



Departamento de Ingeniería Mecánica

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: “EC-Calc, software para determinación de parámetros geométricos de engranajes cilíndricos de contacto exterior

Autor: Leonardo León Cano

Tutor: Ing. Reniel Estrada Yanes

Santa Clara, mayo de 2018
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubián” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830
Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Resumen

Las características geométricas de engranajes es el paso más básico de su diseño, pues de sus resultados se derivan todas las demás características a tener en cuenta para un perfecto aprovechamiento de las ventajas que puede proveer este tipo de mecanismo. Para que sea posible hay que tener en cuenta una extensa metodología de cálculo, haciendo de este proceso merecedor de grandes cantidades de tiempo. Con el desarrollo de las ciencias informática ya es posible tener cálculos muy fiables en un espacio de tiempo muy reducido, por lo que se han creado softwares que hacen todo el proceso, pero ninguno utiliza los contornos de bloqueo y muchos de estos tienen que ser pagados para su utilización. En esta investigación se obtiene el algoritmo y el código fuente de un software llamado EC-Calc que calcula las características geométricas de engranajes cilíndricos rectos y helicoidales, exportando sus resultados a petición del usuario en un archivo con extensión pdf. El software fue escrito en Python, pues este lenguaje de programación contiene una gran fortaleza a la hora de realizar cálculos complejos y es de licencia libre.

Abstract

The geometrical characteristics of gears is the most basic step of its design, since its results are derived from all the other characteristics to take into account for a perfect use of the advantages that this type of mechanism can provide. To be possible, an extensive calculation methodology must be taken into account, making this process worthy of large amounts of time. With the development of computer science, it is already possible to have very reliable calculations in a very short space of time, so software has been created that does the whole process, but none uses the blocking contours and many of these have to be paid for its use. In this research we obtain the algorithm and the source code of a software called EC-Cal that calculates the geometrical characteristics of spur and helical gears, exporting their results at the request of the user in a pdf file. The software was written in Python, because this programming language contains a great strength when it comes to making complex calculations and is a free license.

ÍNDICE

Contenido

Introducción.....	1
Capítulo I. Marco Teórico	5
1.1: Engranajes.....	5
1.1.2: Clasificación de Engranajes.....	5
1.2–Principales softwares que calculan características geométricas de engranajes	7
1.3 – Norma ISO.....	8
1.4: Coeficientes de Corrección.....	11
1.5 – Contorno de bloqueo	11
1.6 - Parámetros fundamentales de la geometría de las ruedas dentadas...	13
Capítulo 2: Metodología de cálculo	15
2.1. Ecuaciones y metodología matemática para la realización del software	15
2.1.1: Aspectos a chequear en las ruedas que se corrigen negativamente:	17
2.1.2: Aspectos a chequear en las ruedas que se corrigen positivamente: 17	
2.1.3: Aspectos a chequear en las correcciones angulares positivas o en correcciones de altura corrigiendo positivamente el piñón y negativamente la corona:.....	17
2.3 De la teoría a la práctica	18
2.4: Lenguajes de programación	22
2.4.1 Lenguaje de programación Python	22
2.4.2 Lenguaje de programación java.....	23
2.4.3 Python vs java	24
Capítulo 3: Manual de Usuario de EC-Calc.....	25
3.1: Zonas de entrada, salida	25
3.1.1: Módulo	26
3.1.2: Coeficiente de holgura radial	27
3.1.3: Factor de altura del diente	27
3.1.4: Ángulo de la herramienta de corte	27
3.1.5: Ángulo de la herramienta de corte	27
3.2: Selección de parámetros conocido	29
3.3: Selección de parejas de engranajes	29
3.4: Zonas de salida	30

3.5: Botones y ventanas auxiliares	32
3.5.1: Botón “Datos en blanco”	32
3.5.2: Botón “Opciones”	33
3.5.3: Botón “Salvar”	33
3.5.4: Botón “Cargar”	33
3.5.5: Botón “Exportar resultados”	34
3.6: Un ejemplo de su funcionamiento al calcular varias parejas de engranajes cilíndricos rectos de contacto exterior.....	34
3.7 Ejemplo de cálculo de engranaje cilíndrico helicoidal con contacto exterior	39
Conclusiones.....	41
Recomendaciones.....	42
Bibliografía	43

Introducción

Dentro del numeroso conjunto de las transmisiones mecánicas, los engranajes han encontrado múltiples aplicaciones en todas las ramas de la industria y el transporte, siendo en muchos casos preferidos por sus múltiples ventajas, entre las cuales destacan: elevada eficiencia, gran capacidad de carga con pequeñas dimensiones, facilidad de construcción y amplios intervalos de velocidad de trabajo.

El presente trabajo está enmarcado en el campo de investigación del diseño mecánico, teniendo como **objeto de estudio** los parámetros geométricos de engranajes cilíndricos de contacto exterior. Está constituido por tres capítulos, conclusiones y recomendaciones. El primero se dedica al marco teórico donde se realiza una breve síntesis sobre los engranajes, los programas más utilizados para calcular características geométricas de engranajes cilíndricos con contacto exterior, el contorno de bloqueo y el lenguaje de programación Python. La segunda trata sobre la metodología que se empleó para crear algoritmos matemáticos para calcular características geométricas de engranajes cilíndricos con contacto exterior. El tercero trata sobre un manual de usuario para interactuar con el software EC-Calc.

El avance tecnológico ha dado paso a la creación de una nueva ciencia: “La computación”, que con su avance se ha convertido en una herramienta muy versátil en el campo del diseño mecánico, pues puede resolver cálculos en segundos que a mano podrían demorar días, meses o incluso años. En la actualidad el diseño mecánico se realiza principalmente por medio de sistemas CAD CAE (Computer Aided Design, Computer Aided Engineering) que proveen satisfactorias soluciones a los requerimientos para realizar un óptimo diseño.

El almacenamiento y reutilización de la metodología para el diseño de una transmisión por engranajes se puede considerar como un recurso valioso, pues es información adquirida por la experimentación al devenir de los años y su utilización hacen que la confección de esta transmisión sea realizada en el menor tiempo posible por no caer en los errores que tanto atrasan a la industria por la falta de experiencia y por lo tanto recurrir al encarecimiento del proceso.

La Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas no cuenta con un software propio de licencia libre que calcule características geométricas de engranajes cilíndricos de contacto exterior por lo que hay que recurrir a softwares propietarios los cuales hay que pagar. De esta manera, el **problema científico** se define como: La Universidad Central “Marta Abreu de Las Villas” no cuenta con un software propio de licencia libre que calcule características geométricas de engranajes cilíndricos de contacto exterior.

El software posibilita a la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas la independencia computacional del cálculo de parámetros geométricos de engranajes cilíndricos con contacto exterior.

Por lo que el **objetivo general** de esta investigación consiste en programar un software para el cálculo de los parámetros geométricos de engranajes cilíndricos de contacto exterior.

Se establecieron además los siguientes **objetivos específicos**:

1. Determinar los parámetros geométricos a calcular de los engranajes cilíndricos de contacto exterior.
2. Realizar una búsqueda sobre los principales programas que diseñan engranajes cilíndricos de contacto exterior.
3. Determinar el lenguaje de programación adecuado.
4. Programar el software para calcular los parámetros geométricos de engranajes cilíndricos de contacto exterior.
5. Comparar resultados del software con ejemplos ya resueltos para comparar su confiabilidad.

Para alcanzar los objetivos enunciados anteriormente, se plantean las siguientes **tareas de investigación**:

1. Revisión bibliográfica sobre los engranajes cilíndricos con contacto exterior.
2. Análisis bibliográfico de los principales programas que calculan características geométricas de engranajes cilíndricos con contacto exterior.
3. Revisión bibliográfica sobre el lenguaje de programación a utilizar.

4. Elaboración de algoritmos matemáticos para el cálculo de engranajes cilíndricos con contacto exterior.
5. Implementación de los algoritmos matemáticos obtenidos en el lenguaje de programación.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

Capítulo I. Marco Teórico

En este capítulo se realiza una breve síntesis sobre los engranajes, los programas más utilizados para calcular características geométricas de engranajes cilíndricos con contacto exterior, el contorno de bloqueo y el lenguaje de programación Python.

1.1: Engranajes

Se conoce como engranajes o ruedas dentadas a elementos de máquina utilizados para transmitir movimiento o potencia de un componente a otro. Una transmisión formada por solo dos engranajes en contacto es denominada “par engranado” mientras que un sistema compuesto por varios pares se denomina “tren de engranajes”. Comúnmente en un par engranado se denomina a los engranajes en contacto como “piñón” y “rueda o corona”, siendo el primero el de menor número de dientes. En distribuciones más complejas estos pueden ser denominados según su función o posición, ejemplo: sol, planeta (transmisiones planetarias), engranaje intermedio o engranaje loco, piñón de alta velocidad, rueda de baja velocidad, etc.(Fírvida Donéstevéz, 2014).

1.1.2: Clasificación de Engranajes

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes:

1.1.2.1: Cilíndricos de dientes rectos.

En casi todas las máquinas hay transmisión de movimiento de rotación de un eje a otro. Los engranes (o ruedas dentadas) constituyen uno de los mejores medios disponibles para hacerlo. Cuando se piensa en que los engranes del diferencial de un automóvil, por ejemplo, trabajan en un recorrido de más de 150000 km, antes de que se necesite reemplazarlos o cuando se considera el total de vueltas o revoluciones que han dado, se aprecia el hecho de que el diseño y la fabricación de estos elementos es algo verdaderamente notable. Por lo general no se advierte qué complicados han llegado a ser el diseño, análisis y fabricación

de engranes; esto se debe a que son elementos de máquinas de uso muy frecuente y extenso (Cometta Conde, 2010).

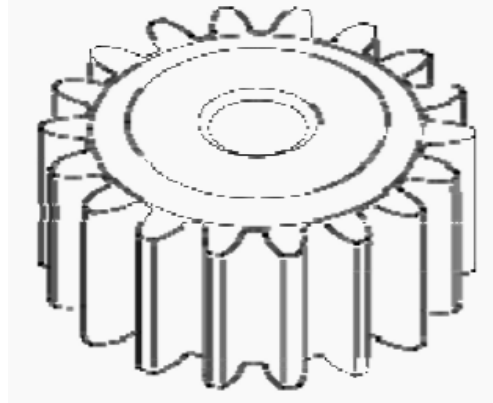


Figura 1-1 Piñón Recto.

1.1.2.2: Engranajes cilíndricos de dentado helicoidal.

Los engranajes cilíndricos de dentado helicoidal están caracterizados por su dentado oblicuo con relación al eje de rotación. En estos engranajes el movimiento se transmite de modo igual que en los cilíndricos de dentado recto, pero con mayores ventajas. Los ejes de los engranajes helicoidales pueden ser paralelos o cruzarse, generalmente a 90° . Para eliminar el empuje axial el dentado puede hacerse doble helicoidal.

Los engranajes helicoidales tienen la ventaja que transmiten más potencia que los rectos, y también pueden transmitir más velocidad, son más silenciosos y más duraderos; además, pueden transmitir el movimiento de ejes que se corten. De sus inconvenientes se puede decir que se desgastan más que los rectos, son más caros de fabricar y necesitan generalmente más engrase que los rectos.

Lo más característico de un engranaje cilíndrico helicoidal es la hélice que forma, siendo considerada la hélice como el avance de una vuelta completa del diámetro primitivo del engranaje. De esta hélice deriva el ángulo β que forma el dentado con el eje axial. Este ángulo tiene que ser igual para las dos ruedas que engranan, pero de orientación contraria, o sea: uno a derechas y el otro a izquierda. Las relaciones de transmisión que se aconsejan son más o menos parecidas a las de los engranajes rectos (Cometta Conde, 2010).

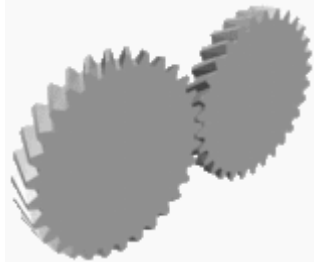


Figura 1-2 Pareja de engranaje helicoidal.

1.2–Principales softwares que calculan características geométricas de engranajes.

KISSsoft: Actualmente en su versión del año 2018 es un programa constituido por paquetes estándar y rutinas especializadas para la verificación, dimensionamiento y optimización de elementos de máquinas como engranes, ejes y cojinetes, elementos de unión, resortes, correas y cadenas. El precio del paquete completo oscila entre \$5000,00 USD a \$50000,00 USD en dependencia de las necesidades del diseñador. El paquete engranes KISSsoft GEARCALC ofrece cálculos geométricos completos para engranes cilíndricos de dientes rectos y oblicuos, calcula la forma del diente, brinda una representación gráfica en pantalla (2D) del deslizamiento específico, brinda medidas de control para inspección y datos para la fabricación; realiza análisis de tensiones basado en cualquiera de las siguientes normas: DIN, ISO, AGMA o VDI. El precio del paquete para engranes es \$2495,00 USD y sólo se comercializa en Estados Unidos y Canadá (KISSsoft).

Autodesk Inventor: Su última versión es la “Autodesk Inventor 2018”, este es un completo software CAD/CAE de diseño especializado en ingeniería mecánica. Entre su amplia gama de posibilidades de diseño permite el diseño de transmisiones por engranajes utilizando las normas ISO, AGMA, DIN, CSN, y el método de Merrit. Tiene además el Design Accelerator para la rápida creación de engranajes. Su precio es de \$7295,00 USD (Autodesk, 2018).

MITCalc: Es un conjunto de programas para cálculos en diferentes campos como ingeniería, industria y tareas técnicas. Diseñado sobre Microsoft Excel, contiene cálculos detallados de diseño y comprobación de elementos como: engranes, transmisiones por correas, por cadenas, muelles, rodamientos, ejes y árboles, tolerancias, formulas técnicas, conversión de unidades y muchos otros. El precio del paquete completo es de \$249,00 EUR a \$299,00 EUR. También se pueden

obtener como software individual, los módulos de cálculo de engranajes se pueden obtener por \$24,00 EUR (MITCalc, 2014).

PowerGear: Este es un programa que permite determinar la capacidad de carga de transmisiones por engranajes utilizando las normas AGMA 2001, con capacidad de análisis tanto a engranajes de contacto exterior como interior. Su costo de adquisición es de \$795,00 USD (Technology, 2013).

ZAR1: Este programa realiza cálculos geométricos y de resistencia para ruedas dentadas de dientes rectos y oblicuos, interiores y exteriores de perfil de evolvente, y para cremalleras, según las normas: ISO y DIN. Su precio es \$1115,00 EUR (Software, 2014).

1.3 – Norma ISO.

Como es conocido, la ISO (en inglés, *International Standardization Organization*) es la asociación vinculada y responsabilizada con la propuesta, aprobación y elaboración de las normas internacionales.

Según información, obtenida del Informe Anual de ISO en 1996 (ISO, 1996), es conocido que hasta diciembre de ese año habían sido aprobadas un total de 10 189 Normas Internacionales.

Este intenso y voluminoso trabajo de la organización ha sido posible gracias a una membresía de 116 países, de los cuales 83 países (entre ellos Cuba) tienen derechos plenos a un total ejercicio del voto para la aprobación de las Normas Internacionales. Toda la labor de la ISO es realizada en un total de 185 Comités Técnicos, 611 Subcomités y 2022 Grupos de Trabajo. Entre las numerosas agrupaciones técnicas de la ISO, ha sido designado el Comité Técnico 60 (ISO TC60) para dedicarse plenamente a la elaboración, discusión y aprobación de las Normas Internacionales referidas a engranajes. Desde 1993(ISO, 2006), la secretaría de ISO TC60 corre a cargo de la Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes (en inglés, American Gear Manufacturers Association, AGMA) y es dirigida por WILLIAM A. BRADLEY, quien es actualmente Jefe de la División Técnica de AGMA y personalidad de gran prestigio entre los especialistas vinculados con los engranajes. Anteriormente, el Instituto Belga de Normalización había sido responsable con la conducción del

mencionado Comité Técnico, bajo la dirección del Dr. M.J.SPRENGERS (ISO, 1996).

Hasta el mes de diciembre del 2000, ISO TC60 presentaba aprobadas 22 Normas ISO y 8 Reportes Técnicos (TR). De estas normas, son dirigidas al cálculo de la capacidad de carga de los engranajes cilíndricos las siguientes (ISO, 1997):

ISO 6336-1: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos de dientes rectos y helicoidales. Introducción y factores de influencia general (ISO, 1997).

ISO 6336-2: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos de dientes rectos y helicoidales. Cálculo de la durabilidad superficial (picadura) (ISO, 1997).

ISO 6336-3: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos de dientes rectos y helicoidales. Cálculo de la resistencia en el pie del diente (ISO, 1997).

ISO 6336-5: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos de dientes rectos y helicoidales. Resistencia y calidad de los materiales (ISO, 1997).

ISO-TR10495: Cálculo de la vida de servicio en condiciones de carga variable, para engranajes cilíndricos (ISO, 1997).

ISO-TR13989-1: Verificación de la resistencia de los flancos de los dientes al desgaste adhesivo. Criterio de temperatura de flash (ISO, 1997).

ISO-TR13989-2: Verificación de la resistencia de los flancos de los dientes al desgaste adhesivo. Criterio de temperatura media (ISO, 1997).

Derivada de la Norma ISO 6336, dirigida a engranajes con aplicación general, se han realizado un grupo de propuestas de normas con aplicaciones más específicas, como son los casos de (ISO, 1997).

ISO-CD9085-1: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos industriales (ISO, 1997).

ISO-CD9085-2: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos industriales. Cálculo simplificado (ISO, 1997).

ISO-CD9084: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos para altas velocidades (ISO, 1997).

ISO-CD9083: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos con aplicación en la marina (ISO, 1997).

ISO-CD9082: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos con aplicación en vehículos (ISO, 1997).

ISO-CD9081: Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos con aplicación en la aviación (ISO, 1997).

En la Figura 1.3 se muestra el desarrollo de una parte de la corona de un engranaje cilíndrico de dientes rectos. En la misma y en la figura 1.4, se pueden apreciar las entidades geométricas más importantes que definen a los engranajes (Medina, 2010).

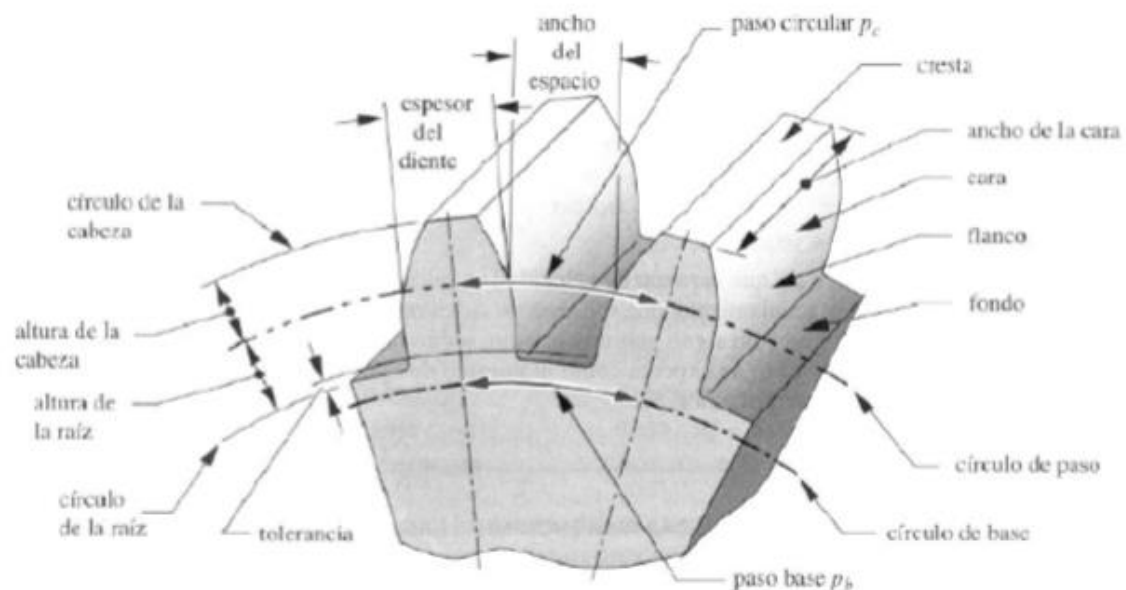


Figura 1.3

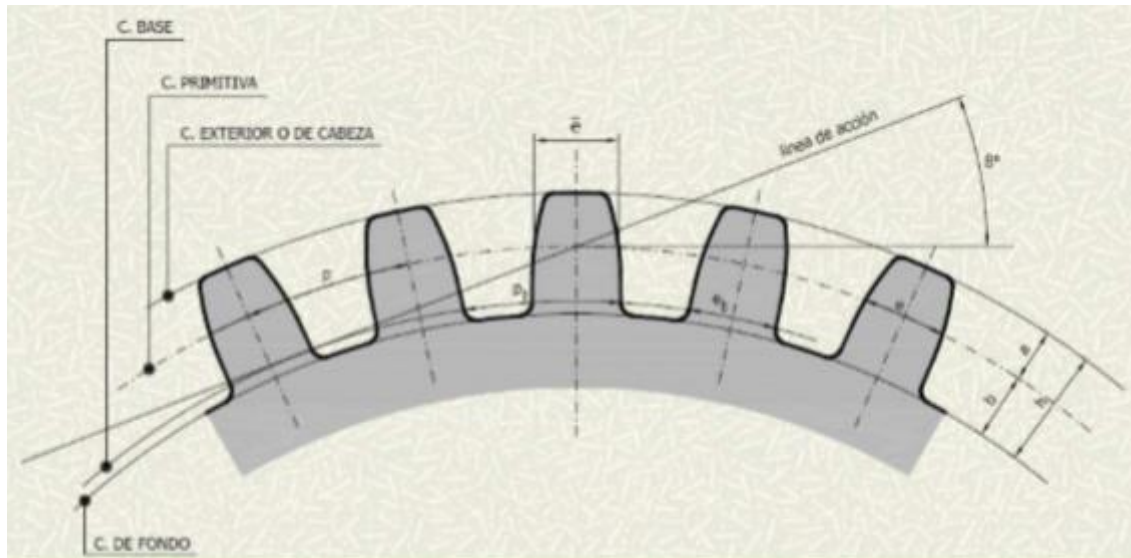


Figura 1.4

1.4: Coeficientes de Corrección.

La esencia de las correcciones del dentado consiste en ir ubicando el diente en una zona de la evolvente diferente a la que le hubiera correspondido si se hubiera tallado normalmente; mediante el desplazamiento de la herramienta generadora de perfil de dientes con relación a la posición de referencia que se establece entre el semiproducto y la recta de módulo (Hernández Ortega, 2014).

Los parámetros principales para evaluar la corrección del dentado, son los coeficientes de corrección, que cuantifican el desplazamiento absoluto (Δy) del perfil de la herramienta respecto a su módulo (m) y son denominados con la letra “x” y los subíndices 1 y 2 representan al piñón y la corona respectivamente (Hernández Ortega, 2014).

$$x_{1,2} = \Delta y_{1,2} * m \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Se define la corrección sumaria para el engranaje como:

$$x_s = x_1 + x_2 \quad \text{Ecuación 1.2}$$

1.5 – Contorno de bloqueo.

Los Contornos de Bloqueo (Hernández Ortega et al., 2013) son un método gráfico, cuyos principios fundamentales para su construcción fueron desarrollados por el ingeniero ruso Israel Bolotovski hace más de 60 años. Esta técnica consiste en la introducción en un sistema de coordenadas (Fig. 1.5):

coeficiente de corrección de la rueda (x_2) versus coeficiente de corrección del piñón (x_1), las curvas que definen las restricciones geométricas siguientes:

1. Factor de recubrimiento.
2. Espesor del diente en el diámetro exterior del piñón.
3. Interferencia del diámetro exterior de la rueda con el pie del diente del piñón.
4. Interferencia del diámetro exterior del piñón con el pie del diente de la rueda.
5. Socavado en el piñón.
6. Socavado en la rueda.

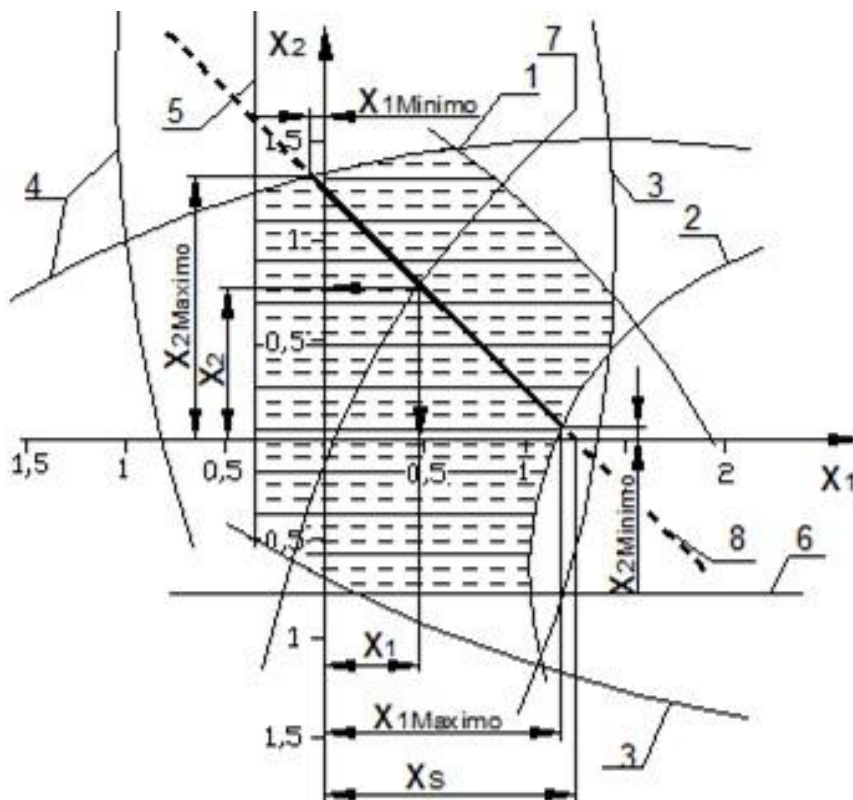


Figura 1.5 Coeficiente de corrección de la rueda (x_2 versus coeficiente de corrección del piñón (x_1))

El conjunto de valores de x_1 y x_2 encerrados por estas curvas delimita la zona de existencia o dominio, de la transmisión definida por los números de dientes del piñón (z_1) y la rueda (z_2), el ángulo de inclinación del diente (β) y los parámetros de la herramienta. La introducción de las curvas en el área gráfica se realiza a partir de las ecuaciones de cada restricción geométrica expresadas para módulo unitario. El estado actual de desarrollo de los medios informáticos permite eliminar las limitaciones mencionadas del método. Así, la construcción

automatizada de los Contornos de Bloqueo posibilita la obtención de la zona válida de los coeficientes de corrección, para cualquier combinación de números de dientes y parámetros de la herramienta, de una manera rápida y sencilla (Hernández Ortega et al., 2013).

1.6 - Parámetros fundamentales de la geometría de las ruedas dentadas.

Existe un grupo de parámetros geométricos (González Rey, 2001), que una vez conocidos, puede ser realizado el cálculo completo de la geometría de las ruedas dentadas. Ellos son:

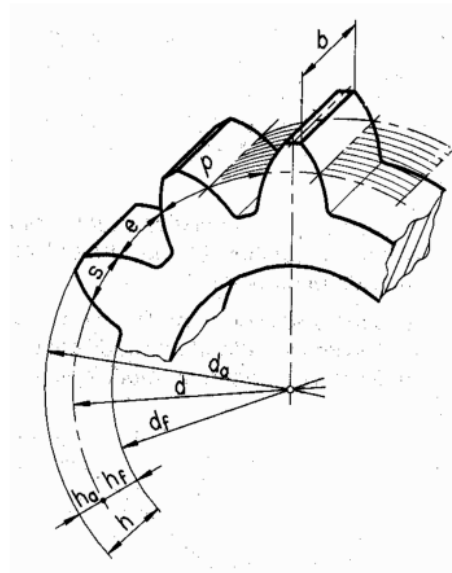


Figura 1.6

z : Número de dientes. m : Módulo normal.

β : Ángulo de la hélice en el cilindro de referencia.

b : Ancho del diente.

x : Coeficiente de corrección del diente.

α : Ángulo del perfil de la cremallera de referencia.

c^* : Factor de holgura radial (c / m).

$h a^*$: Factor de altura de cabeza ($h a / m$).

Usualmente es aceptado en los cálculos prácticos que $h a^* = h F P^*$

Para conservar la constancia de la relación de transmisión cinemática en el engranaje, los dientes del piñón y la rueda deben tener los perfiles conjugados, es decir que: La normal común a los perfiles en contacto divide a la distancia entre centros en dos segmentos inversamente proporcional a las velocidades angulares de las ruedas. Esta condición de contacto de los dientes entre el piñón y la rueda se observa si ellos engranan correctamente con la cremallera de referencia. Los parámetros del perfil de la cremallera de referencia pueden ser determinados de aquellos perfiles básicos más difundidos y normados (González Rey, 2001).

Una de las formas más difundidas de altura y ángulo de flanco de los dientes del perfil de referencia en las cremalleras básicas corresponde a: $\alpha = 20^\circ$, $h a^* = 1$ y $c^* = 0,25$, aceptada en la norma japonesa JIS B (González Rey, 2001).

Capítulo 2: Metodología de cálculo.

Todo software científico está construido a base de fórmulas, funciones y metodologías de cálculo las cuales son obtenidas por la experiencia acumulada por años de pura ciencia, en este caso se utilizó la norma ISO. También necesita un lenguaje para comunicarse con la máquina y así plantearle los pasos a seguir, para de esa manera llegar al resultado esperado, como por ejemplo Python, java, C++, Delphi y mucho otros más. Hay que tener en cuenta un diseño ameno y fácil acompañado de una comunicación entendible para el usuario, así como un nombramiento de variables lo más universal posible.

2.1. Ecuaciones y metodología matemática para la realización del software.

Para la realización de este software se utilizaron las siguientes ecuaciones de la tesis doctoral (Hernández Ortega, 2014) recogidas en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Parámetros geométricos norma ISO, para engranajes cilíndricos de contacto exterior

Cantidad	Para cualquier ángulo de presión
Paso	$t = \pi m$
Diámetro de paso	$d_p = mz / \cos(\beta)$
Diámetro básico	$d_b = d_p \cos \alpha_c$
Diámetro primitivo	$d_w = \frac{d_b}{\cos \alpha_w} = d_p \left(\frac{\cos \alpha_c}{\cos \alpha_w} \right)$
Alfa	$\alpha_c = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(\alpha)}{\cos(\beta)} \right)$
Distancia entre centros sin corregir	$a_w = mz_{\Sigma} / \cos(\beta) * 2$
Distancia entre centros corregida	$a_{wx} = a_w \left(\frac{\cos \alpha_c}{\cos \alpha_w} \right)$
Ángulo de Montaje (Debajo otra variante)	$\alpha_w = \cos^{-1} \left(\frac{a_w \cos \alpha_c}{a_{wx}} \right)$

	$\alpha_w = \text{inv}^{-1} \left[\left(2 \frac{x_\Sigma}{z_\Sigma} \right) \tan \alpha_c + \text{inv} \alpha_c \right]$
Coeficiente de corrección sumario	$x_\Sigma = z_\Sigma (\text{inv} \alpha_w - \text{inv} \alpha_c) / 2 \tan \alpha_c$
Diámetro interior	$d_f = d_p - 2m(h_a^* + c^* - x)$
Diámetro exterior	$d_a = d_f + 2h$
Coeficiente de desplazamiento invertido	$\Delta y = x_\Sigma - \left[\frac{z_\Sigma}{2} \left(\frac{\cos \alpha_c}{\cos \alpha_w} - 1 \right) \right]$
Profundidad de encaje del diente	$h_e = m(2h_a^* - \Delta y)$
Altura del diente	$h = h_e + mc^* = h_a + h_f$
Altura de la cabeza del diente	$h_a = (d_a - d_w) / 2$
Altura del pie del diente	$h_f = (d_w - d_f) / 2$
Factor de recubrimiento	$\varepsilon = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_w \sin \alpha_w}{t \cos \alpha_c}$
Ancho del Diente por la Circunferencia de Paso	$S_p = \frac{t}{2} + 2mx \tan \alpha_c$
Ancho del Diente por una Circunferencia Cualquiera	$S_n = d_n \left(\frac{S_p}{d_p} + \text{inv} \alpha_c - \text{inv} \alpha_n \right)$
Ángulo en una Circunferencia Cualquiera	$\alpha_n = \cos^{-1} \left(\frac{d_b}{d_n} \right)$
Número mínimo de dientes en el piñón	14 (para $h_a^* = 0.8$) y 17 (para $h_a^* = 1$)

Módulos Estandarizados (en mm) (González Rey, 2001): 1; 1,25 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12 ; 16 ; 20 ; 25

Notas:

h_a^* : Es el coeficiente de altura del diente de la herramienta de corte, que se toma generalmente igual a 1, aunque también puede tomar los valores: 0,8 y 1,1. (MAITRA, 2001)

c^* : Coeficiente de holgura radial de la herramienta de corte, que se toma generalmente igual a 0,25, aunque también puede tomar otros valores en el intervalo de 0,16 a 0,4. (ROMEVA, 1976)

Aspectos a chequear en ruedas corregidas

2.1.1: Aspectos a chequear en las ruedas que se corrigen negativamente:

El mínimo valor del coeficiente de corrección que se puede dar a una rueda se determina por la expresión (Hernández Ortega, 2014):

$$x_{min} = \left(\frac{17 - z}{17} \right) \cdot \frac{1}{h_a^*}$$

2.1.2: Aspectos a chequear en las ruedas que se corrigen positivamente:

El espesor del diente por la circunferencia exterior debe ser mayor o igual a $\frac{1}{4}$ del valor del módulo para evitar elafilamiento del diente lo que provoca que los dientes se partan por la punta (Hernández Ortega, 2014).

$$S_e = d_e \left(\frac{S_p}{d_p} + \text{inv } \alpha_c - \text{inv } \alpha_e \right) \geq 0.25m$$

2.1.3: Aspectos a chequear en las correcciones angulares positivas o en correcciones de altura corrigiendo positivamente el piñón y negativamente la corona:

En estos casos el factor de recubrimiento tiende a disminuir, por lo que hay que garantizar que no se pierda el contacto ininterrumpido de los dientes (Hernández Ortega, 2014).

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_w \sin \alpha_w}{t \cos \alpha_c} \geq 1.2$$

Las correcciones angulares negativas o de altura corrigiendo negativamente el piñón y positivamente la corona tienen muy poca aplicación práctica; no

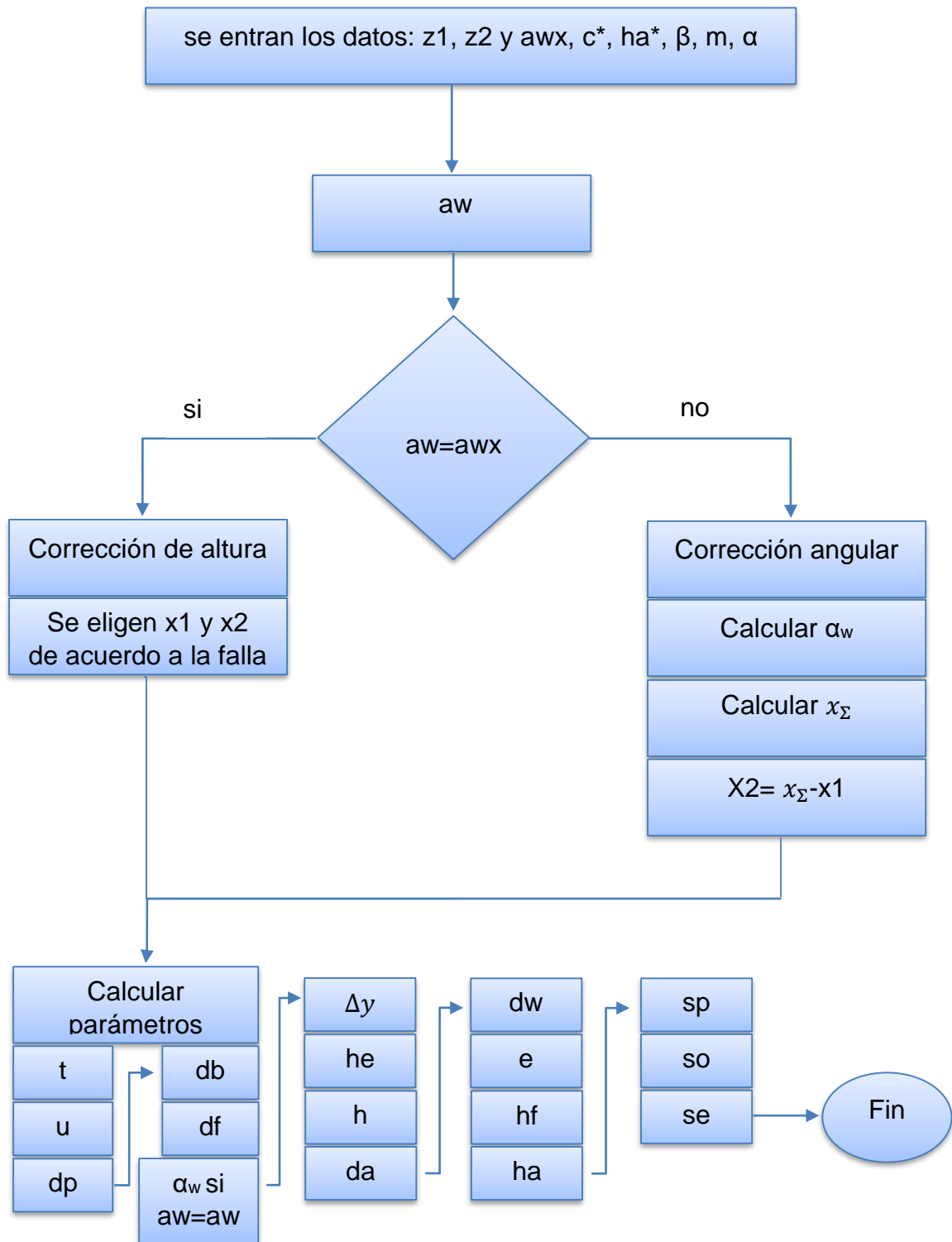
obstante, en estos casos, no hay que chequear el coeficiente de recubrimiento, pues el mismo aumenta(Hernández Ortega, 2014).

2.3 De la teoría a la práctica.

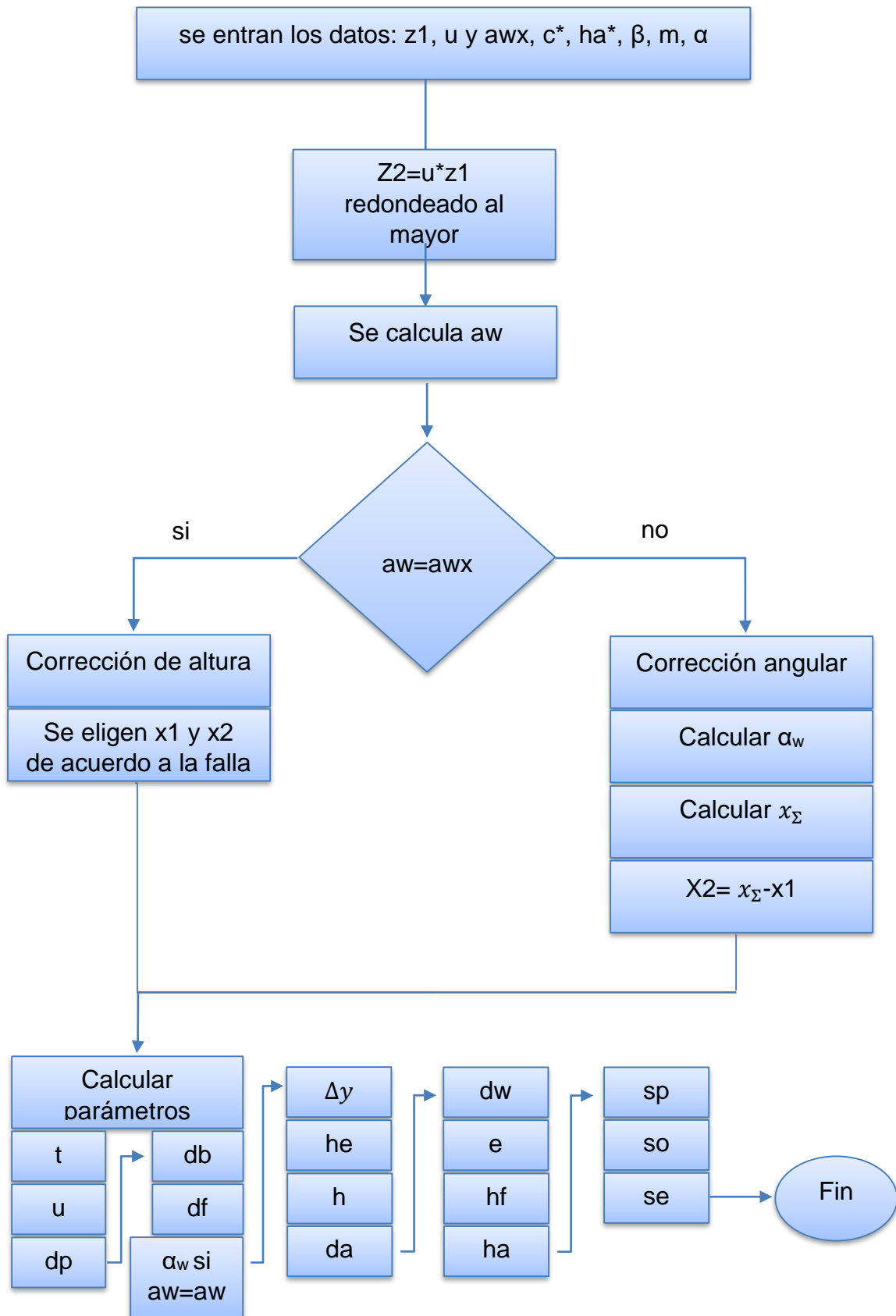
No siempre se cuenta con los mismos parámetros conocidos por lo que hay que formular diferentes algoritmos matemáticos para poder calcular los casos por lo que formularemos los siguientes casos:

Nota: Cuando el nombre del parámetro está solo en el cuadro es que se calcula.

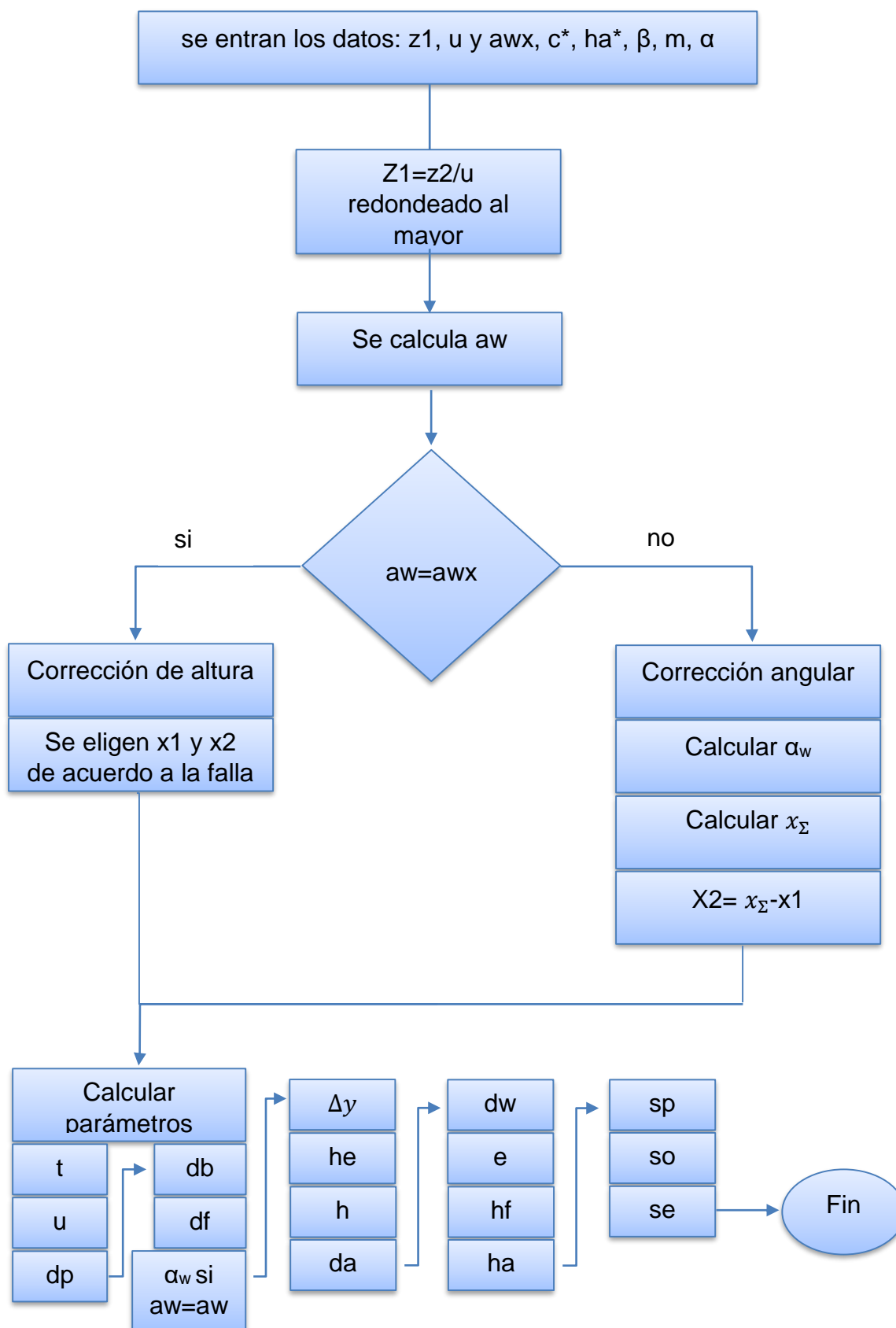
1- Cuando hay z_1 , z_2 y aw_x ,



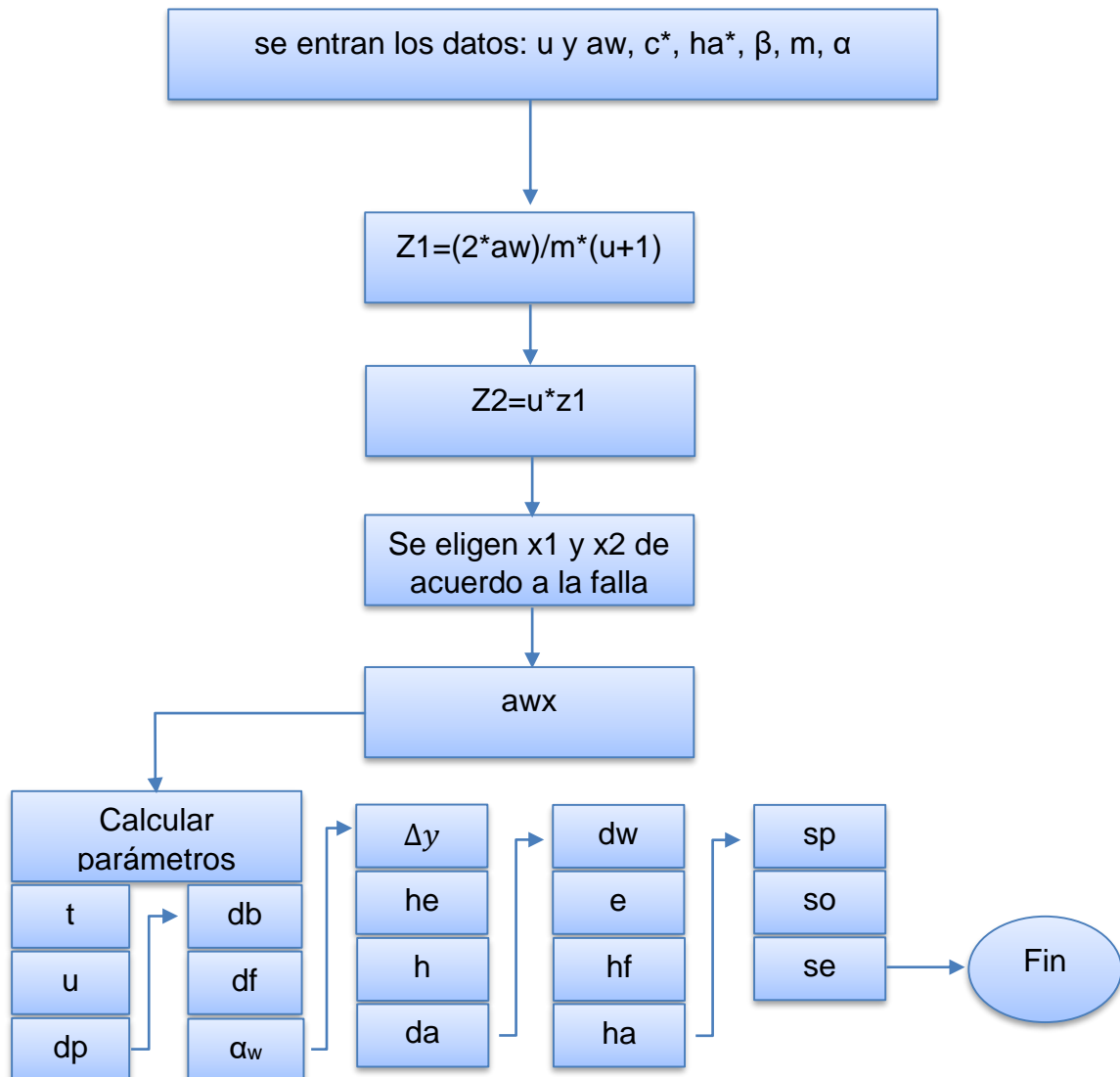
2-Cuando hay z_1 , u y aw_x ,



3-Cuando hay z2, u y awx,



4- Cuando hay z_1 , u y awx ,



2.4: Lenguajes de programación.

Hay muchos lenguajes de programación, su diversidad se define por su fin. Para calcular existen lenguajes como Java, Python.

2.4.1 Lenguaje de programación Python.

Python es un lenguaje de programación poderoso y fácil de aprender. Cuenta con estructuras de datos eficientes y de alto nivel y un enfoque simple pero efectivo a la programación orientada a objetos. La elegante sintaxis de Python y su tipado dinámico, junto con su naturaleza interpretada, hacen de éste un lenguaje ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en diversas áreas y sobre la mayoría de las plataformas.

El intérprete de Python y la extensa biblioteca estándar están a libre disposición en forma binaria y de código fuente para las principales plataformas desde el sitio web de Python, <https://www.python.org/>, y puede distribuirse libremente. El mismo sitio contiene también distribuciones y enlaces de muchos módulos libres de Python de terceros, programas y herramientas, y documentación adicional.

El intérprete de Python puede extenderse fácilmente con nuevas funcionalidades y tipos de datos implementados en C o C++ (u otros lenguajes accesibles desde C). Python también puede usarse como un lenguaje de extensiones para aplicaciones personalizables (Van Rossum, 2009).

2.4.2 Lenguaje de programación java.

Java es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible. Su intención es permitir que los desarrolladores de aplicaciones escriban el programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo (conocido en inglés como *WORA*, o "*write once, run anywhere*"), lo que quiere decir que el código que es ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para correr en otra. Java es, a partir de 2012, uno de los lenguajes de programación más populares en uso, particularmente para aplicaciones de cliente-servidor de web, con unos 10 millones de usuarios reportados (Cometta Conde, 2010).

El lenguaje de programación Java fue originalmente desarrollado por James Gosling de Sun Microsystems (la cual fue adquirida por la compañía Oracle) y publicado en 1995 como un componente fundamental de la plataforma Java de Sun Microsystems. Su sintaxis deriva en gran medida de C y C++, pero tiene menos utilidades de bajo nivel que cualquiera de ellos. Las aplicaciones de Java son generalmente compiladas a bytecode (clase Java) que puede ejecutarse en cualquier máquina virtual Java (JVM) sin importar la arquitectura de la computadora subyacente (Cometta Conde, 2010).

2.4.3 Python vs java.

Python es un lenguaje de programación que cuenta con una curva de aprendizaje más suave, y un estilo de codificación más intuitivo. Java es también otro lenguaje de programación, pero con una clara ventaja en comparación con otros lenguajes de programación. Programas hechos con Java pueden ejecutarse en cualquier sistema operativo. Esto es porque Java no se compila a código de bytes nativo, como Python hace; compila a un código de bytes de Java que puede ser leído y ejecutado por la máquina virtual. El uso de una máquina virtual perjudica el rendimiento de los programas Java debido a la sobrecarga producida. Los programas que se compilan a código nativo, como Python, puedan realizar en su mejor momento, ya que puede aprovechar las optimizaciones. Aunque se puede compilar programas Java a código nativo, pero no funciona tan bien.

Una característica clave en Python es el uso de espacio en blanco para indicar el principio y el final de los bloques de código. Java, como la mayoría de los lenguajes de programación, utiliza los apoyos para la misma funcionalidad. Para comparar una a la otra, una llave de apertura para Java es igual a una sangría creciente en Python. La llave de cierre para Java es el equivalente de una llave de la disminución en Python.

Por lo que concluimos que si programamos en Python tendremos un mejor desempeño de la máquina.

Capítulo 3: Manual de Usuario de EC-Calc.

La interfaz de EC-Calc: EC-Calc está compuesto por zonas de entrada y de salida.

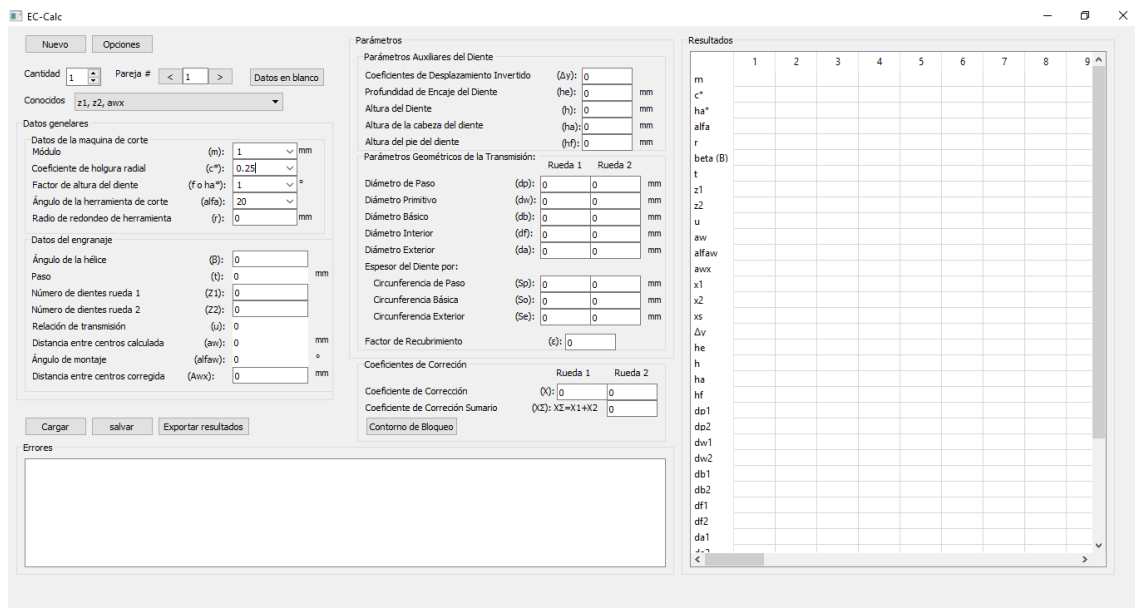


Figura 3.1 Interfaz de EC-Calc al inicio

Su ambiente está conformado para una fácil interacción del usuario con el software pues cada parámetro está acompañado con su nombre, como, por ejemplo:

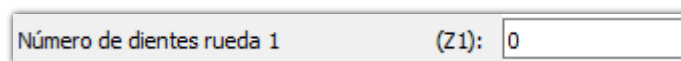


Figura 3.2 Ejemplo de parámetro

El nombre a la izquierda, su simbología a la derecha junto a un QlineEdit para entrar el valor cuando sea necesario.

3.1: Zonas de entrada, salida.

Las zonas de entrada y salida son responsables de la interacción del usuario con el software pues sin estas sería imposible escribir y leer la información.

La zona de entrada está compuesta por “datos de la máquina de corte”, por “datos del engranaje”, botones de interacción y ventanas secundarias para definir parámetros necesarios los cuales se mostrarán luego.

En los datos generales se encuentran los datos de la máquina de corte y del engranaje.

Datos generales		
Datos de la maquina de corte		
Módulo	(m):	1 mm
Coeficiente de holgura radial	(c*):	0.25
Factor de altura del diente	(f o ha*):	1 °
Ángulo de la herramienta de corte	(alfa):	20
Radio de redondeo de herramienta	(r):	0 mm
Datos del engranaje		
Ángulo de la hélice	(β):	0
Paso	(t):	0 mm
Número de dientes rueda 1	(Z1):	0
Número de dientes rueda 2	(Z2):	0
Relación de transmisión	(u):	0
Distancia entre centros calculada	(aw):	0 mm
Ángulo de montaje	(alfaw):	0 °
Distancia entre centros corregida	(Awx):	0 mm

Figura 3.3 Datos generales

En “Datos de la máquina de corte” se encuentran:

- Módulo.
- Coeficiente de holgura radial.
- Factor de altura del diente.
- Ángulo de la herramienta de corte.
- Radio de redondeo de herramienta.

Datos de la maquina de corte		
Módulo	(m):	1 mm
Coeficiente de holgura radial	(c*):	0.25
Factor de altura del diente	(f o ha*):	1 °
Ángulo de la herramienta de corte	(alfa):	20
Radio de redondeo de herramienta	(r):	0 mm

Figura 3.4 Datos de la máquina de corte

3.1.1: Módulo.

Contiene valores normalizados en el QcomboBox pero pueden ser modificados por el valor que desee el usuario, sus valores normalizados son: 0.3, 0.4, 0.5, 0.8, 1, 1.25, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25. La unidad de medida es mm.

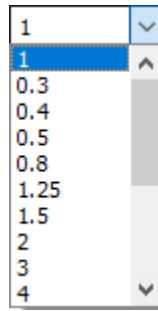


Figura 3.5 Valores de m normalizados en el QcomboBox

3.1.2: Coeficiente de holgura radial.

Contiene los valores más utilizados: 0,25 y 0,16. Son contenidos en un QcomboBox y da posibilidad de escribir el valor que desee el usuario.

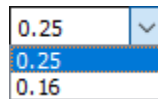


Figura 3.6 Valores de c normalizados en el QcomboBox

3.1.3: Factor de altura del diente.

Contiene los valores más utilizados: 1 y 0,8. Son contenidos en un QcomboBox y da posibilidad de escribir el valor que desee el usuario.

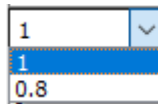


Figura 3.7 Valores de ha^* normalizados en el QcomboBox

3.1.4: Ángulo de la herramienta de corte.

Contiene los valores más utilizados: 20, 14,5 y 25. La unidad de medida son ángulos, son contenidos en un QcomboBox y da posibilidad de escribir el valor que desee el usuario.

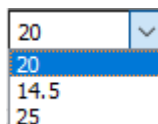


Figura 3.8 Valores de α normalizados en el QcomboBox

3.1.5: Ángulo de la herramienta de corte.

Su valor de inicio es 0 al igual que los siguientes valores, se da en mm.

Radio de redondeo de herramienta	(r):	0
----------------------------------	------	---

Figura 3.9 Valores de r normalizados en el QlineEdit

En “Datos del engranaje” se encuentran:

- Ángulo de la hélice.
- Paso.
- Número de dientes de la rueda 1.
- Número de dientes de la rueda 2.
- Relación de transmisión.
- Distancia entre centros calculada.
- Ángulo de montaje.
- Distancia entre centros corregida.

Datos del engranaje		
Ángulo de la hélice	(β):	0
Paso	(t):	0
Número de dientes rueda 1	(Z1):	0
Número de dientes rueda 2	(Z2):	0
Relación de transmisión	(u):	0
Distancia entre centros calculada	(aw):	0
Ángulo de montaje	(α_{faw}):	0
Distancia entre centros corregida	(Awx):	0

mm
°
mm

Figura 3.10 Datos del engranaje

Todos estos elementos al principio inician en valor 0, son QlineEdit y tienen como unidad de medida mm exceptuando el ángulo de la hélice y el ángulo de montaje que se dan en ángulos.

En “Coeficientes de Corrección” se encuentran:

- Coeficiente de Corrección Rueda 1.
- Coeficiente de Corrección Rueda 2.
- Coeficiente de Corrección Sumario.
- Botón “Contorno de Bloqueo”.

Coeficientes de Corrección		
	Rueda 1	Rueda 2
Coeficiente de Corrección	(X): 0	0
Coeficiente de Corrección Sumario	($X\Sigma$): $X\Sigma = X1 + X2$	0

Figura 3.11 Contorno de bloqueo

En el caso del coeficiente de corrección de la rueda 2 puede verse sometido a cambios a la hora de calcular pues si aw es diferente a awx entonces se busca

un valor de x sumario y luego se encuentra el valor del coeficiente de corrección de la rueda dos en dependencia del valor del coeficiente de corrección de la rueda uno.

El botón “Contorno de bloqueo” ejecuta el software Contorno de bloque para transmisiones por engranajes cilíndricos con contacto exterior del ing. Robert Hernández Ortega DrC. para determinar las correcciones por el tipo de falla a eliminar.

3.2: Selección de parámetros conocido.

En el capítulo anterior se exponen 4 algoritmos matemáticos para calcular parámetros geométricos de engranajes cilíndricos con contacto exterior. Se pueden seleccionar por medio de un QcomboBox:

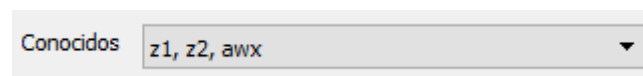


Figura 3.12 Parámetros conocidos cerrado

Así de esta manera se puede seleccionar el caso que más favorezca al usuario en dependencia de los parámetros conocidos, o sea:

- Teniendo c^* , ha^* , α , m , r , $z1$, $z2$, awx .
- Teniendo c^* , ha^* , α , m , r , u , aw
- Teniendo c^* , ha^* , α , m , r , $z1$, u , $a.wx$.
- Teniendo c^* , ha^* , α , m , r , $z2$, u , awx .

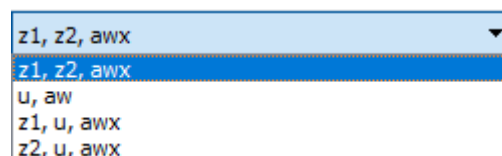


Figura 3.13 Parámetros conocidos abierto

3.3: Selección de parejas de engranajes.

El software EC-Calc tiene la posibilidad de facilitar el diseño de varios engranajes en una misma sección, o sea, si el usuario tiene que diseñar un mecanismo con varias parejas de engranajes no tiene que estar creando un archivo para cada pareja, sino que puede guardar en un mismo archivo varias parejas de engranajes.

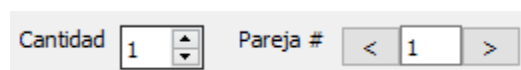


Figura 3.14 Parejas de engranajes

A la izquierda se encuentra un QspinBox el cual contiene el valor del número de parejas que el usuario podrá diseñar y a la derecha se encuentra en el medio un QlineEdit con el valor de la pareja en la que se está trabajando, a su izquierda un botón para retroceder, a su derecha otro botón para adelantar. Cuando se adelanta o se retrasa el software guarda y se actualiza automáticamente.

Para que el programa calcule basta solo con presionar “Enter” luego de que escriba uno de los valores de entrada.

3.4: Zonas de salida.

En todo problema es fundamental una solución la cual hay que demostrar y el software EC-Calc la demuestra de esta manera:

Los “parámetros de salida” están compuestos por:

- Parámetros auxiliares del diente.
- Parámetros geométricos de la transmisión .

Parámetros				
Parámetros Auxiliares del Diente				
Coeficientes de Desplazamiento Invertido	(Δy):	0		
Profundidad de Encaje del Diente	(h_e):	0	mm	
Altura del Diente	(h):	0	mm	
Altura de la cabeza del diente	(h_a):	0	mm	
Altura del pie del diente	(h_f):	0	mm	
Parámetros Geométricos de la Transmisión:				
		Rueda 1	Rueda 2	
Diámetro de Paso	(d_p):	0	0	mm
Diámetro Primitivo	(d_w):	0	0	mm
Diámetro Básico	(d_b):	0	0	mm
Diámetro Interior	(d_f):	0	0	mm
Diámetro Exterior	(d_a):	0	0	mm
Espesor del Diente por:				
Circunferencia de Paso	(S_p):	0	0	mm
Circunferencia Básica	(S_o):	0	0	mm
Circunferencia Exterior	(S_e):	0	0	mm
Factor de Recubrimiento	(ϵ):	0		

Figura 3.15 Parámetros de salida

Los “Parámetros auxiliares del diente” son:

- Coeficiente de Desplazamiento invertido.
- Profundidad de encaje del diente.
- Altura del diente.
- Altura de la cabeza del diente.
- Altura del pie del diente.

Parámetros Auxiliares del Diente		
Coefficientes de Desplazamiento Invertido	(Δy):	0
Profundidad de Encaje del Diente	(h_e):	0 mm
Altura del Diente	(h):	0 mm
Altura de la cabeza del diente	(h_a):	0 mm
Altura del pie del diente	(h_f):	0 mm

Figura 3.16 Parámetros auxiliares del diente

Los valores se muestran en QlineEdits y se dan en mm.

Los “parámetros geométricos de la transmisión” de cada rueda son:

- Diámetros de paso.
- Diámetros primitivos.
- Diámetros básicos.
- Diámetro interior.
- Diámetro exterior.
- Espesor del diente por circunferencia de paso.
- Espesor del diente por circunferencia básica.
- Espesor del diente por circunferencia exterior.
- Factor de recubrimiento.

Parámetros Geométricos de la Transmisión:		Rueda 1	Rueda 2	
Diámetro de Paso	(d_p):	0	0	mm
Diámetro Primitivo	(d_w):	0	0	mm
Diámetro Básico	(d_b):	0	0	mm
Diámetro Interior	(d_f):	0	0	mm
Diámetro Exterior	(d_a):	0	0	mm
Espesor del Diente por:				
Circunferencia de Paso	(S_p):	0	0	mm
Circunferencia Básica	(S_o):	0	0	mm
Circunferencia Exterior	(S_e):	0	0	mm
Factor de Recubrimiento	(ϵ):	0		

Figura 3.17 Parámetros geométricos de la transmisión

Los valores se muestran en QlineEdits y se dan en mm.

Para una mejor visualización de los datos se creó una tabla, una QTableWidgetItem donde por las columnas se encuentran las parejas y por las filas los parámetros.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m									
c*									
ha*									
alfa									
r									
beta (B)									
t									
z1									
z2									
u									
aw									
alfaw									
awx									
x1									
x2									
xs									
Δv									
he									
h									
ha									
hf									
dp1									
dp2									
dw1									
dw2									
db1									
db2									
df1									
df2									
da1									

Figura 3.18 Tablas de resultados

Los valores de la tabla no se pueden copiar.

Para mostrar los errores se utilizó un QListWidget.

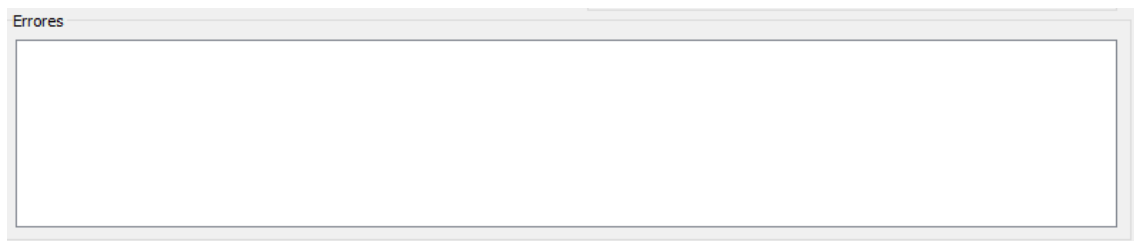


Figura 3.19 Lista de errores

3.5: Botones y ventanas auxiliares.

3.5.1: Botón “Datos en blanco”.

El botón “Datos en blanco” hace la función de hacer 0 todos los valores menos los datos de la máquina de corte.

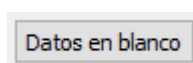


Figura 3.20 Botón datos en blanco

3.5.2: Botón “Opciones”

Este botón ejecuta la ventana opciones.

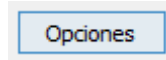


Figura 3.21 Botón opciones

En la ventana opciones se puede especificar la cantidad de espacios después de la coma y los márgenes del documento pdf a exportar.

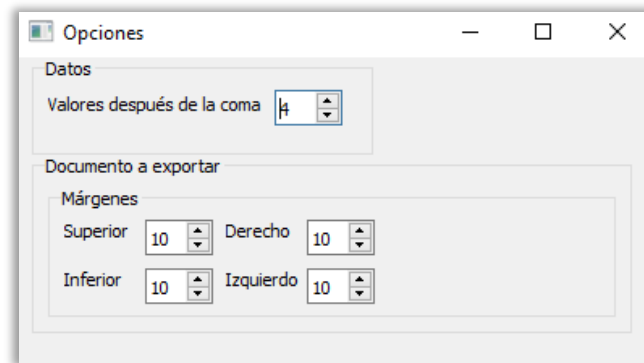


Figura 3.22 Ventana figura

3.5.3: Botón “Salvar”.

Es el responsable de efectuar la acción de salvar. Pues al dar clic en él se abre una ventada para escoger la ruta donde guardar un archivo con extensión “.engr” donde están todos los datos del caso calculado.

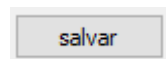


Figura 3.23 Botón salvar

3.5.4: Botón “Cargar”.

Es el responsable de efectuar la acción de salvar. Pues al dar clic en él se abre una ventada para escoger la ruta donde cargar un archivo con extensión “.engr” donde están todos los datos del caso calculado. Luego de ser cargado entonces es actualizado el programa con los valores entrados.

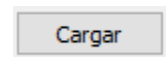


Figura 3.24 Botón cargar

3.5.5: Botón “Exportar resultados”

Abre la ventana exportar.

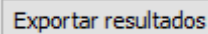
Un botón rectangular con el texto "Exportar resultados" en un color gris oscuro.

Figura 3.25 Botón exportar

En la ventana exportar se especifican datos como el autor, nombre del proyecto, notas y la fecha. También cuenta con un botón que tiene la acción de crear pdf.

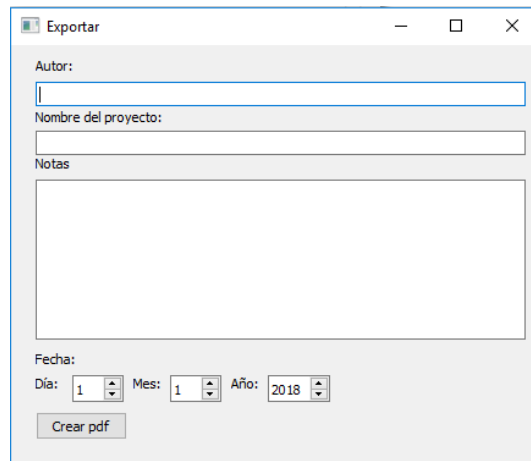
Una ventana de software titulada "Exportar". Contiene campos de entrada para "Autor:", "Nombre del proyecto:", "Notas" (un área de texto grande) y "Fecha:". La sección "Fecha:" incluye subcampos para "Día:" (valor 1), "Mes:" (valor 1) y "Año:" (valor 2018). En la parte inferior hay un botón "Crear pdf".

Figura 3.26 Ventana exportar

3.6: Un ejemplo de su funcionamiento al calcular varias parejas de engranajes cilíndricos rectos de contacto exterior.

Se desea calcular las características geométricas de 5 engranajes cilíndricos de dientes rectos, los datos son los siguientes:

	1	2	3	4	5
m	1	1	1	1	1
C*	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ha*	1	1	1	1	1
α	20	20	20	20	20
Z1	15	20	25	30	35
Z2	65	70	75	80	85
awx	40	45	50	55	60

Para dar solución se escriben los datos en cada pareja. Quedaría de la siguiente manera:

Pareja 1

EC-Calc

Nuevo Opciones

Cantidad: 5 Pareja #: 1 Datos en blanco

Conocidos: z1, z2, awx

Datos generales

Datos de la máquina de corte

Módulo (m): 1.0 mm

Coefficiente de holgura radial (c*): 0.25

Factor de altura del diente (f o ha*): 1.0

Ángulo de la herramienta de corte (alfa): 20.0

Radio de redondeo de herramienta (r): 0.0 mm

Datos del engranaje

Ángulo de la hélice (β): 0.0

Paso (t): 3.1416 mm

Número de dientes rueda 1 (Z1): 15.0

Número de dientes rueda 2 (Z2): 65.0

Relación de transmisión (u): 4.3333

Distancia entre centros calculada (aw): 40.0 mm

Ángulo de montaje (alfam): 20.0

Distancia entre centros corregida (Awx): 40.0 mm

Parámetros

Parámetros Auxiliares del Diente

Coefficiente de Desplazamiento Invertido (Δv): 0

Profundidad de Encaje del Diente (he): 2.0 mm

Altura del Diente (h): 2.25 mm

Altura de la cabeza del diente (ha): 1.0 mm

Altura del pie del diente (hf): 1.25 mm

Parámetros Geométricos de la Transmisión:

	Rueda 1	Rueda 2
Diámetro de Paso (db):	15.0	65.0
Diámetro Primitivo (dhw):	15.0	65.0
Diámetro Básico (db):	14.0954	61.08
Diámetro Interior (dfi):	12.5	62.5
Diámetro Exterior (da):	17.0	67.0

Espeor del Diente por:

	Rueda 1	Rueda 2
Circunferencia de Paso (Sp):	1.5708	1.5708
Circunferencia Básica (So):	1.6862	2.3864
Circunferencia Exterior (Se):	0.6564	0.7897

Factor de Recubrimiento (c): 1.6392

Coefficientes de Corrección

	Rueda 1	Rueda 2
Coefficiente de Corrección (X):	0.0	0.0
Coefficiente de Corrección Sumario (XΣ):	XΣ=X1+X2	0.0

Contorno de Bloques

Resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
c*	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
ha*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
alfa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
beta (β)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
t	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416				
z1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
z2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
u	4.3333	3.5	3.0	2.6667	2.4286				
aw	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
alfaw	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
awx	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
x1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
x2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
xs	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
Δv	0	0	0	0	0				
he	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0				
h	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25				
ha	1.0	0.9999...	1.0	1.0	1.0				
hf	1.25	1.2500...	1.25	1.25	1.25				
dp1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
dp2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
dw1	15.0	20.0001	25.0	30.0	35.0				
dw2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
db1	14.0954	18.7939	23.4923	28.1908	32.8892				
db2	61.08	65.7785	70.4769	75.1754	79.8739				
df1	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5				
df2	62.5	67.5	72.5	77.5	82.5				
da1	17.0	22.0	27.0	32.0	37.0				

Errores

El valor del coeficiente de corrección en la rueda 1 es menor que el permitido

Figura 3.27 Pareja1

Por lo visto existe un error porque el valor del coeficiente en la rueda1 o sea en el piñón, es menor que el permitido por lo que se opta por un coeficiente de corrección mayor, tomaremos el valor de 0.2.

EC-Calc

Nuevo Opciones

Cantidad: 5 Pareja #: 1 Datos en blanco

Conocidos: z1, z2, awx

Datos generales

Datos de la máquina de corte

Módulo (m): 1.0 mm

Coefficiente de holgura radial (c*): 0.25

Factor de altura del diente (f o ha*): 1.0

Ángulo de la herramienta de corte (alfa): 20.0

Radio de redondeo de herramienta (r): 0.0 mm

Datos del engranaje

Ángulo de la hélice (β): 0.0

Paso (t): 3.1416 mm

Número de dientes rueda 1 (Z1): 15.0

Número de dientes rueda 2 (Z2): 65.0

Relación de transmisión (u): 4.3333

Distancia entre centros calculada (aw): 40.0 mm

Ángulo de montaje (alfam): 20.0

Distancia entre centros corregida (Awx): 40.0 mm

Parámetros

Parámetros Auxiliares del Diente

Coefficiente de Desplazamiento Invertido (Δv): 0.2

Profundidad de Encaje del Diente (he): 1.8 mm

Altura del Diente (h): 2.05 mm

Altura de la cabeza del diente (ha): 1.0 mm

Altura del pie del diente (hf): 1.049999999 mm

Parámetros Geométricos de la Transmisión:

	Rueda 1	Rueda 2
Diámetro de Paso (db):	15.0	65.0
Diámetro Primitivo (dhw):	15.0	65.0
Diámetro Básico (db):	14.0954	61.08
Diámetro Interior (dfi):	12.9	62.5
Diámetro Exterior (da):	17.0	66.6

Espeor del Diente por:

	Rueda 1	Rueda 2
Circunferencia de Paso (Sp):	1.71638809	1.5708
Circunferencia Básica (So):	1.823	2.3864
Circunferencia Exterior (Se):	0.8214	0.9615

Factor de Recubrimiento (c): 1.4718

Coefficientes de Corrección

	Rueda 1	Rueda 2
Coefficiente de Corrección (X):	0.2	0.0
Coefficiente de Corrección Sumario (XΣ):	XΣ=X1+X2	0.2

Contorno de Bloques

Resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
c*	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
ha*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
alfa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
beta (β)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
t	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416				
z1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
z2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
u	4.3333	3.5	3.0	2.6667	2.4286				
aw	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
alfaw	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
awx	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
x1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
x2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
xs	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
Δv	0.2	0	0	0	0				
he	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0				
h	2.05	2.25	2.25	2.25	2.25				
ha	1.0	0.9999...	1.0	1.0	1.0				
hf	1.0499...	1.2500...	1.25	1.25	1.25				
dp1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
dp2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
dw1	15.0	20.0001	25.0	30.0	35.0				
dw2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
db1	14.0954	18.7939	23.4923	28.1908	32.8892				
db2	61.08	65.7785	70.4769	75.1754	79.8739				
df1	12.9	17.5	22.5	27.5	32.5				
df2	62.5	67.5	72.5	77.5	82.5				
da1	17.0	22.0	27.0	32.0	37.0				

Errores

Figura 3.28

Como se ve no hay ningún error.

Pareja2

EC-Calc

Nuevo Opciones

Cantidad: 5 Pareja #: 2 Datos en blanco

Conocidos: z1, z2, awx

Datos generales

Datos de la máquina de corte

Módulo (m): 1.0 mm

Coefficiente de holgura radial (c*): 0.25

Factor de altura del diente (f o ha*): 1.0 *

Ángulo de la herramienta de corte (alfa): 20.0 °

Radio de redondeo de herramienta (r): 0.0 mm

Datos del engranaje

Ángulo de la hélice (β): 0.0 °

Paso (t): 3.1416 mm

Número de dientes rueda 1 (Z1): 20.0

Número de dientes rueda 2 (Z2): 70.0

Relación de transmisión (u): 3.5

Distancia entre centros calculada (aw): 45.0 mm

Ángulo de montaje (alfam): 20.0 °

Distancia entre centros corregida (Awx): 45.0 mm

Cargar salvar Exportar resultados

Errores

Parámetros

Parámetros Auxiliares del Diente

Coefficientes de Desplazamiento Invertido (Δv): 0 mm

Profundidad de Encaje del Diente (he): 2.0 mm

Altura del Diente (h): 2.25 mm

Altura de la cabeza del diente (ha): 1.0 mm

Altura del pie del diente (hf): 1.25004999 mm

Parámetros Geométricos de la Transmisión:

Rueda 1 Rueda 2

Diámetro de Paso (dp): 20.0 70.0 mm

Diámetro Primitivo (dpr): 20.0001 70.0 mm

Diámetro Básico (db): 18.7939 65.7785 mm

Diámetro Interior (di): 17.5 67.5 mm

Diámetro Exterior (da): 22.0 72.0 mm

Espeor del Diente por:

Circunferencia de Paso (Sp): 1.5708 1.5708 mm

Circunferencia Básica (Sb): 1.7562 2.4565 mm

Circunferencia Exterior (Se): 0.6949 0.7932 mm

Factor de Recubrimiento (c): 1.6822

Coefficientes de Corrección

Rueda 1 Rueda 2

Coefficiente de Corrección (X): 0.0 0.0

Coefficiente de Corrección Sumario (XΣ): XΣ=X1+X2 0.0

Contorno de Bloques

Resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
c*	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
ha*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
alfa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
beta (B)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
t	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416				
z1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
z2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
u	4.3333	3.5	3.0	2.6667	2.4286				
aw	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
alfaw	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
awx	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
x1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
x2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
xs	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
Δv	0.2	0	0	0	0				
he	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0				
h	2.05	2.25	2.25	2.25	2.25				
ha	1.0	0.9999...	1.0	1.0	1.0				
hf	1.0499...	1.2500...	1.25	1.25	1.25				
dp1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
dp2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
dw1	15.0	20.0001	25.0	30.0	35.0				
dw2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
db1	14.0954	18.7939	23.4923	28.1908	32.8892				
db2	61.08	65.7785	70.4769	75.1754	79.8739				
df1	12.9	17.5	22.5	27.5	32.5				
df2	62.5	67.5	72.5	77.5	82.5				
da1	17.0	22.0	27.0	32.0	37.0				

Figura 3.29 Pareja2

Pareja 3

EC-Calc

Nuevo Opciones

Cantidad: 5 Pareja #: 3 Datos en blanco

Conocidos: z1, z2, awx

Datos generales

Datos de la máquina de corte

Módulo (m): 1.0 mm

Coefficiente de holgura radial (c*): 0.25

Factor de altura del diente (f o ha*): 1.0 *

Ángulo de la herramienta de corte (alfa): 20.0 °

Radio de redondeo de herramienta (r): 0.0 mm

Datos del engranaje

Ángulo de la hélice (β): 0.0 °

Paso (t): 3.1416 mm

Número de dientes rueda 1 (Z1): 25.0

Número de dientes rueda 2 (Z2): 75.0

Relación de transmisión (u): 3.0

Distancia entre centros calculada (aw): 50.0 mm

Ángulo de montaje (alfam): 20.0 °

Distancia entre centros corregida (Awx): 50.0 mm

Cargar salvar Exportar resultados

Errores

Parámetros

Parámetros Auxiliares del Diente

Coefficientes de Desplazamiento Invertido (Δv): 0 mm

Profundidad de Encaje del Diente (he): 2.0 mm

Altura del Diente (h): 2.25 mm

Altura de la cabeza del diente (ha): 1.0 mm

Altura del pie del diente (hf): 1.25 mm

Parámetros Geométricos de la Transmisión:

Rueda 1 Rueda 2

Diámetro de Paso (dp): 25.0 75.0 mm

Diámetro Primitivo (dpr): 25.0 75.0 mm

Diámetro Básico (db): 23.4923 70.4769 mm

Diámetro Interior (di): 22.5 72.5 mm

Diámetro Exterior (da): 27.0 77.0 mm

Espeor del Diente por:

Circunferencia de Paso (Sp): 1.5708 1.5708 mm

Circunferencia Básica (Sb): 1.8262 2.5265 mm

Circunferencia Exterior (Se): 0.7198 0.7962 mm

Factor de Recubrimiento (c): 1.7144

Coefficientes de Corrección

Rueda 1 Rueda 2

Coefficiente de Corrección (X): 0.0 0.0

Coefficiente de Corrección Sumario (XΣ): XΣ=X1+X2 0.0

Contorno de Bloques

Resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
c*	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
ha*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
alfa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
beta (B)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
t	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416				
z1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
z2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
u	4.3333	3.5	3.0	2.6667	2.4286				
aw	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
alfaw	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
awx	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
x1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
x2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
xs	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
Δv	0.2	0	0	0	0				
he	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0				
h	2.05	2.25	2.25	2.25	2.25				
ha	1.0	0.9999...	1.0	1.0	1.0				
hf	1.0499...	1.2500...	1.25	1.25	1.25				
dp1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
dp2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
dw1	15.0	20.0001	25.0	30.0	35.0				
dw2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
db1	14.0954	18.7939	23.4923	28.1908	32.8892				
db2	61.08	65.7785	70.4769	75.1754	79.8739				
df1	12.9	17.5	22.5	27.5	32.5				
df2	62.5	67.5	72.5	77.5	82.5				
da1	17.0	22.0	27.0	32.0	37.0				

Figura 3.30 Pareja 3

Pareja 4

EC-Calc

Nuevo Opciones

Cantidad 5 Pareja # 4 Datos en blanco

Conocidos z1, z2, awx

Datos generales

Datos de la máquina de corte

Módulo (m): 1.0 mm

Coefficiente de holgura radial (c*): 0.25

Factor de altura del diente (f o ha*): 1.0

Ángulo de la herramienta de corte (alfa): 20.0

Radio de redondeo de herramienta (r): 0.0 mm

Datos del engranaje

Ángulo de la hélice (β): 0.0

Paso (t): 3.1416 mm

Número de dientes rueda 1 (Z1): 30.0

Número de dientes rueda 2 (Z2): 80.0

Relación de transmisión (u): 2.6667

Distancia entre centros calculada (aw): 55.0 mm

Ángulo de montaje (alfaw): 20.0

Distancia entre centros corregida (Awx): 55.0 mm

Cargar salvar Exportar resultados

Errores

Parámetros

Parámetros Auxiliares del Diente

Coefficientes de Desplazamiento Invertido (Δv): 0

Profundidad de Encaje del Diente (fhe): 2.0 mm

Altura del Diente (f): 2.25 mm

Altura de la cabeza del diente (ha): 1.0 mm

Altura del pie del diente (fif): 1.25 mm

Parámetros Geométricos de la Transmisión:

Rueda 1 Rueda 2

Diámetro de Paso (db): 30.0 80.0 mm

Diámetro Primitivo (dhw): 30.0 80.0 mm

Diámetro Básico (db): 28.1908 75.1754 mm

Diámetro Interior (dfi): 27.5 77.5 mm

Diámetro Exterior (da): 32.0 82.0 mm

Espeor del Diente por:

Circunferencia de Paso (Sp): 1.5708 1.5708 mm

Circunferencia Básica (So): 1.8962 2.5965 mm

Circunferencia Exterior (Se): 0.7374 0.7989 mm

Factor de Recubrimiento (ε): 1.7396

Coefficientes de Corrección

Rueda 1 Rueda 2

Coefficiente de Corrección (X): 0.0 0.0

Coefficiente de Corrección Sumario (XΣ): XΣ=X1+X2 0.0

Contorno de Bloques

Resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
c*	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
ha*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
alfa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
beta (β)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
t	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416				
z1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
z2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
u	4.3333	3.5	3.0	2.6667	2.4286				
aw	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
alfaw	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
awx	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
x1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
x2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
xs	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
Δv	0.2	0	0	0	0				
he	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0				
h	2.05	2.25	2.25	2.25	2.25				
ha	1.0	0.9999...	1.0	1.0	1.0				
hf	1.0499...	1.2500...	1.25	1.25	1.25				
dp1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
dp2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
dw1	15.0	20.0001	25.0	30.0	35.0				
dw2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
db1	14.0954	18.7939	23.4923	28.1908	32.8892				
db2	61.08	65.7785	70.4769	75.1754	79.8739				
df1	12.9	17.5	22.5	27.5	32.5				
df2	62.5	67.5	72.5	77.5	82.5				
da1	17.0	22.0	27.0	32.0	37.0				

Figura 3.31 Pareja 4

Pareja 5

EC-Calc

Nuevo Opciones

Cantidad 5 Pareja # 5 Datos en blanco

Conocidos z1, z2, awx

Datos generales

Datos de la máquina de corte

Módulo (m): 1.0 mm

Coefficiente de holgura radial (c*): 0.25

Factor de altura del diente (f o ha*): 1.0

Ángulo de la herramienta de corte (alfa): 20.0

Radio de redondeo de herramienta (r): 0.0 mm

Datos del engranaje

Ángulo de la hélice (β): 0.0

Paso (t): 3.1416 mm

Número de dientes rueda 1 (Z1): 35.0

Número de dientes rueda 2 (Z2): 85.0

Relación de transmisión (u): 2.4286

Distancia entre centros calculada (aw): 60.0 mm

Ángulo de montaje (alfaw): 20.0

Distancia entre centros corregida (Awx): 60.0 mm

Cargar salvar Exportar resultados

Errores

Parámetros

Parámetros Auxiliares del Diente

Coefficientes de Desplazamiento Invertido (Δv): 0

Profundidad de Encaje del Diente (fhe): 2.0 mm

Altura del Diente (f): 2.25 mm

Altura de la cabeza del diente (ha): 1.0 mm

Altura del pie del diente (fif): 1.25 mm

Parámetros Geométricos de la Transmisión:

Rueda 1 Rueda 2

Diámetro de Paso (db): 35.0 85.0 mm

Diámetro Primitivo (dhw): 35.0 85.0 mm

Diámetro Básico (db): 32.8892 79.8739 mm

Diámetro Interior (dfi): 32.5 82.5 mm

Diámetro Exterior (da): 37.0 87.0 mm

Espeor del Diente por:

Circunferencia de Paso (Sp): 1.5708 1.5708 mm

Circunferencia Básica (So): 1.9663 2.6665 mm

Circunferencia Exterior (Se): 0.7505 0.8014 mm

Factor de Recubrimiento (ε): 1.76

Coefficientes de Corrección

Rueda 1 Rueda 2

Coefficiente de Corrección (X): 0.0 0.0

Coefficiente de Corrección Sumario (XΣ): XΣ=X1+X2 0.0

Contorno de Bloques

Resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
c*	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
ha*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
alfa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
r	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
beta (β)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
t	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416	3.1416				
z1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
z2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
u	4.3333	3.5	3.0	2.6667	2.4286				
aw	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
alfaw	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
awx	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0				
x1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
x2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
xs	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				
Δv	0.2	0	0	0	0				
he	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0				
h	2.05	2.25	2.25	2.25	2.25				
ha	1.0	0.9999...	1.0	1.0	1.0				
hf	1.0499...	1.2500...	1.25	1.25	1.25				
dp1	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0				
dp2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
dw1	15.0	20.0001	25.0	30.0	35.0				
dw2	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0				
db1	14.0954	18.7939	23.4923	28.1908	32.8892				
db2	61.08	65.7785	70.4769	75.1754	79.8739				
df1	12.9	17.5	22.5	27.5	32.5				
df2	62.5	67.5	72.5	77.5	82.5				
da1	17.0	22.0	27.0	32.0	37.0				

Figura 3.32 Pareja 5

Ahora se realiza la acción de exportar. Damos clic a exportar resultado y escribimos los datos para la exportación:

Autor: Leonardo León Cano.

Nombre del proyecto: Ejemplo de 5 parejas.

Notas: Este es un ejemplo para ver el funcionamiento del programa EC-Calc

Fecha: Día 14 Mes 5 Año 2018

Exportar

Autor:
Leonardo León Cano

Nombre del proyecto:
Ejemplo de 5 parejas

Notas
Este es un ejemplo para ver el funcionamiento del programa EC-Calc

Fecha:
Día: 14 Mes: 5 Año: 2018

Crear pdf

Figura 3.33 Ejemplo de Exportación

Así se verá el archivo pdf:

Ejemplo de 5 parejas

Autor: Leonardo León Cano

Notas: Este es un ejemplo para ver el funcionamiento del programa EC-Calc

Pareja No.1

Errores:

m	c*	ha*	alfa	r	B	t	z1	z2	u	aw	alfaw
1.0	0.25	1.0	20.0	0.0	0.0	3.142	15.0	65.0	4.333	40.0	20.0
awx	x1	x2	xs	deltay	he	h	ha	hf	dp1	dp2	dw1
40.0	0.2	0.0	0.2	0.2	1.8	2.05	1.0	1.05	15.0	65.0	15.0
dw2	db1	db2	df1	df2	da1	da2	sp1	sp2	so1	so2	se1
65.0	14.095	61.08	12.9	62.5	17.0	66.6	1.716	1.571	1.823	2.386	0.821
						se2	e				
						0.962	1.472				

Pareja No.2

Errores:

m	c*	ha*	alfa	r	B	t	z1	z2	u	aw	alfaw
1.0	0.25	1.0	20.0	0.0	0.0	3.142	20.0	70.0	3.5	45.0	20.0
awx	x1	x2	xs	deltay	he	h	ha	hf	dp1	dp2	dw1
45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.25	1.0	1.25	20.0	70.0	20.0
dw2	db1	db2	df1	df2	da1	da2	sp1	sp2	so1	so2	se1
70.0	18.794	65.778	17.5	67.5	22.0	72.0	1.571	1.571	1.756	2.457	0.695
						se2	e				
						0.793	1.682				

Pareja No.3

Errores:

m	c*	ha*	alfa	r	B	t	z1	z2	u	aw	alfaw
1.0	0.25	1.0	20.0	0.0	0.0	3.142	25.0	75.0	3.0	50.0	20.0
awx	x1	x2	xs	deltay	he	h	ha	hf	dp1	dp2	dw1
50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.25	1.0	1.25	25.0	75.0	25.0
dw2	db1	db2	df1	df2	da1	da2	sp1	sp2	so1	so2	se1
75.0	23.492	70.477	22.5	72.5	27.0	77.0	1.571	1.571	1.826	2.526	0.72
						se2	e				
						0.796	1.714				

Pareja No.4

Errores:

m	c*	ha*	alfa	r	B	t	z1	z2	u	aw	alfaw
1.0	0.25	1.0	20.0	0.0	0.0	3.142	30.0	80.0	2.667	55.0	20.0
awx	x1	x2	xs	deltay	he	h	ha	hf	dp1	dp2	dw1
55.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.25	1.0	1.25	30.0	80.0	30.0
dw2	db1	db2	df1	df2	da1	da2	sp1	sp2	so1	so2	se1
80.0	28.191	75.175	27.5	77.5	32.0	82.0	1.571	1.571	1.896	2.596	0.737
						se2	e				
						0.799	1.74				

Pareja No.5

Errores:

m	c*	ha*	alfa	r	B	t	z1	z2	u	aw	alfaw
1.0	0.25	1.0	20.0	0.0	0.0	3.142	35.0	85.0	2.429	60.0	20.0
awx	x1	x2	xs	deltay	he	h	ha	hf	dp1	dp2	dw1
60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.25	1.0	1.25	35.0	85.0	35.0
dw2	db1	db2	df1	df2	da1	da2	sp1	sp2	so1	so2	se1
85.0	32.889	79.874	32.5	82.5	37.0	87.0	1.571	1.571	1.966	2.667	0.75
						se2	e				
						0.801	1.76				

EC-Calc 14/5/2018

3.7 Ejemplo de cálculo de engranaje cilíndrico helicoidal con contacto exterior.

	1	2	3	4	5	
m	C*	Ha*	α	Z1	Z2	awx
3	0.25	1	20	21	51	108

EC-Calc

Nuevo Opciones

Cantidad: 1 Pareja # < 1 > Datos en blanco

Conocidos: z1, z2, awx

Datos generales

Datos de la máquina de corte

Módulo (m): 3.0 mm

Coefficiente de holgura radial (c*): 0.25

Factor de altura del diente (f o ha*): 1.0

Ángulo de la herramienta de corte (alfa): 20

Radio de redondeo de herramienta (r): 0 mm

Datos del engranaje

Ángulo de la hélice (β): 5

Paso (t): 9.4248 mm

Número de dientes rueda 1 (Z1): 21.0

Número de dientes rueda 2 (Z2): 51.0

Relación de transmisión (u): 2.4286

Distancia entre centros calculada (aw): 108.412542 mm

Ángulo de montaje (alfaw): 19.4687

Distancia entre centros corregida (Awx): 108.0 mm

Cargar salvar Exportar resultados

Errores

Parámetros

Parámetros Auxiliares del Diente

Coefficientes de Desplazamiento Invertido (Δv): 0.002

Profundidad de Encaje del Diente (he): 5.994 mm

Altura del Diente (h): 6.744 mm

Altura de la cabeza del diente (ha): 3.1143 mm

Altura del pie del diente (hf): 3.62969999 mm

Parámetros Geométricos de la Transmisión:

Rueda 1 Rueda 2

Dímetro de Paso (dp): 63.0 153.0 mm

Dímetro Primitivo (dwi): 63.0 153.0 mm

Dímetro Básico (db): 59.3979 144.252 mm

Dímetro Interior (dfi): 55.7406 145.2744 mm

Dímetro Exterior (da): 69.2286 158.7624 mm

Espeor del Diente por:

Circunferencia de Paso (Sp): 4.7124 4.4164 mm

Circunferencia Básica (So): 5.3388 6.3395 mm

Circunferencia Exterior (Se): 2.1221 2.4041 mm

Factor de Recubrimiento (c): 1.6721

Coefficientes de Corrección

Rueda 1 Rueda 2

Coefficiente de Corrección (X): 0.0 -0.135

Coefficiente de Corrección Sumario (XΣ): XΣ=X1+X2 -0.135

Contorno de Bloqueo

Resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	3.0								
c*	0.25								
ha*	1.0								
alfa	20.076...								
r	0.0								
beta (B)	5.0								
t	9.4248								
z1	21.0								
z2	51.0								
u	2.4286								
aw	108.41...								
alfaw	19.4687								
awx	108.0								
x1	0.0								
x2	-0.135								
xs	-0.135								
Δv	0.002								
he	5.994								
h	6.744								
ha	3.1143								
hf	3.6296...								
dp1	63.0								
dp2	153.0								
dwi1	63.0								
dwi2	153.0								
db1	59.3979								
db2	144.252								
df1	55.7406								
df2	145.27...								
da1	69.2286								
da2	158.76								

Figura 3.34

Los resultados de este ejemplo son:

Prueba

Autor: Leonardo León Cano

Notas: Esto es una prueba

Pareja No.1

Errores:

m	c*	ha*	alfa	r	B	t	z1	z2	u	aw	alfaw
3.0	0.25	1.0	20.076	0.0	5.0	9.425	21.0	51.0	2.429	108.413	19.469
awx	x1	x2	xs	deltay	he	h	ha	hf	dp1	dp2	dw1
108.0	0.0	-0.135	-0.135	0.002	5.994	6.744	3.114	3.63	63.0	153.0	63.0
dw2	db1	db2	df1	df2	da1	da2	sp1	sp2	so1	so2	se1
153.0	59.398	144.252	55.741	145.274	69.229	158.762	4.712	4.416	5.339	6.34	2.122
						se2	e				
						2.404	1.672				

EC-Calc 14/5/2018

Al compararlo con los resultados del software KISSOFT se puede confirmar que los valores son bastante parecidos, ver anexo 2.

Conclusiones.

1. Se realizó una metodología de cálculo para poder determinar el valor de los parámetros geométricos de engranajes cilíndricos de contacto exterior por medio de cuatro posibles entradas de datos.
2. Los principales programas que diseñan engranajes cilíndricos de contacto exterior son KISSsoft, Autodesk Inventor, MITCalc, PowerGear y ZAR1, son softwares privados y costosos.
3. Se determinó como lenguaje de programación a utilizar Python por ser de licencia libre y por tener una gran fortaleza a la hora de realizar cálculos.
4. Se programó el software para calcular los parámetros geométricos de engranajes cilíndricos de contacto exterior, teniendo la posibilidad de exportar los resultados en un pdf, se pueden seleccionar diferentes variantes de entradas de datos. También provee la posibilidad de utilizar contorno de bloqueo para determinar los valores de los coeficientes de corrección.
5. Se compararon los resultados del software con ejemplos ya resueltos para chequear su confiabilidad y se comprobó que el software es confiable ya que presenta los mismos resultados que un ejemplo realizado en KISSsoft.

Recomendaciones.

Ampliar las capacidades del software de manera que en él se puedan diseñar engranajes de otros tipos: cónicos, interiores, sin fin, etc.

Ampliar las posibilidades del software para que pueda realizar los cálculos de resistencia, Obtener gráficos de los engranajes diseñados e implementar contorno de bloqueo.

Crear una ayuda que permita a los usuarios a comprender el software

Bibliografía.

- AUTODESK 2018. Autodesk Inventor. 2015 ed.
- COMETTA CONDE, C. G. 2010. Desarrollo de una aplicación de software en el lenguaje java para el cálculo de engranajes rectos helicoidales paralelos 26-44.
- FÍRVIDA DONÉSTEVEZ, E. M. 2014. Modelo para el cálculo del factor de corrección que determine las tensiones mínimas de contacto en los dientes de engranajes cilíndricos de dientes rectos metálicos con contacto exterior engranados.
- GONZÁLES REY, G. 2001. Cálculo de engranajes cilíndricos.
- HERNÁNDEZ ORTEGA, R. 2014. Construcción analítica del Contorno de Bloqueo a plicada a un Sistema Basado en Casos para el diseño de engranajes cilíndricos con contacto exterior.
- HERNÁNDEZ ORTEGA, R., MÉNDEZ, CÉSAR A. C., , F. F. C. & RODRÍGUEZ, JORGE L. M. 2013. Correlación automatizada de parámetros geométricos mediante contornos de bloque o en engranajes cilíndricos con contacto exterior. *Ingeniería Mecánica*, 6, 72-82.
- ISO 1996. ISO Annual Report.
- ISO 1997. ISO TC60 Work Program. *documento #683 de ISO TC60*.
- ISO 2006. ISO 6336-1 Calculation of load capacity of spur and helical gears *Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors*. Switzerland.
- KISSOFT. KissSoft GEARCALC [Online]. Available: <http://www.gearcalc.com> [Accessed 2014 - 6 - 17].
- MAITRA, G. M. 2001. *Handbook of gear design*.
- MEDINA, V. G. 2010. Verificación de engranajes cilíndricos de dientes rectos con máquina de medición de coordenadas
- MITCALC 2014. MITCalc: Mechanical, Industrial and Technical Calculations. 1.70a ed.
- ROMEVA, C. R. 1976. *Estudi de la influència de la configuració geomètrica dels dentats sobre la capacitat de càrrega dels engranatges rectes*. Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.
- SOFTWARE, H. 2014. ZAR1 / ZAR1+: Spur and Helical Gear Design Software.
- TECHNOLOGY, D. S. 2013. PowerGear. 4.0.64 ed.
- VAN ROSSUM, G. 2009. El tutorial de Python.

ANEXO 1: Fragmentos importantes de código. Cálculos de los parámetros geométricos.

```
def sumx_():
    vg.sumx = round(((vg.z1+vg.z2)*(inv(vg.alfaw)-
inv(vg.alfa)))/(2*math.tan(math.radians(vg.alfa)))),4)
#dw diametro primitivo ok
def dw_():
    vg.dw1 = round((vg.db1/(math.cos(math.radians(vg.alfaw)))),vg.lugares)
    vg.dw2 = round((vg.db2/(math.cos(math.radians(vg.alfaw)))),vg.lugares)
# da diametro exterior ok
def da_():
    vg.da1 = round((vg.df1 + 2 * vg.h),vg.lugares)
    vg.da2 = round((vg.df2 + 2 * vg.h),vg.lugares)
#df diametro interior duda con
def df_():
    vg.df1 = round(((vg.dp1/math.cos(math.radians(vg.b)))-(2*vg.m)*(vg.f+vg.c-
vg.x1)),vg.lugares)
    vg.df2 = round(((vg.dp2/math.cos(math.radians(vg.b)))-(2*vg.m)*(vg.f+vg.c-
vg.x2)),vg.lugares)
# u relación de transmicion ok
def u_():
    vg.u = round((vg.z2 / vg.z1),vg.lugares)
#dp diametro de paso ok
def dp_():
    vg.dp1 = round((vg.m * vg.z1),vg.lugares)
    vg.dp2 = round((vg.m * vg.z2),vg.lugares)
#db diametro basico ok
def db_():
    vg.db1 = round(((vg.dp1 *
math.cos(math.radians(vg.alfa)))/(math.cos(math.radians(vg.b)))),vg.lugares)
    vg.db2 = round(((vg.dp2 *
math.cos(math.radians(vg.alfa)))/(math.cos(math.radians(vg.b)))),vg.lugares)
# ha altura de la cabeza del diente duda
def ha_():
    vg.ha = (vg.da1 - vg.dw1) / 2
#hf altura del pie del diente duda
def hf_():
    vg.hf = (vg.dw1 - vg.df1) / 2
#t paso ok
def t_():
    vg.t = round((math.pi * vg.m),vg.lugares)
#sp Ancho del diente por la circ de paso
def sp_():
    vg.sp1 = (vg.t / 2) + (2 * vg.m *vg.x1* math.tan(math.radians(vg.alfa)))
    vg.sp2 = round(((vg.t / 2) + (2 * vg.m * vg.x2 *
math.tan(math.radians(vg.alfa)))),vg.lugares)
# Ancho del diente por circunferencia basica
def so_():
    an1 = math.degrees(math.acos(math.radians(vg.db1) / math.radians(vg.db1)))
    an2 = math.degrees(math.acos(math.radians(vg.db2) / math.radians(vg.db2)))
    vg.sol=round((vg.db1*((vg.sp1/vg.dp1)+inv(vg.alfa)-inv(an1))),vg.lugares)
    vg.so2 = round((vg.db2 * ((vg.sp2 / vg.dp2) + inv(vg.alfa) -
inv(an2))),vg.lugares)
def se_():
    vg.an1=math.degrees(math.acos(math.radians(vg.db1)/math.radians(vg.da1)))
    vg.an2 = math.degrees(math.acos(math.radians(vg.db2) / math.radians(vg.da2)))
    vg.sel=round((vg.da1*((vg.sp1/vg.dp1)+inv(vg.alfa)-inv(vg.an1))),vg.lugares)
    vg.se2 = round((vg.da2 * ((vg.sp2 / vg.dp2) + inv(vg.alfa) -
inv(vg.an2))),vg.lugares)
# alfaw angulo de montaje
def alfaw_():
    if (widget.conocido.currentText() == "z1, z2, awx") or
(widget.conocido.currentText() == "z1, u, awx") or (widget.conocido.currentText()
```

```

== "z2, u, awx"):
    p=(vg.aw*math.cos(math.radians(vg.alfa)))/(vg.awx)
    vg.alfaw = round((math.degrees(math.acos(p))),vg.lugares)
    else:

p=((2*(vg.x1+vg.x2))/(vg.z1+vg.z2))*(math.tan(math.radians(vg.alfa)))+inv(vg.alfaw)
    vg.alfaw=round((inv_inv(p)),vg.lugares)
#aw distancia entre centros sin corregir
def aw_():
    vg.aw = (vg.m * (vg.z1+vg.z2)) / (2*math.cos(math.radians(vg.b)))
#deltay coeficiente de desplazamiento invertido
def deltax_():
    cosalfa=math.cos(math.radians(vg.alfa))
    cosalfaw=math.cos(math.radians(vg.alfaw))
    a=(vg.z1+vg.z2)/2
    b=cosalfa/cosalfaw
    vg.deltay = round(((vg.sumx)-(a*(b-1))),vg.lugares)

    if vg.deltay<0.001:
        vg.deltay=0
#awx distancia entre centros corregida ok

def awx_():
    vg.awx =
round((vg.aw*((math.cos(math.radians(vg.alfa)))/(math.cos(math.radians(vg.alfaw))))),vg.lugares)
#he Profundidad de encaje del diente ok
def he_():
    vg.he = vg.m * ((2 * vg.f) - vg.deltay)
#h altura del diente ok
def h_():
    vg.h = round((vg.he+(vg.m*vg.c)),vg.lugares)
#e factor de recubrimiento
def e_():
    ral = vg.da1 / 2
    ra2 = vg.da2 / 2
    rbl = vg.db1 / 2
    rb2 = vg.db2 / 2
    vg.e = round((((math.sqrt((ral ** 2) - (rbl ** 2))) + (math.sqrt((ra2 ** 2) - (rb2 ** 2)))) - (vg.aw * math.sin(math.radians(vg.alfaw)))) / (vg.t * math.cos(math.radians(vg.alfa)))),vg.lugares)
#z2 numero de dientes de la rueda 2 ok
def z2_():
    vg.z2=math.ceil(vg.u*vg.z1)
# z1 numero de dientes de la rueda 1 ok
def z1_():
    vg.z1=math.ceil(vg.z2/vg.u)
# Para calcular involute

def inv_inv(inv_n):
    z = 0.0
    po = 0
    p = inv_n
    a = 0.0
    x = 0
    angulo = 0
    inv=vg.ff
    for u in inv:

        if inv[x] > p:
            angulo = a
            break

```

```

        a = a + 0.0001
        x = x + 1

    return angulo

def inv(angulo):
    k=angulo
    g=math.tan(math.radians(k))-math.radians(k)
    return g

```

Selección de la variante de cálculo.

```

# Selección de calculos
def seleccion_calculos():
    borrar_datos_internos()
    widget.x2.setReadOnly(True)
    vg.sumx=0
    sumxs(vg.sumx)
    try:
        widgeterrores.clear()
        obtener_valores()
        if widget.conocido.currentText() == "z1, z2, awx":
            calculo_con_z1_z2_awx()
        elif widget.conocido.currentText() == "u, aw":
            calculo_con_u_aw()
        elif widget.conocido.currentText() == "z1, u, awx":
            calculo_con_z1_u_awx()
        elif widget.conocido.currentText() == "z2, u, awx":
            calculo_con_z2_u_awx()
        escribir_valores()
        #ver si hay socavado
        socavadol=((vg.dal/2)*vg.m)-((vg.dbl/2)*math.cos(vg.alfa))
        condsoc=vg.m*(vg.f+vg.c-vg.r+vg.r*math.sin(vg.alfa))
        vg.errores=""
        if socavadol<condsoc:
            widget.errores.addItem("Hay socavado")
            vg.errores = vg.errores + "Hay socavado. "
        # factor de recubrimiento permitido
        if vg.e>=1.2 and vg.e<=2:
            pass
        else:
            widget.errores.addItem("Factor de recubrimiento fuera del rango
permisible: valor minimo 1.2 y valor maximo 2. ")
            vg.errores = vg.errores + "Factor de recubrimiento fuera del rango
permisible: valor minimo 1.2 y valor maximo 2. "
        # valor minimo del coeficiente de correccion que se puede dar a una rueda
        x1min=((17-vg.z1)/17)*(1/vg.f) # ha que traducir
        x2min = ((17 - vg.z2) / 17) * (1 / vg.f)
        if x1min>vg.x1:
            widget.errores.addItem("El valor del coeficiente de corrección en la
rueda 1 es menor que el permitido")
            vg.errores=vg.errores+"El valor del coeficiente de corrección en la
rueda 1 es menor que el permitido. "
            if x2min>vg.x2:
                widget.errores.addItem("El valor del coeficiente de corrección en la
rueda 2 es menor que el permitido")
                vg.errores = vg.errores + "El valor del coeficiente de corrección en
la rueda 2 es menor que el permitido. "
            if vg.spl<0.25*vg.m or vg.sol<0.25*vg.m or vg.sel<0.25*vg.m:
                widget.errores.addItem("Peligro de afilamiento del diente en la rueda
1, puede que se parta por la punta")
                vg.errores = vg.errores + "Peligro de afilamiento del diente en la
rueda 1, puede que se parta por la punta. "
            if (vg.sp2 <0.25*vg.m) or (vg.so2 <0.25*vg.m) or (vg.se2 <0.25*vg.m):

```

```

        widget.errores.addItem("Peligro deafilamiento del diente en la rueda
2, puede que se parta por la punta")
        vg.errores = vg.errores + "Peligro deafilamiento del diente en la
rueda 2, puede que se parta por la punta. "
    except:
        widget.errores.addItem("Problemas al calcular")
        guardar_datos_pareja()
        datos_iniciales_tabla()
        resultados_en_tabla()
        escribir_valores()

```

Variantes de cálculo.

```

def calculo_con_z1_z2_awx():
    aw_()
    vg.sumx=0
    vg.x1 = 0
    vg.x2 = 0
    x2s(0)
    sumxs(0)
    if vg.aw!=vg.awx:
        #corrección angular
        alfaw_()
        sumx_()
        vg.x1=x1v()
        vg.x2=vg.sumx - vg.x1
        widget.x2.setText(str(vg.x2))
    else:
        widget.x2.setReadOnly(True)
        vg.x1=x1v()
        vg.x2=x2v()
        vg.sumx = vg.x1 + vg.x2
        sumxs(vg.sumx)
    calculos_geometricos()
def calculo_con_z1_u_awx():
    z2_()
    aw_()
    vg.sumx = 0
    vg.x1 = 0
    vg.x2 = 0
    if vg.aw != vg.awx:
        # corrección angular
        alfaw_()
        sumx_()
        vg.x1 = x1v()
        vg.x2 = vg.sumx - vg.x1
        widget.x2.setText(str(vg.x2))
    else:
        widget.x2.setReadOnly(True)
        vg.x1 = x1v()
        vg.x2 = x2v()
        vg.sumx = vg.x1 + vg.x2
        sumxs(vg.sumx)
    calculos_geometricos()
def calculo_con_z2_u_awx():
    z1_()
    aw_()
    vg.sumx = 0
    vg.x1 = 0
    vg.x2 = 0
    if vg.aw != vg.awx:
        # corrección angular
        alfaw_()
        sumx_()

```

```

        vg.x1 = x1v()
        vg.x2 = vg.sumx - vg.x1
        widget.x2.setText(str(vg.x2))
    else:
        widget.x2.setReadOnly(True)
        vg.x1 = x1v()
        vg.x2 = x2v()
        vg.sumx = vg.x1 + vg.x2
        sumxs(vg.sumx)
    calculos_geometricos()
def calculo_con_u_aw():
    vg.z1=round(((2*vg.aw)/(vg.m*(vg.u+1))),1)
    vg.z2=round((vg.u*vg.z1),1)
    widget.x2.setReadOnly(True)
    vg.x1=x1v()
    vg.x2=x2v()
    calculos_geometricos()

```

Orden de cálculo de los parámetros geométricos.

```

def calculos_geometricos():
    t_()
    if ((widget.conocido.currentText() != "u, aw") and
(widget.conocido.currentText() != "z2, u, awx") and
(widget.conocido.currentText() != "z1, u, awx")):
        u_()

        dp_()
        db_()
        df_()
        alfaw_()
        deltax_()
        he_()
        h_()
        da_()
        dw_()
        if widget.conocido.currentText() != "u, aw":
            aw_()
            if (widget.conocido.currentText() != "z1, z2, awx") and
(widget.conocido.currentText() != "z1, u, awx") and
(widget.conocido.currentText() != "z2, u, awx"):
                awx_()
            e_()
            hf_()
            ha_()
            sp_()
            so_()
            se_()

```

ANEXO 2: Resultados del software KISSOFT.

----- KISSsoft Release
03/2014
SSQ Team

----- Archivo -----
Nombre : ejemplo tesis
Modificado por: Leonardo día: 22.05.2018 hora: 03:12:49

Nota importante: En el cálculo han aparecido advertencias:

1-> La potencia o el par de giro es demasiado pequeño,
el cálculo de resistencia no se realizará.

Info:

Si solo desea calcular la geometría, elimine la selección 'Esfuerzo' del menú 'Cálculo'

2-> Nota para rueda 1:

¡No se puede medir la medida de rodillo (longitud de diente insuficiente)!

3-> Nota para rueda 2:

¡No se puede medir la medida de rodillo (longitud de diente insuficiente)!

CÁLCULO DE UN PAR DE RUEDAS CILÍNDRICAS RECTAS CON DENTADO INCLINADO

No. de plano o de artículo:

Rueda 1: 0.000.0

Rueda 2: 0.000.0

Método de cálculo -

1. GEOMETRÍA DEL DIENTE Y MATERIAL

(Cálculo de la geometría según

DIN 3960:1987)

		----- RUEDA 1 -----	RUEDA 2 --
Distancia entre centros (mm)	[a]	108.000	
Tolerancia de distancia entre centros ISO 286:2010 desviación js			
Módulo normal (mm)	[mn]	3.0000	
Ángulo de presión normal (°)	[alfn]	20.0000	
Ángulo de hélice en el círculo primitivo (°)	[beta]	5.0000	
Número de dientes	[z]	21	51
Ancho del diente (mm)	[b]	10.00	10.00
Sentido helicoidal		derecha	izquierda
Calidad del dentado	[Q-ISO 1328:1995]	6	6
Diámetro interior (mm)	[di]	0.00	0.00
Diámetro interior de la corona (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material
Rueda 1: 18CrNiMo7-6, Acero de cementación, templado por cementación
ISO 6336-5 Imagen 9/10 (MQ), Resistencia del núcleo >=25HRC Jominy
J=12mm<HRC28
Rueda 2: 18CrNiMo7-6, Acero de cementación, templado por cementación
ISO 6336-5 Imagen 9/10 (MQ), Resistencia del núcleo >=25HRC Jominy
J=12mm<HRC28

----- RUEDA 1 ----- RUEDA 2 --
Endurecimiento superficial HRC 61 HRC 61

Perfil de referencia de rueda

1 :
Perfil de referencia 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Perfil A
Coeficiente de altura del pie [hfP*] 1.250
Coeficiente del radio del pie [rhofP*] 0.380
Coeficiente de altura de cabeza [haP*] 1.000
Factor de radio de la cabeza [rhoaP*] 0.000
Coeficiente de altura de protuberancia [hprP*] 0.000
Ángulo de la protuberancia [alfprP] 0.000
Factor de altura de la forma de la cabeza [hFaP*] 0.000
Ángulo de flanco de chaflán [alfKP] 0.000
no topping

Perfil de referencia de rueda

2 :
Perfil de referencia 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Perfil A
Coeficiente de altura del pie [hfP*] 1.250
Coeficiente del radio del pie [rhofP*] 0.380
Coeficiente de altura de cabeza [haP*] 1.000
Factor de radio de la cabeza [rhoaP*] 0.000
Coeficiente de altura de protuberancia [hprP*] 0.000
Ángulo de la protuberancia [alfprP] 0.000
Factor de altura de la forma de la cabeza [hFaP*] 0.000
Ángulo de flanco de chaflán [alfKP] 0.000
no topping

Resumen del perfil de referencia de las ruedas dentadas:

Altura del pie del perfil de referencia	[hfP*]	1.250	1.250
Radio del pie del perfil de referencia	[rofP*]	0.380	0.380
Altura de la cabeza del perfil de referencia	[haP*]	1.000	1.000
Coeficiente de altura de protuberancia	[hprP*]	0.000	0.000
Ángulo de la protuberancia (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Factor de altura de la forma de la cabeza	[hFaP*]	0.000	0.000
Ángulo de flanco de chaflán (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de corrección de perfil:

ninguna (sólo valor de rodaje)
Despulla de cabeza (µm) [Ca] -0.0 -0.0

----- RUEDA 1 ----- RUEDA 2 --
Relación número de dientes [u] 2.429
Módulo transversal (mm) [mt] 3.011
Ángulo de presión, círculo primitivo (°) [alf] 20.070

Ángulo de presión en funcionamiento (°)	[alfwt]	19.462		
	[alfwt.e/i]	19.489 /	19.436	
Ángulo de engrane de servicio en corte normal (°)				
	[alfwn]	19.394		
Ángulo de hélice en la circunferencia primitiva de funcionamiento (°)				
	[betaw]	4.981		
Ángulo de base de la hélice (°)	[betab]	4.698		
Distancia entre centros de referencia = 0 (mm)	[ad]	108.413		
Suma de los coeficientes de corrección del perfil				
	[Summexi]	-0.1355		
Coefficiente de corrección del perfil	[x]	-0.1355	0.0000	
Espesor del diente (Arc) (módulo) (módulo)	[sn*]	1.4721	1.5708	
Modificación de la altura de cabeza (mm)	[k*mn]	-0.006	-0.006	
Diámetro primitivo de referencia (mm)	[d]	63.241	153.584	
Diámetro de base (mm)	[db]	59.400	144.258	
Diámetro de la circunferencia de cabeza (mm)	[da]	68.415	159.572	
(mm)	[da.e/i]	68.415 /	68.405	159.572 / 159.562
Desviaciones de la circunferencia de cabeza (mm)	[Ada.e/i]	0.000 /	-0.010	0.000 / -0.010
Diámetro circunferencia de la forma de cabeza (mm)				
	[dFa]	68.415	159.572	
(mm)	[dFa.e/i]	68.415 /	68.405	159.572 / 159.562
Diámetro de la cabeza activo (mm)	[dNa]	68.415	159.572	
Diámetro de la cabeza activo (mm)	[dNa.e/i]	68.415 /	68.405	159.572 / 159.562
Diámetro primitivo de funcionamiento (mm)	[dw]	63.000	153.000	
(mm)	[dw.e/i]	63.010 /	62.990	153.025 / 152.975
Diámetro de fondo (mm)	[df]	54.927	146.084	
Factor de desplazamiento de perfil de rodamiento	[xE.e/i]	-0.1676/	-0.1859	-0.0435/ -0.0664
Circunferencia de pie generado con xE (mm)	[df.e/i]	54.735 /	54.625	145.823 / 145.686
Juego en el fondo teórico (mm)	[c]	0.750	0.750	
Juego en el fondo efectivo (mm)	[c.e/i]	0.972 /	0.863	0.924 / 0.829
Diámetro del círculo utilizable del pie (mm)	[dNf]	59.519	149.185	
(mm)	[dNf.e/i]	59.527 /	59.512	149.216 / 149.158
Diámetro de la forma del pie (mm)	[dFf]	59.429	148.495	
(mm)	[dFf.e/i]	59.414 /	59.408	148.317 / 148.224
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.059 /	0.049	0.496 / 0.420
Addendum (mm)	[ha=mn*(haP*+x)]	2.587	2.994	
(mm)	[ha.e/i]	2.587 /	2.582	2.994 / 2.989
Dedendum (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	4.157	3.750	
(mm)	[hf.e/i]	4.253 /	4.308	3.881 / 3.949
Ángulo di rodadura de dF (°)	[xsi_dFa.e/i]	32.743 /	32.723	27.093 / 27.084
Ángulo de rodadura para dNa (Cabeza) (°)	[xsi_dNa.e/i]	32.743 /	32.723	27.093 / 27.084
Ángulo de rodadura para dNf (Talón) (°)	[xsi_dNf.e/i]	3.746 /	3.521	15.152 / 15.060
Ángulo di rodadura de dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	1.244 /	0.935	13.688 / 13.529
Altura de diente (mm)	[H]	6.744	6.744	
Número virtual de dientes	[zn]	21.223	51.541	
Espesor normal de diente, cilindro de cabeza (mm)				
	[san]	2.239	2.337	
(mm)	[san.e/i]	2.169 /	2.120	2.243 / 2.187
Entrediente normal, cilindro del pie (mm)	[efn]	0.000	2.485	
(mm)	[efn.e/i]	0.000 /	0.000	2.531 / 2.556
Deslizamiento específico, en la cabeza	[zetaa]	0.539	0.866	
Deslizamiento específico, en el pie	[zetaf]	-6.480	-1.168	
Deslizamiento específico medio	[zetam]	0.726		

Factor de deslizamiento, en la cabeza	[Kga]	0.290	0.386
Factor de deslizamiento, en el pie	[Kgf]	-0.386	-0.290
Paso transversal (mm)	[pt]	9.461	
Círculo de base transversal (mm)	[pbt]	8.886	
Círculo de base real (mm)	[pet]	8.886	
Paso de hélice (mm)	[pz]	2270.881	5514.997
Paso axial (mm)	[px]	108.137	
Longitud de la línea de contacto (mm)	[ga, e/i]	15.095 (15.148 / 15.021)	
Longitud T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	1.878(1.825/ 1.942)	34.107(34.107/ 34.095)
Longitud T1-B (mm)	[T1B, T2B]	8.087(8.087/ 8.076)	27.898(27.845/ 27.960)
Longitud T1-C (mm)	[T1C, T2C]	10.495(10.480/ 10.511)	25.489(25.452/ 25.526)
Longitud T1-D (mm)	[T1D, T2D]	10.764(10.711/ 10.828)	25.221(25.221/ 25.209)
Longitud T1-E (mm)	[T1E, T2E]	16.973(16.973/ 16.963)	19.012(18.959/ 19.074)
Longitud T1-T2 (mm)	[T1T2]	35.984 (35.932 / 36.037)	
Diámetro en el punto de contacto simple B (mm)	[d-B]	61.563(61.563/ 61.557)	154.672(154.634/ 154.717)
Diámetro en el punto de contacto simple D (mm)	[d-D]	63.181(63.145/ 63.225)	152.822(152.822/ 152.814)
Recubrimiento en la Cabeza	[eps]	0.729(0.731/ 0.726)	0.970(0.974/ 0.964)
Línea de contacto (mm)	[Lmin]	10.034	
Relación de contacto aparente	[eps_a]	1.699	
Relación de contacto aparente con desviaciones	[eps_a.e/m/i]	1.705 / 1.697 / 1.690	
Coeficiente de recubrimiento	[eps_b]	0.092	
Relación de contacto total	[eps_g]	1.791	
Relación de contacto total con desviaciones	[eps_g.e/m/i]	1.797 / 1.790 / 1.783	

6. MEDIDAS DE PRUEBA PARA EL ESPESOR DE DIENTE

		----- RUEDA 1 ----- RUEDA 2 --	
		DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25
Tolerancia del espesor del diente			
Desviación, espesor del diente en sección normal (mm)	[As.e/i]	-0.070 / -0.110	-0.095 / -0.145
Número de dientes medidos	[k]	3.000	6.000
Medida entre dientes, sin huelgo (mm)	[Wk]	22.755	50.876
Medida entre dientes efectivo (mm)	[Wk.e/i]	22.689 / 22.652	50.787 / 50.740
Diámetro, círculo de medida (mm)	[dMWk.m]	63.552	152.872
Diámetro de los medidores teórico. (mm)	[DM]	5.033	5.073
Diámetro efectivo. de los medidores (mm)	[DMeff]	5.250	5.250
Medida radial, en una bola, sin holgura (mm)	[MrK]	34.981	80.558
Medida radial efectiva, en una bola (mm)	[MrK.e/i]	34.897 / 34.849	80.439 / 80.376
Diámetro, círculo de medida (mm)	[dMMr.m]	62.643	153.684
Medida diametral entre dos bolas, sin juego (mm)	[MdK]	69.780	161.042
Medida diametral efectiva entre 2 bolas (mm)	[MdK.e/i]	69.613 / 69.517	160.805 / 160.679
Medida sobre dos rodillos, sin juego (mm)	[MdR]	69.961	161.116

Medida diametral, entre rodillos (mm)	[MdR.e/i]	69.794 / 69.697	160.879 / 160.753
Cuerda de espesor de diente, sin holgura (mm)	[sn]	4.413	4.712
Cuerda de espesor de diente, efectiva (mm)	[sn.e/i]	4.343 / 4.303	4.617 / 4.567
Altura por encima de la cuerda a partir de da.m (mm)	[ha]	2.661	3.027
Espesor del diente (Arc) (mm)	[sn]	4.416	4.712
(mm)	[sn.e/i]	4.346 / 4.306	4.617 / 4.567
Distancia entre centros sin juego (mm)	[aControl.e/i]	107.764	/107.634
Distancia entre centros sin juego, desviaciones (mm)	[jta]	-0.236 / -0.366	
dNf.i con aControl (mm)	[dNf0.i]	59.420	148.633
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	0.003	0.158
Desviación distancia entre centros (mm)	[Aa.e/i]	0.018 / -0.018	
Juego de circunferencia de Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.012 / -0.012	
Juego radial (mm)	[jrw]	0.383 / 0.218	
juego de circunferencia (sección transversal) (mm)	[jtw]	0.267 / 0.153	
Ángulo de torsión con rueda retenida 1 (°)		0.1995 / 0.1139	
Juego de engrane normal (mm)	[jnw]	0.250 / 0.143	

7. TOLERANCIAS DEL DENTADO

		----- RUEDA 1 ----- RUEDA 2 --	
Según	ISO 1328:1995		
Calidad del dentado	[Q-ISO1328]	6	6
Desviación individual del paso (µm)	[fptT]	8.50	9.00
Divergencia de división del círculo de base (µm)	[fpbT]	8.00	8.50
Errores de círculos de paso acumulados sobre k/8 (µm)	[Fpk/8T]	12.00	17.00
Desviación del perfil (µm)	[ffaT]	8.50	9.50
Desviación, ángulo del perfil (µm)	[fHaT]	7.00	8.00
Desviación total del perfil (µm)	[FaT]	11.00	13.00
Desviación, forma de línea de flanco (µm)	[ffbT]	6.50	7.00
Desviación, ángulo de la forma de línea de flanco (µm)	[fHbT]	6.50	7.00
Desviación total de la forma de línea de flanco (µm)	[FbT]	9.50	10.00
Desviación total del paso (µm)	[FpT]	27.00	35.00
Desviación de la concentricidad (µm)	[FrT]	21.00	28.00
Error compuesto tangencial (µm)	[FisT]	43.00	53.00
Salto tangencial (µm)	[fisT]	16.00	18.00
Error compuesto radial (µm)	[FidT]	36.00	43.00
Salto radial (µm)	[fidT]	14.00	15.00
Tolerancias de la alineación de los ejes (recomendación según ISO TR 10064:1992, calidad 6)			
Valor máximo para interinclinación de ejes (µm)	[fSigbet]	10.00	(Fb= 10.00)
Valor máximo para error de inclinación (µm)	[fSigdel]	20.00	

8. DATOS COMPLEMENTARIOS

Máxima distancia entre centros posible (eps_a=1.0)

[aMAX]

110.224

9. DETERMINACION DEL PERFIL DE DIENTE

Datos para el cálculo del perfil del diente:

Datos no existentes.

OBSERVACIONES:

- Datos con [.e/i] significan: valores máximos [e] y mínimos [i] considerando todas las tolerancias
Las indicaciones con [.m] significan: promedio en la tolerancia
- En el movimiento muerto entre flancos se tienen en cuenta las tolerancias entre centros y las dimensiones del espesor del diente . Se indica el juego máximo y mínimo según las desviaciones más grandes o más pequeñas.
Se ejecuta el cálculo para la circunferencia primitiva de funcionamiento..