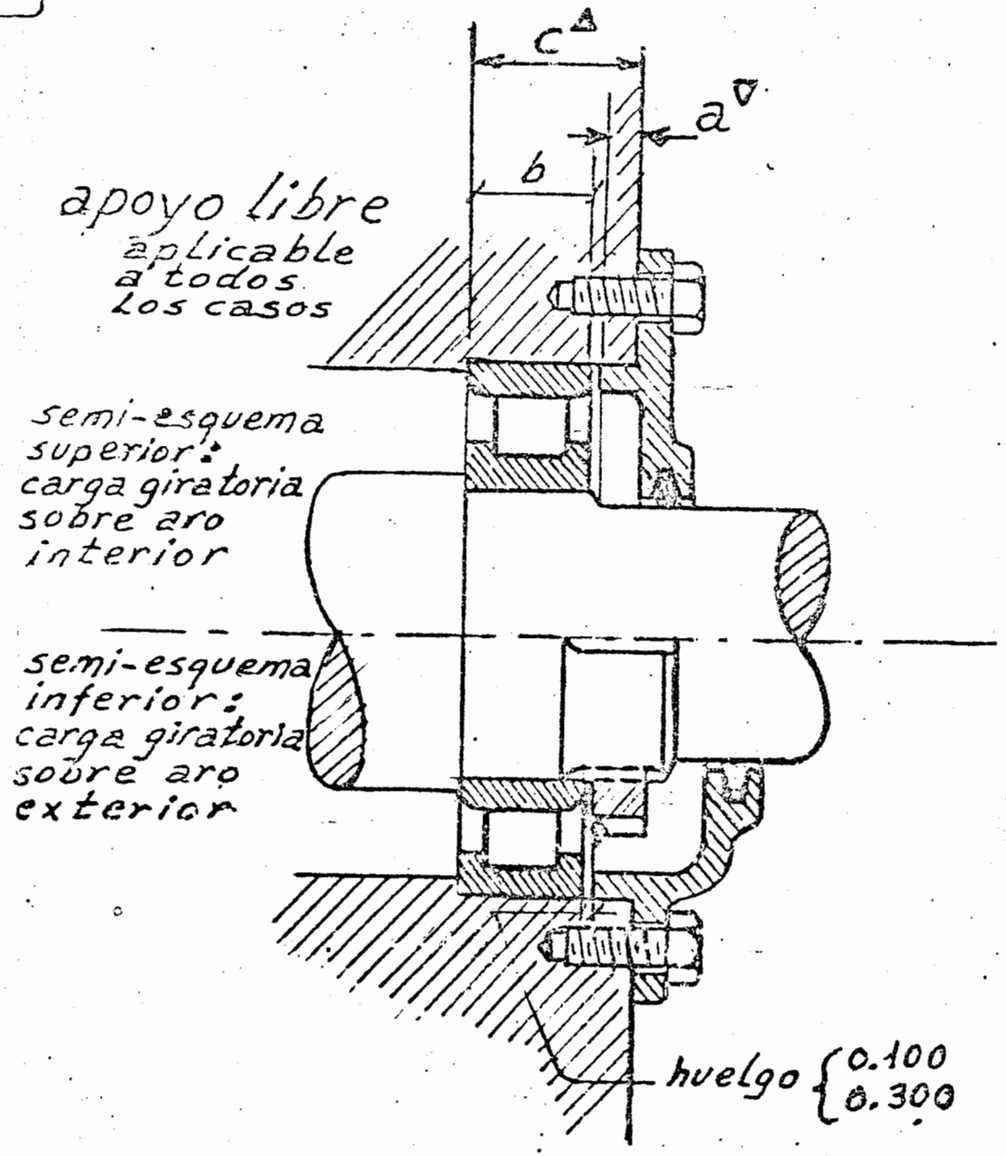


fig. 3

APOYO LIBRE CON RODAMIENTO DE RODILLOS CILINDRICOS



## SOLUCION PARTICULAR DE FIJACION AXIAL DE ARBOL CORTO CON EMPUJE AXIAL RELATIVAMENTE PEQUEÑO EN AMBOS SENTIDOS Y COJINETES RADIALES CON CARGA GIRATORIA SOBRE ARO INTERIOR

Esta solución se aplica a los casos I y II , en que la resultante de los empujes axiales puede cambiar de sentido y se basa en la posibilidad de hacer actuar cada uno de ambos apoyos ya sea como fijo, o como móvil , según cuál sea el sentido de la resultante de los empujes axiales. La resultante de los empujes axiales es absorbida por el apoyo situado delante de su punto de aplicación.

La sencillez mecánica de esta solución es muy atractiva,pero su aplicabilidad se limita a los casos en que la resultante de los empujes axiales es pequeña frente a las cargas radiales. A medida que dicha resultante crece relativamente a las cargas radiales esta solución deja de ser económica,debido a que son dos los cojinetes que deben dimensionarse para soportar el empuje axial, en lugar de uno solo como sucede en la solución clásica . En consecuencia es sumamente ventajosa aplicada al caso III ,siendo muy usada.

La fig. 4 muestra esquemáticamente la disposición de los elementos suponiendo que las cargas radiales son giratorias sobre los aros interiores. Los aros interiores se montan con ajuste fijo sobre el árbol y los aros exteriores se montan con ajuste móvil dentro de las cajas. Los ajus o alojamientos de rodamiento

ambos apoyos, si son enterizas deben ser partes de una misma pieza y si son partidas la mitad de una caja junto con al mitad de la otra deben ser partes de una misma pieza. Esta condición implica que generalmente la distancia entre los apoyos sea relativamente corta. El conjunto formado por el árbol y los dos rodamientos, cada uno de ellos retenido por su correspondiente tuerca y arandela de seguridad, se encuentra bloqueado por las tapas. El bloqueo no es absoluto, incluye un huelgo suficiente para absorber las dilataciones y contracciones térmicas del árbol y las diferencias posicionales de bidas a las tolerancias de cotas entre superficies condicionadas. Para distancias entre apoyos de hasta 1 metro aproximadamente es suficiente un huelgo comprendido entre 1,5 y 2 milímetros , el cuál debe quedar determinado por las cotas nominales $a$ , $e$ , $f$, el ancho $b$ del rodamiento y sus correspondientes tolerancias. El huelgo puede formarse sobre cualquiera de los dos apoyos, dependiendo la alternativa del sentido de la resultante de los empujes axiales. Desde el punto de vista exclusivo de los empujes axiales el conjunto formado por el árbol, los dos cojinetes y las cajas, puede imaginarse como constituyendo un único apoyo convencionalmente fijo.

artes de una
de una caja
artes de una
ue generalmen-
ativamente cor-
dos rodamien-
orrespondiente
ra bloqueado
incluye un
ciones y con-
ferencias posi-
bas entre su-
ntre apoyos de
e un huelgo
l cuál debe
a , e , f,
ndientes to-
cualquiera de
del sentido
esde el punto
el conjunto
las cajas,
apoyo con-

XI

79

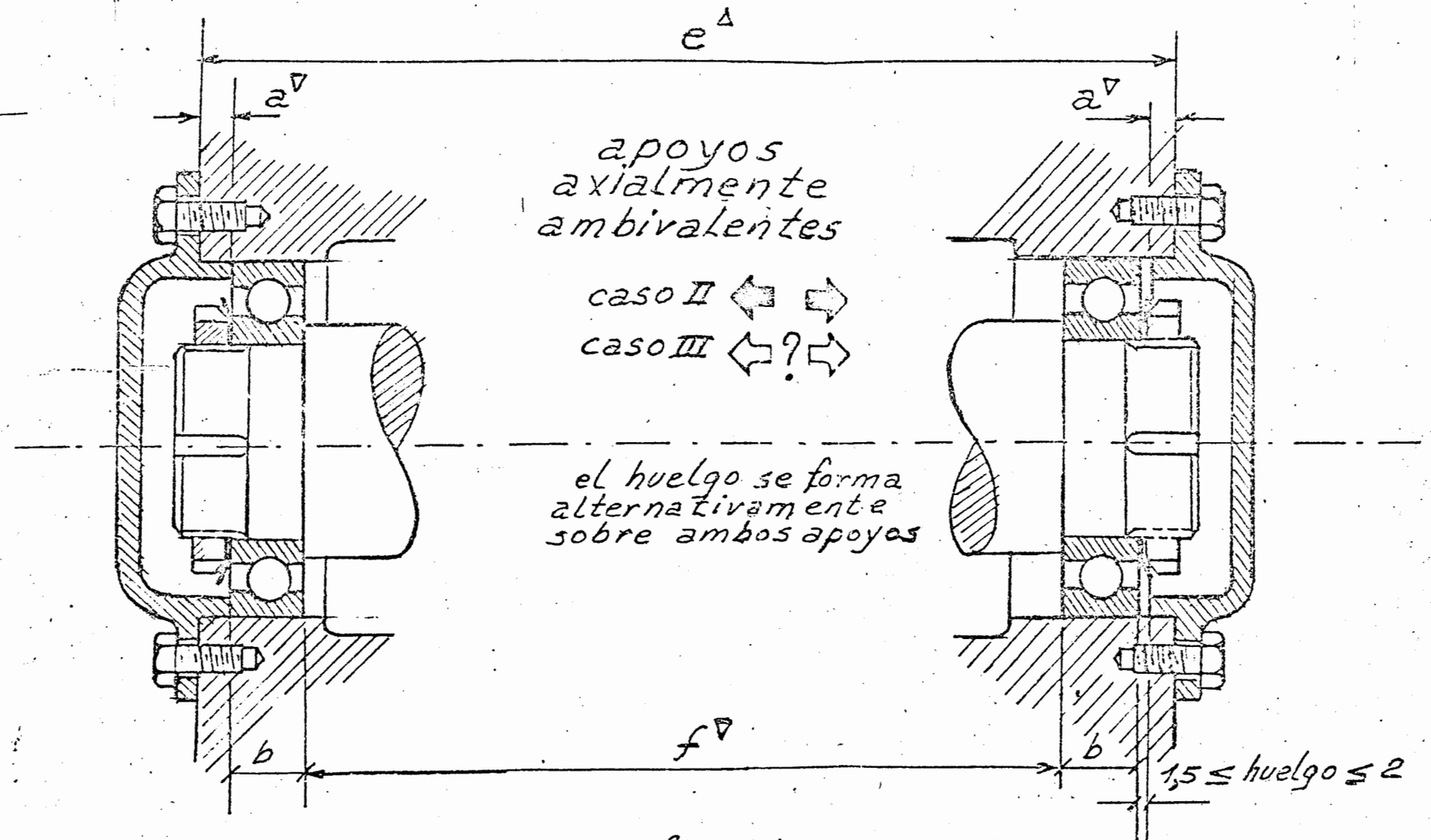


Fig. 4

SOLUCION PARTICULAR DE FIJACION AXIAL DE ARBOL CORTO CON EMPUJE AXIAL RELATIVAMENTE PEQUEÑO Y CARGA RADIAL GIRATORIA SOBRE ARO INTERIOR

## SOLUCION PARTICULAR DE APOYOS PARA ARBOL CON EMPUJE AXIAL TOTALMENTE COMPENSADO Y AUTOCENTRANTE

Esta solución se aplica al caso IV , en que las fuerzas axiales aplicadas sobre el árbol están totalmente compensadas dando una resultante nula, y donde además los vínculos cinemáticos por medio de los cuales se transmiten dichas fuerzas son de tal naturaleza que regulan la posición del árbol manteniéndole automáticamente en su lugar.

La fig. 5 muestra un ejemplo concreto del caso tratándose del árbol piñon de entrada de un reductor de velocidad por engranajes biheliceidales. El árbol propiamente dicho juntamente con los dos piñones constituyen una sola pieza. Los piñones son simétricos con respecto a un plano normal al árbol situado entre ambos, es decir, que las inclinaciones de los dientes (de cada uno de ellos) (convencionalmente representadas por un trazo inclinado) son inversas entre sí con él mismo angulo. La transmisión del par motor por contacto de los dientes de los piñones con los dientes de las ruedas (no representadas) origina furzas normales al árbol que se transmiten a los apoyos y fuerzas paralelas al árbol,opuestas y de la misma intensidad que se anulan entre sí. Las cargas radiales que obran sobre los rodamientos son giratorias sobre los aros interiores, los cuales se montan con ajuste fijo sobre el árbol, pudiendo agregárseles una tuerca de retención con arandela de seguridad para eliminar toda posibilidad de

desplazamiento. Los aros exteriores se montan con ajuste móvil dentro de las cajas.

La V que forman los dientes de los piñones se centra libremente sobre la V de los dientes de las ruedas, y por el mismo principio se centran todos los pares de piñones y ruedas sucesivos hasta llegar al árbol de salida, el cuál necesariamente debe tener un apoyo fijo que guía axialmente todo el sistema. Es decir, que la posición axial del árbol de entrada es indirectamente determinada por la posición axial del árbol que lleva el apoyo fijo. Ambos apoyos del árbol piñon deben ser axialmente libres, para que los dientes de los dos piñones puedan encontrar por sí mismos sus posiciones cinemáticamente correctas en relación con los dientes de las dos ruedas conducidas. La discrepancia entre la posición axial que idealmente debería ocupar el árbol piñon y la posción qeal, depende del grado de inmovilidad axial que implica el bloqueo del apoyo fijo del sistema y de la acumulación de diferencias posicionales permitidas por las tolerancias de los elementos que forman la cadena cinemática de guía axial a partir del apoyo fijo. Dicha discrepancia puede llegar a ser considerable, siendo por lo tanto prudente distanciar suficientemente las pestañas de las tapas de las cajas de rodamiento con respecto de los aros exteriores . Para una distancia entre apoyos de hasta 1 metro el huelgo no debe ser menor de 5 milímetros de cada lado.

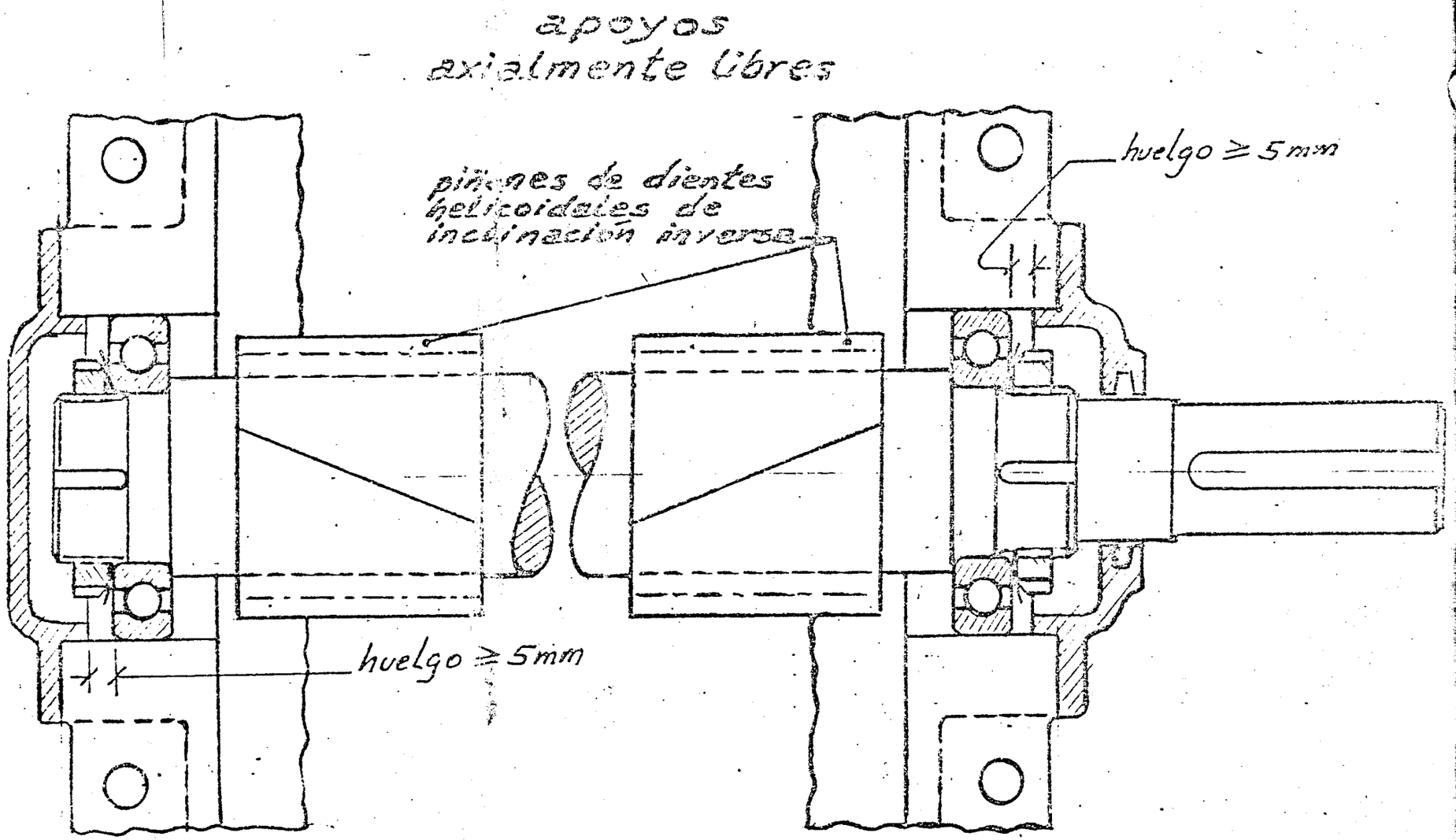


Fig. 5

ARBOL DE ENTRADA DE REDUCTOR DE VELOCIDAD POR
ENGRANAJES BIHELICOIDALES CON EMPUJE AXIAL TOTAL-
MENTE COMPENSADO Y AUTOCENTRANTE (CASO II)