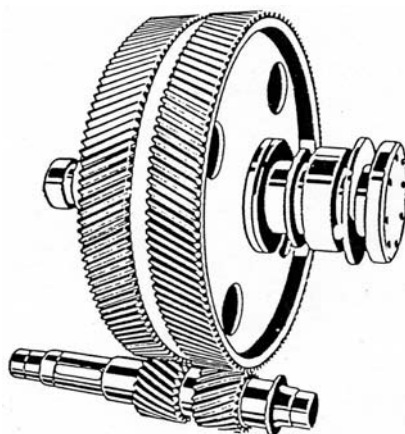


# AUTOENG<sup>®</sup> 1.1



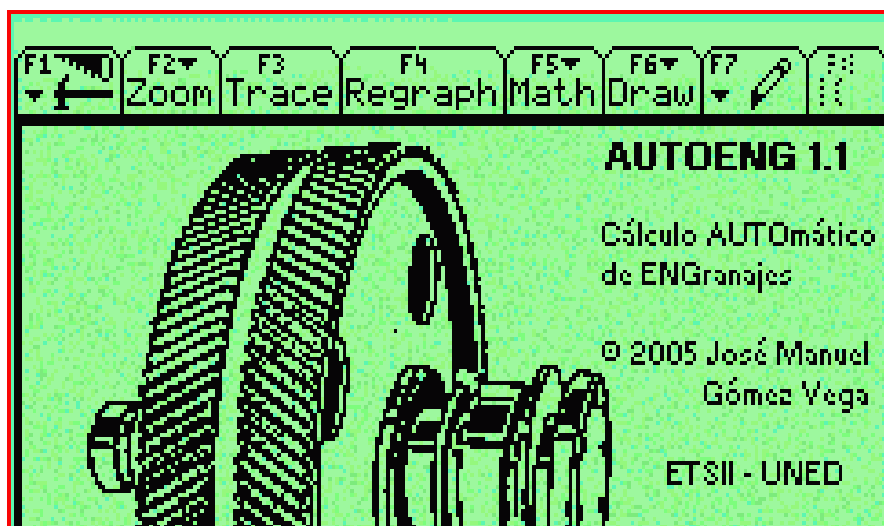
**PROGRAMA DE CÁLCULO  
AUTOMÁTICO E INTERACTIVO DE  
ENGRANAJES, SIGUIENDO EL  
MÉTODO DEL LIBRO "CÁLCULO DE  
ENGRANAJES PARALELOS", DE D<sup>a</sup>  
PILAR LAFONT, U.P.M.-MADRID  
1.997.**

JOSÉ MANUEL GÓMEZ VEGA.  
E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES – U.N.E.D.  
"CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y ENSAYO DE MÁQUINAS II".  
(5º MECÁNICA DE MÁQUINAS).  
TRABAJO DE ANTEPROYECTO. MAYO 2005.



## ÍNDICE.

1. PRESENTACIÓN.....	Pág. 3
2. REQUISITOS PARA EL PROGRAMA.....	Pág. 5
3. INSTALACIÓN, MEMORIA, USO.....	Pág. 6
4. TIPOS DE PROBLEMAS QUE RESUELVE.....	Pág. 7
5. DESCRIPCIÓN EXHAUSTIVA DEL PROGRAMA.....	Pág. 8
6. EJEMPLOS RESUELTOS DE PROBLEMAS CON AUTOENG....	Pág. 16
7. LISTADO DEL CONJUNTO DE PROGRAMAS QUE INTEGRAN AUTOENG.....	Pág. 57
8. DESCRIPCIÓN DE CÓMO SE OBTUVIERON LOS DATOS DE ALGUNAS DE LAS GRÁFICAS Y TABLAS DEL TEXTO DE LAFONT. JUSTIFICACIONES.....	Pág.138



**Autoeng**<sup>®</sup> es un programa de ejecución sencilla que muestra los resultados paso a paso. Presenta información en pantalla de los resultados como si los problemas estuviesen escritos en un libro, con ecuaciones e indicaciones precisas, que permiten catalogar al programa dentro de los especialmente dedicados al estudio sistemático y didáctico de los engranajes, para una comprensión pormenorizada del cálculo y el diseño de los mismos. Espero haber conseguido un programa preciso y pedagógico.

## 1.- PRESENTACIÓN.

El programa Autoeng 1.1 comenzó a gestarse en marzo del 2005 tras consultar con el profesor titular de la asignatura "Cálculo Construcción y Ensayo de Máquinas II" de la UNED, D. Eduardo Gómez, la posibilidad de realizar un trabajo de este tipo.

A pesar de tener experiencia como programador en la Texas Instruments 92 Plus, este programa ha significado un pequeño reto para mí por dos razones: una, por el escaso tiempo para realizar este anteproyecto (unos 3 meses hasta junio), otra, por la cantidad de gráficas con curvas extrañas con las que tuve que cavilar hasta encontrar la forma de extraer la información precisa para llevarlas a la calculadora en forma de puntos o rectas. No obstante, he aprendido mucho y de esta forma, he ampliado mis conocimientos cara a enfrentarme a programas complejos de traspaso de curvas parecidas a datos capaces de transmitir información sin precisar la consulta de dichas figuras.

Programas de cálculo de engranajes habrá cien mil mejores que éste; la peculiaridad de Autoeng es que es académico, muestra todos los pasos intermedios de cálculo y ofrece una enseñanza ejemplar y pormenorizada del cálculo de un engranaje. Además no se limita a un proceso de un problema típico único, Autoeng es versátil y se adapta a la información en forma de datos que se le seleccione. Es una herramienta importante para verificar el cálculo de un engranaje siguiendo los métodos de Lafont, pues es un programa perfectamente adaptado a la metodología de este libro, pues de hecho, en muchas ocasiones hace referencia a cierta figura o ecuación que aparece en dicho libro.

Autoeng muestra toda la información en pantalla; todos los datos, desde materiales hasta criterios son los dados en dicho libro. Las ecuaciones están presentes en su formato matemático natural.

La ejecución del programa permite elegir el cálculo determinado en un orden secuencial, pero para repetir un cálculo, por ejemplo para verlo otra vez, no se necesita que sea el paso anterior; esto es debido a que en los menús de presentación de cálculos-resultados, puede accederse a cualquiera de ellos en cualquier momento.

Si se accede a un cálculo que precisa otro u otros previos, el programa mostrará la información de que se precisa calcular otros datos, sin tener salidas erróneas. No obstante los menús están pensados para su ejecución en el orden establecido para ser desarrollados tal y como si se hiciesen a mano. De esta forma, el programa invita al usuario a no seguir por ese camino, pues hay que recorrer otros previamente.

No habrá que consultar ni una sola gráfica ni ecuación de Lafont. Únicamente se introducen los datos y el programa hará los cálculos pertinentes. Si un cálculo lleva a un diseño erróneo, el programa citará el error y no permitirá avanzar invitando al usuario a introducir otro dato (caso de apuntamiento de dentados, penetración, etc...), o bien iterará hasta encontrar un valor óptimo (caso de que la potencia a transmitir sea menor que la nominal requerida, se recalcularán módulos, factores, etc.)

La importancia de este programa no es lo que hace, sino cómo lo hace, y creo que debe de ser uno de los pocos que dan tanta información y tan valiosa, académicamente hablando. El programa indudablemente no tiene ninguna vocación comercial, y de hecho inmediatamente a la entrega para la asignatura será publicado en la página de Texas Instruments sin ánimo de lucro para que sirva a los estudiantes y a los docentes en los cálculos de engranajes; en el ámbito profesional su uso es limitado, como es lógico; no obstante, espero que pueda servir a la comunidad de estudiantes para llenar un hueco que seguramente existe en este campo y animar a otros programadores a que hagan cosas similares, que con un poco de paciencia, se logran.

El programa no precisa a un usuario el conocer el libro de Lafont. No obstante es recomendable por su constante alusión al mismo, pues si ha estudiado otros métodos con otros procedimientos, puede que con este programa pierda el hilo. De todas formas, en estos casos el único fin es observar los resultados finales y cotejarlos con los otros métodos.

A pesar del esmero y las correcciones efectuadas a Autoeng 1.1 es posible que quede algún error en el tintero. Es por ello que después de usado este programa agradecería a cualquier persona que observe algún error, lo comunique al siguiente correo:

[gomezvega@hotmail.com](mailto:gomezvega@hotmail.com)

La complejidad del programa se debe a que existen múltiples opciones que desembocan en procedimientos diversos. Ello implica el mayor riesgo de cometer errores. No obstante, espero que estén subsanados todos. He probado numerosas veces el programa. No obstante no he contado con *Beta-testers*.

## **2.- REQUISITOS PARA EL PROGRAMA.**

Autoeng 1.1 se ha realizado en el lenguaje de programación TI-Basic. Se trata de una versión moderna del Basic con la incorporación de una colección de funciones matemáticas potentes mediante el sistema operativo AMS 2.09 de la Texas Instruments 92 Plus. Actualmente esta calculadora está en desuso (la mía tiene unos 3 años y medio) y ha sido sustituida por la Voyage 200, hermana mayor con mucha más memoria, que es 100 % compatible.

Presenta ciertas diferencias con la más popular TI 89 y ahora con la TI 89 Titanium, debido a la pantalla, que en estas últimas es más pequeña, de tal forma que el programa no es compatible con estas calculadoras, si bien reajustando algunos comandos como Disp, Text, Output, etc. a los valores máximos de pantalla, podrían correr en estas calculadoras. Es posible que después de la entrega de este trabajo, dedique algún tiempo a corregir estas sentencias para hacerlo compatible en la TI 89; en caso de que así fuese lo haría con el emulador de esta calculadora.

Para ejecutar el programa se necesita:

- i) Una calculadora TI 92 Plus o una Voyage 200 y/o...
- ii) Un ordenador PC con el emulador VTI 2.5 beta y una versión del sistema operativo de la calculadora (se obtienen en Internet).
- iii) El programa en sí (bloque de programas), que en el emulador puede ser un archivo de estado grabado previamente (o el bloque de programas).

### 3.- INSTALACIÓN, MEMORIA, USO.

#### **Memoria.**

Para la TI 92 Plus el grupo de programas ocupa en la memoria 135 Kbytes, quedando 191 Kbytes de RAM libre y 590 Kbytes libres de Flash ROM. El programa puede ejecutarse con otros programas. Se recomienda su archivado en la calculadora para ganar en rapidez de ejecución.

#### **Instalación en calculadora.**

Para instalar el programa en la calculadora pueden lanzarse los programas mediante el software TI Connect (la versión actual es 1.6, aunque vale desde la 1.1) y el cable negro que suministra Texas Instruments. También pueden enviarse los ficheros mediante el software TI Graph Link, que últimamente va integrado con TI Connect. No detallo el uso de estos programas pues para usuarios de la calculadora serán conocidos y su manejo es fácil e intuitivo, no siendo este escrito el indicado para detallar estos pormenores, debiéndose acudir a los manuales correspondientes de estos programas.

#### **Instalando Autoeng en el emulador Virtual TI (Vti) 2.5 Beta.**

Para poder manejar el programa en un PC bajo plataforma Windows, se emplean emuladores. No conozco nada más que uno y debe ser el mejor: el Vti 2.5 Beta, por los comentarios que he leído.

Este emulador permite obtener los cálculos, visualizar y ejecutar programas, exactamente igual a como se realizarían en la calculadora, e incluso deja que el proceso vaya más rápido según el procesador del PC cambiando una opción.

#### **Modo de ejecutar los programas con el emulador.**

Para que el programa funcione en el PC, se necesitan hacer los siguientes pasos:

Sistema Operativo para la Texas Instruments 92 Plus, donde hay que hacer una cuenta de usuario con una cuenta de correo. Una vez hecho esto se puede descargar (unos 1.800 Kbytes). Se necesita el S.O. para el emulador; sin él no funciona. La última versión del S.O. es la 2.09.

<http://education.ti.com/us/product/apps/92pos.html>

Conseguir el emulador Vti 2.5 Beta para la TI 92 Plus de Internet:

<http://www.ticalc.org/archives/files/fileinfo/84/8442.html>

En esta página se consigue el manual del Emulador en castellano (y también el mismo emulador y la misma versión):

<http://www.geocities.com/tiespjar/misarchivos.htm#vti>

Se instala el programa en el ordenador.

El archivo que inicia el emulador es: Vti.exe (icono de una calculadora). Hay que pulsar sobre él como un programa normal bajo Windows.

El archivo del sistema operativo hay que mantenerlo siempre en la misma carpeta que Vti.exe para que funcione el emulador.

El manual de usuario del emulador es muy fácil de leer. Está en castellano.

El programa Vti va cargado con *Autoeng.sav*, que es el estado de la calculadora que hay que cargar en el emulador para ejecutar el programa, en vez de enviar el grupo de programas al emulador, pues es más fácil de hacer.

Para cargar Autoeng solo hay que pulsar el botón derecho del ratón en la pantalla del emulador en ejecución una vez ya esté cargado el sistema operativo de la TI 92 Plus; se abrirá un conjunto de instrucciones, se selecciona *Load State Image*. Hay que buscar con *Abrir* el lugar donde está el estado del emulador que contiene el programa, llamado *Autoeng.sav* y al seleccionar se carga y reemplaza el estado anterior precargado de la calculadora.

## 4.- TIPOS DE PROBLEMAS QUE RESUELVE.

El programa Autoeng calcula varios tipos de problemas de engranajes, tanto del libro de problemas "Problemas de Diseño de Máquinas", de D. José Ignacio Pedrero Moya y D. Alfonso Fuentes Aznar, de la serie Cuadernos de la Uned, como de exámenes de la asignatura "Cálculo, Construcción y Ensayo de Máquinas II" de 5º de Ingeniería Industrial de la rama de Mecánica de Máquinas de la UNED.

En cuanto al libro "Cálculo de Engranajes paralelos" de Dª Pilar Lafont, de la UPM, sigue el método simplificado referido, adoptando los factores, ecuaciones y gráficas y resolviendo los problemas "paso a paso" con tan sólo dar los datos iniciales.

Existen dos grandes bloques de cálculo:

1. Comprobar el diseño de un engranaje, cuando se conoce el módulo  $m$  y se verifica si el diseño es correcto.
2. Diseñar el engranaje, cuando  $m$  no es conocido y se debe verificar si resiste ante fallo superficial (picadura) y ante fallo por fatiga en la base del diente. También sirve para diseñar un engranaje cuando no conocemos ni  $P$  ni  $n_1$ . En este caso  $m$  sí es conocido y se resuelve por tanteo (aunque lo hace el programa).

Las opciones de cálculo son múltiples; dependiendo de los datos conocidos, el programa calculará una u otras cosas.

El programa incorpora las selecciones siguientes de datos:

Una o dos etapas.

Engranajes cilíndrico-rectos o helicoidales.

Materiales: todos los descritos en Lafont, incluso con la opción de definir un material por el usuario. Se puede dar desde el principio o calcularlo más tarde según los cálculos que se vayan haciendo.

$Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $u$ : si sólo se conoce  $u$ , el programa calculará el dentado para el piñón según la orientación de Niemann y el material; si se conoce  $Z_1$  y  $u$ , el cálculo de  $Z_2$  es fácil, mientras que si se conocen  $Z_1$ ,  $Z_2$ , también se conoce  $u$ .

Adendo, dedendo, radio acuerdo de cabeza, conocidos o no.

Potencia, velocidad de giro.

Relación de la distancia entre centros  $a'$  entre: conocido o no conocido (1 etapa) o entre: conocido,  $a' = C_{nom1}$ ,  $a' > C_{nom1}$ ,  $C_{nom1} = C_{nom2}$  (2 etapas), desconocido.

Desplazamientos: conocidos o a calcular.

Ángulo de presión de referencia normal y ángulo de inclinación de referencia.

Estos datos sólo se piden en la opción (2).

Fiabilidad-duración.

Calidad ISO.

Máquinas de accionamiento y de trabajo: ofrece en pantalla todas las máquinas referidas en Lafont divididas en choques uniformes, medios y fuertes.

## 5.- DESCRIPCIÓN EXHAUSTIVA DEL PROGRAMA.

Como se ha dicho en el apartado anterior, existen dos grandes bloques de cálculo, como eran:

1. **Comprobación diseño de un engranaje, cuando se conoce el módulo  $m$  y se verifica si el diseño es correcto.**
2. **Diseño del engranaje, cuando  $m$  no es conocido y se debe verificar si resiste ante fallo superficial (picadura) y ante fallo por fatiga en la base del diente. También diseño con  $P$  y  $n_1$  desconocidos con  $m$  conocido.**

Veamos qué cálculos hace en cada caso el programa, después de haber definido los datos que se necesitan para los problemas.

### 1. Comprobación diseño de un engranaje.

Se supone que el engranaje existe y se debe verificar si el diseño es válido en varios aspectos. En este tipo de cálculo **se conoce el módulo  $m$**  para una etapa, mientras que para dos etapas puede también ser desconocido.

Existe versatilidad en la entrada de datos: podemos conocer ambos dentados, sólo  $Z_1$  y  $u$  o incluso sólo saber  $u$  (o  $Z_1$  para dos etapas).

Se pueden conocer o no: la potencia, la velocidad de giro y otros factores, todo eso se va seleccionando en la entrada de datos.

Para dos etapas he puesto **5 casos que relacionan la distancia entre centros**. Uno de ellos:  $a' > C_{nom1}$ , no lo he visto nunca en problemas. No obstante, lo he ideado para casos en los que sea precisa una "sobreholgura  $h_1$ " como yo he definido, que deberá ser definida para efectuar los cálculos. La definición de  $h_1$  no es más que:

$$a' > C_{nom1} \rightarrow a' = C_{nom1} + h_1, \text{ que nos permitiría calcular } a'.$$



**Comprueba la condición de no-penetración.** En caso de que así fuese, se pide la introducción de un  $n^o$  de dentado superior al fallido (piñón o rueda, o ambos), escogiendo entre mantener el otro dentado igual o mantener la relación de transmisión (si sólo un dentado falla, pues si fallan los dos todo cambia). El programa no permite, en la introducción de datos de dentado a corregir, un valor inferior al que origina el fallo, ni tampoco un dentado no normalizado ( $n^o$  no entero), por lo que nos ahorramos las iteraciones improductivas de comprobación. No obstante, al final se muestra otra vez la pantalla de comprobación.

Halla la **distancia entre centros nominal de la transmisión**  $a = C_{nom}$ , los **radios primitivos de referencia**,  $r_1$ ,  $r_2$ , el **ángulo de presión de funcionamiento**  $\alpha'$  y los **radios primitivos de funcionamiento**  $r_1'$  y  $r_2'$ .

Para 1 etapa: si se ha definido la distancia entre centros  $a'$ , se comprueba si existe holgura radial. En caso de que no se haya definido  $a'$ , puede llegarse a que  $a' = C_{nom}$ , siendo la holgura  $h = 0$ . Este es el caso de un engranaje recto con engranaje a cero. Esto no sucederá en otros engranajes: helicoidales o rectos pero en  $V$ , en los que  $a'$  se calculará en caso de que no sea conocido.

Para 2 etapas: el programa permite 5 casos para  $a'$  que se debe haber introducido como dato:  $a'$  conocido,  $a' = C_{nom1}$ ,  $a' > C_{nom1}$ ,  $C_{nom1} = C_{nom2}$ ,  $a'$  no conocido. Dependiendo de la selección se calculará la distancia entre centros  $a'$  y la holgura  $h$ , teniéndose que haber definido una "sobreholgura  $h_1$ " si se seleccionó el caso  $a' > C_{nom1}$ . Para 2 etapas se calculará también la velocidad de giro del eje intermedio  $n_1$ .

Calcula los **radios de cabeza**. Se puede hacer **con la holgura radial o sin holgura**. Incluso se pueden hacer los dos cálculos para así comprobar cómo varían los recubrimientos cuando se emplea o no la holgura radial.

Halla los **radios básicos**.

Verifica la **condición de no-apuntamiento** en rueda y piñón. En caso de que exista apuntamiento se procede a corregir mediante las dentaduras desplazadas  $x_t$ , aplicándose al engranaje que tiene el error; se recalculan los radios de cabeza, y se vuelve a verificar la condición antedicha.

Se hallan los **recubrimientos**: el de la sección frontal, el recubrimiento del salto y el coeficiente de engrane.

## 2. Diseño de un engranaje, calculando $b$ , $m$ , $r_1$ , comprobando la resistencia ante el fallo por fatiga superficial y por fatiga en la base del diente dada una potencia de transmisión.

El proceso de cálculo sigue el **método simplificado de Lafont**.

**Elección del dentado si no es conocido.** (esto también lo ejecuta la opción [1] de comprobación del diseño)

Si no se sabe el dentado  $Z_1$ ,  $Z_2$  y sólo se conoce el coeficiente de transmisión  $u$ , el programa recurre a la información del material y a la tabla de orientación de Niemann para escoger el dentado del piñón. El programa permite escoger el valor central del intervalo de acuerdo al material o el valor más pequeño a la izquierda de dicho intervalo, y realiza las interpolaciones correspondientes, tomando un valor

entero para el dentado obtenido haciendo redondeo. He considerado las dos opciones de elección (central y más pequeño) sobre la base de la observación de problemas, en los que en algunos casos se tomaba uno y en otros casos, otro.

### **Elección de materiales reales**, según listado de Lafont.

Los materiales son seleccionados de acuerdo a los tipos de aceros siguientes:

Fundición.  
Acero Fundido.  
Acero de Construcción.  
Acero de Bonificación.  
Acero de Cementación.  
Acero de Nitruración.  
Definido por el usuario.

Esta clasificación primera es la que viene en el texto de Lafont. Una vez se selecciona un grupo, el programa muestra en pantalla los diferentes tipos de esa clase. Por ejemplo, para fundición, presentaría:

Gris FG 20.  
Gris FG 26.  
Gris FG 35.  
Maleable Negra F.2.A.  
Maleable Negra F.2.B.  
Grafito Esferoidal F.G.E. 42-12.  
Grafito Esferoidal F.G.E. 60-2.  
Grafito Esferoidal F.G.E. 80-2.  
Grafito Esferoidal F.G.E. 100-0.

Al seleccionar uno de los aceros de esta clase, el programa presenta la información de dicho material: límite de fatiga superficial  $\sigma_{Hlim}$ , límite de fatiga para la tensión en la base del diente  $\sigma_{Flim}$ , la dureza (en índice Brinell o Vickers), la rugosidad media, y toma en memoria los datos que interesan como son los límites de fatiga. Téngase en cuenta que sólo los dos primeros valores citados se considerarán en el programa a efectos de cálculo, estando los demás simplemente por información del material.

Como puede darse el caso que solo sepamos la nomenclatura final del acero, el programa presenta una opción para aceptar el material o probar con otro y de esta forma se podría o bien buscar ese material o considerar otro por una selección errónea.

### **Iteraciones y correcciones automáticas.**

Puede que elijamos un material y al final, resulte que la potencia a transmitir sea inferior a la nominal requerida, por ejemplo en el caso de fallo por fatiga superficial. En este caso, se comprobará además si el valor para el límite de resistencia a la fatiga superficial del material es mayor que el obtenido por la ecuación 217 de Lafont. Entonces el empleo del material será óptimo, y no habrá que buscar otro. No obstante, si el valor de la potencia es inadmisibles, pero la ecuación anterior justifica la elección acertada del material, habrá que tomar un módulo  $m$  superior, y el programa iterará de forma automática sin intervención del usuario. De hecho, si no se cumplen ninguna de las dos condiciones (la de la potencia y la del límite de resistencia a la picadura), el programa primero resuelve el proceso de cálculo de  $m$  superior, antes que la sustitución del material y si finalmente sigue fallando la ecuación 217, se probaría con otro material, siendo el

programa el que decide en todo momento lo que se debe hacer y mostrando información de la decisión tomada... por ello en la descripción del programa se ha puesto "Cálculo automático de engranajes".

Las únicas elecciones que habría que hacer una vez comenzados los cálculos serían:

Elección de  $v_{t1}$  para el factor C3 si no es conocido.

Podría hacerlo el programa de forma automática, suponiendo inicialmente, por ejemplo:  $v_{t1} = 10$  m/s . No obstante, he tomado la determinación de dejar al usuario que inicie con una velocidad, pues intrínsecamente puede marcar el valor de  $d_1$  inicial según la ecuación:

$$v_{t1} = [2\pi.n/60].[d_1/2000]$$

Como podrían existir imperativos para elegir una velocidad más que otra, aún no conociéndola, es mejor que sea un valor inicial elegible directamente. Una vez iniciado el factor C3 y de acuerdo a los cálculos, posteriormente si es necesaria una iteración de valores, las nuevas velocidades  $v_{t1}$  serán calculadas con los datos ya existentes sin intervención del usuario.

Nuevo tipo de material si falla la ec. 217.

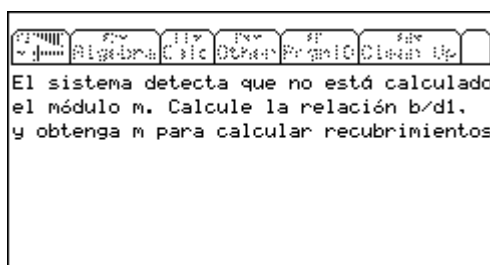
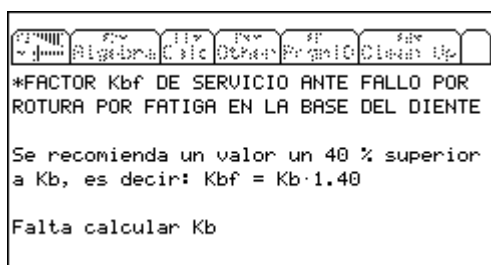
El programa invitará a elegir otro material. Se comprueba instantáneamente si resiste mediante la ecuación y se completarían los cálculos para la potencia a transmitir.

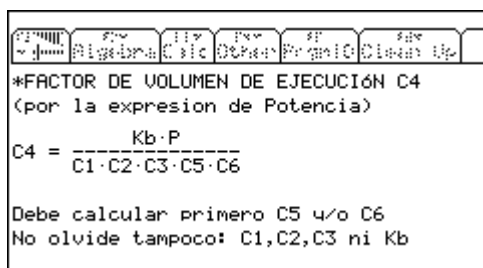
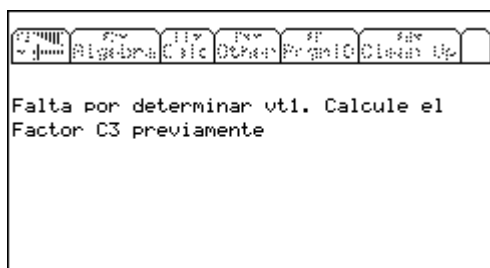
### **"Filtros de optimización y de no-caída del programa".**

El programa cuenta con multitud de filtros para poder ofrecer unas respuestas y cálculos consecuentes sin tener caídas o salidas del programa. He seguido la filosofía informática de programa "robusto".

Cuando se pide un cálculo en un menú y hay variables sin calcular, el programa no tiene salidas incontroladas, sino que muestra en pantalla que no se puede hacer el cálculo hasta que no se hallen ciertas variables.

Ejemplos de pantallas en que esto sucede:





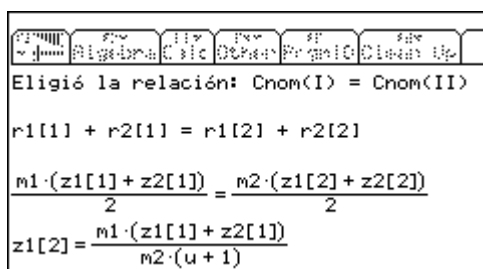
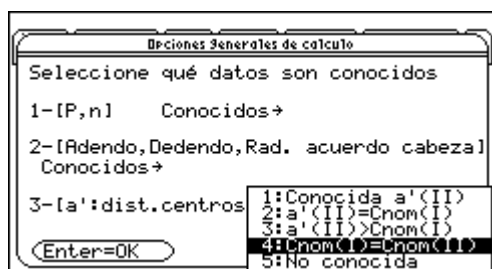
Las pantallas anteriores aparecieron porque no se ejecutaron los menús en orden; no obstante, como se ve, no hace falta tener un orden estricto para la ejecución, pues el programa impide avanzar cuando comprueba que hay ecuaciones con variables no calculadas y sale al menú de resultados. No obstante, pudiera existir alguna situación no detectada según la cual ante una determinada configuración, el programa sale con error. Sin embargo, se ha cuidado que ello no ocurra.

Determinados cálculos se revisan ante incoherencias y se muestran en pantalla, o se hacen operaciones con ellos.

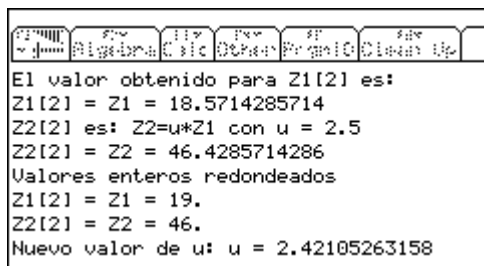
Supongamos que hemos puesto la condición  $C_{nom1} = C_{nom2}$  para dos etapas, es decir, que las distancias entre centros nominales son iguales. Dependiendo de cómo hallamos definido el dentado (si conocemos solo  $u$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$ , etc., así como los módulos  $m_1$ ,  $m_2$ , si son iguales o distintos), el programa:

- buscará una relación para el dentado  $Z_1$  de la 2ª etapa si solo conocíamos la relación de transmisión  $u$ , siendo prioritaria su búsqueda antes que con el criterio de Niemann según el material, pues de esta forma es previsible que no encaje en la condición, aparte que la ecuación "cuadra" si se despeja para  $Z_1$ . Esto se hace al desarrollar la ecuación  $C_{nom1} = C_{nom2}$ .
- comprobará que los dentados introducidos son compatibles con esa relación, si se conocen los dentados de partida. Si no se cumple la condición con los dentados, habrá que modificar o bien la condición o bien el dentado, pues de lo contrario, existirá incoherencia.

Esto es un ejemplo de lo que se ha comentado.



El programa despeja en la ecuación para  $Z_1[2]$  (de la 2ª etapa) y proporciona el valor más conforme según  $u$  para los dos dentados normalizados enteros, siguiendo la relación preestablecida. En la pantalla de abajo se observan las correcciones de los dentados, donde  $u$  es cercano al valor de partida.



```

El valor obtenido para Z1[2] es:
Z1[2] = Z1 = 18.5714285714
Z2[2] es: Z2=u*Z1 con u = 2.5
Z2[2] = Z2 = 46.4285714286
Valores enteros redondeados
Z1[2] = Z1 = 19.
Z2[2] = Z2 = 46.
Nuevo valor de u: u = 2.42105263158

```

## Cálculos efectuados para prevenir el fallo por fatiga superficial.

Se efectuarán en orden, tal y como se calcularía en un problema hecho a mano.

### Factores Kb y Ka.

#### Factor C1.

**Factor C2** (se hace por tablas de puntos extraídos de la fig. 89 de Lafont).

**Factor C3** (se hace por tablas de puntos extraídos de la fig. 90 de Lafont).

**Factor C4.** Si es la primera vez que se ejecuta, pedirá que se resuelvan primero C5 y C6.

**Factor C5.** Tiene 3 opciones:

- 1)  $\gamma_1 = \gamma_2 = 0,3$  ,  $E_1 = E_2 = 207.102 \text{ daN/mm}^2$  ( $Z_E = 60,169$ ).
- 2) Definir  $\gamma_1, \gamma_2, E_1, E_2$  (elección del usuario).
- 3) Materiales usuales (a elegir entre):
  - i. piñón forja, rueda forja-moldeo. ( $Z_E = 61$ ).
  - ii. piñón forja-moldeo, rueda de fundición. ( $Z_E = 57$ ).

#### Factor C6.

**Factor Kh $\alpha$ .** Se elige entre:

- i. Tallada acero temple total.
- ii. Endurecida-rectificada.

### Obtener relaciones b/d1.

La orientación de Niemann para la relación incluye 5 grupos de materiales:

Normalizado HB<100.

Templado y revenido HB>200.

Cementado.

Nitrurado.

Piñón en voladizo.

Dado que no existe una correspondencia biunívoca entre los materiales elegidos y la nomenclatura de este listado de la orientación para la elección del parámetro, he incluido el listado de los materiales. Lo que es claro es que si se eligió un acero cementado, no cabe ninguna duda, pero ¿qué tipos de aceros son los normalizados con la dureza HB<100? Es por ello, que si existen indicios en un problema determinado del conocimiento de esos parámetros (o incluso lo de piñón en voladizo) es preferible tener este listado de materiales y elegir en consonancia con lo que previamente hallamos elegido como material de partida, pues ello no crea ninguna inconsistencia ni incoherencia.

Una vez elegido el material del grupo anterior, se procedería a calcular el ancho del dentado b, suponiendo que tengamos ya calculado C4, que en un

principio sería el último de los factores de este grupo en calcular, pues de lo contrario el programa nos lo recordaría. El programa calcula  $b$  partiendo de  $C_4$ ,  $Kh_\alpha$ ,  $b/d_1$ , con los datos obtenidos de la figura 95 de Lafont, que es una gráfica logarítmica doble. Existirán varios valores válidos de  $b/d_1$ . Se calcularán todos, y se hallará el que haga un volumen mínimo. En pantalla se presentarán los anchos del dentado  $b$  y los diámetros  $d_1$ , así como la recta tomada de la figura y los puntos iniciales y finales de la misma. En un apartado correspondiente posterior se detallará lo dicho. Se llegará a un módulo decimal y se tomará uno normalizado, que se extraerá de la fig. 3 de Lafont.

Para ello, únicamente hay que señalar qué serie se elige de la normalización para  $m$ , de entre:

- 1) Serie I preferente.
- 2) Series I & II.
- 3) Series I & II & III.

La opción (1) serie I preferente, sólo toma dicha serie, mientras que la opción (2) toma tanto la serie I como la II, mientras que en la opción (3) entran en juego las 3 series, siendo indiferente cualquiera de ellas para la elección.

Una vez obtenido  $m$  normalizado del programa, éste redondeará  $b$  y  $d_1$ . Con estos datos se obtiene una nueva velocidad tangencial y se recalcula  $C_3$ . También se calcula  $Kh_\beta$  y luego  $C_4$  nuevamente.

**Factor  $Kh_\beta$ .** Puede ser calculado independientemente, aunque cuando se calcula  $b/d_1$  se obtiene como paso para obtener  $C_4$ .

**Potencia  $P_{t1}$ .** Obtiene la potencia a transmitir en comparación a la potencia nominal deseada y verifica la condición de fallo por fatiga superficial.

**Condición aplicabilidad.** Muestra si el cálculo se puede hacer por el método simplificado y si el material es óptimo según la ec. 217 de Lafont.

## **Cálculos efectuados para prevenir el fallo por fatiga en la base del diente.**

**Factor  $K_{BF}$ .**

**Factor  $CB_1$ .**

**Recubrimientos  $\varepsilon_\alpha$ ,  $\varepsilon_{\alpha n}$ ,  $\varepsilon_\beta$ ,  $\varepsilon_\gamma$ .** Se calcularán previamente:

- i. los radios básicos.
- ii. los desplazamientos (si no se conocen).
- iii. los radios de cabeza. (si el adendo no era conocido aquí se pedirá; normalmente el factor será 1, pero puede tomarse otro valor a elegir).

Una vez obtenidos los resultados intermedios anteriores, se hallan todos los recubrimientos secuencialmente.

**Factor  $CB_2$ .** En lugar de usar la fig. 98 de Lafont, en este caso se emplearán las ecs. analíticas 123-127 de Lafont para  $Y_\varepsilon$  y  $Y_\beta$ .

**Factor  $CB_3$ .** En lugar de usar la fig. 99 de Lafont, se usarán las ecs. 130 y 130 bis y las figs. 57 y 58 para  $K_{350}$ ,  $f$ ,  $K_v$  y la conversión ISO a DIN.

**Factor  $CB_4$ .** Se obtiene el factor  $Y_{fs}$  tomando puntos de la fig. 54<sup>a</sup> de Lafont. Sólo se ha considerado la gráfica de perfil de referencia de altura completa SIN protuberancia. Luego se considera el inverso de este factor y se obtiene el requerido.

**Factor  $CB_5$ .** Se calcula por la ec. 234 y siguiente.

**Factor  $CB_6$ .**

**Factor CB7.** Se determina por la fig. 100 de Lafont, según los tres tipos de aceros. El programa selecciona en qué grupo está y determina el valor mediante rectas asociadas a la figura.

**Potencia Pt2.** Obtiene la potencia a transmitir en comparación a la potencia nominal deseada y verifica la condición de fallo por fatiga en la base del diente.

**Resultado final.** Muestra la información más interesante cara al diseño: dentados Z1 y Z2 , anchura del diente b, diámetro del piñón d1, radios primitivos, módulo, potencia nominal, potencia transmisible de acuerdo al fallo por picadura y fallo en la base del diente, y los correspondientes factores de seguridad en tanto por uno, que se obtienen de dividir cada una de la potencia obtenida en ambos apartados entre la potencia nominal. Este valor será mayor que 1, como corresponde a ausencia de fallo.

**Valores calculados.** Muestra los cálculos y los datos en el momento en que se ven. Si se selecciona al principio, la mayoría pondrá variable "no conocida". Incluye también los datos de partida, con la salvedad siguiente: mientras que los datos de origen se mantienen en el menú Datos1 y Datos2, si algún dato es corregido por el programa, como por ejemplo en el estudio de si existe penetración en los dentados (en los que puede cambiar el número de dientes y la relación de transmisión), los datos antiguos no figurarán aquí, sino que se mostrarán los datos actuales únicamente.

Existen algunos cálculos que el programa realiza en este apartado y que no se mencionan en el transcurso de los problemas resueltos automáticamente por Autoeng. Son variables que no se precisan de forma directa, pero que puede que interese consultar. No se especifica su ecuación como es norma en el resto de cálculos. Tan solo aparece su resultado. Estos son:

le = longitud total de contacto o longitud efectiva (ec. 85)  
 lef = longitud efectiva del contacto (ecs. 100-102)  
 p = paso (ec. 8)  
 rn1 , rn2 = radios primitivos del perfil normal equivalente (ec.66)  
 be = anchura del dentado equivalente (ec. 86)  
 Sb = salto medido en circunferencia básica (ec. entre 69 y 70)  
 ha1 , ha2 o ha = altura de cabeza del dentado (fig. 8 ó ec. 15, todas estas variables).  
 hf1 , hf2 o hf = altura de pie del dentado.  
 hw = altura de trabajo (solo sin desplazamiento)  
 c = juego en cabeza (solo sin desplazamiento)  
 ht = altura total del dentado.  
 s1 , s2 o s = espesor (piñón, rueda con desplazamiento, o sin desplazamiento)  
 e1 , e2 o e = hueco (piñón, rueda con desplazamiento, o sin desplazamiento)  
 ad, de, rc hacen referencia a adendo, dedendo y radio de acuerdo de cabeza.  
 gf = longitud de acercamiento (ec. 34)  
 ga = longitud de alejamiento (ec. 35)  
 g $\alpha$  = longitud de engrane (ec. 36)  
 Gf = deslizamiento durante el período de acercamiento (ec. 45)  
 Ga = deslizamiento durante el período de alejamiento (ec. 45 bis)  
 G = deslizamiento total (ec. 46)

El programa pone en pantalla todas las variables agrupadas como máximo en 8, para visualizar al momento el grupo que se desee.

## 6.- EJEMPLOS RESUELTOS DE PROBLEMAS CON AUTOENG.

### PROBLEMA N° 1.

```
=====
UNED          ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES
CURSO 2000-2001      CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y ENSAYO DE MÁQUINAS
1ª Prueba Personal    2ª Semana      Tiempo: 2 Horas      Febrero 2001
=====
```

### (En el examen fue el problema n° 2)

Se pretende diseñar una transmisión mediante engranajes rectos con un piñón de 13 dientes y una rueda de 41, tallados con una herramienta con ángulo de presión  $\alpha_n = 20$  grados, adendo igual a 1, dedendo 1.25, y radio de acuerdo de cabeza de 0.3.

Los engranajes se tallarán sin desplazamiento. De acuerdo con otras transmisiones similares se ha estimado un módulo de 5 para un primer tanteo. ¿Es posible un diseño correcto, desde el punto de vista de problemas en el tallado y en el funcionamiento, para el montaje de la etapa de engranajes a una distancia entre centros de 135 mm?

En caso negativo indicar porqué y modificar los parámetros que se consideren necesarios para establecer un diseño correcto bajo estas condiciones.

En el caso planteado: calcular los recubrimientos y estimar la potencia que puede transmitir ese par de engranajes.

---

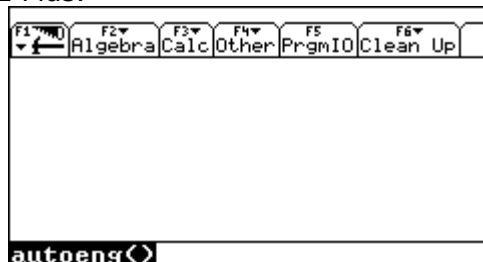
Para verificar el diseño habrá que comprobar el no-apuntamiento en los dentados y la no-penetración de la herramienta al generarse el dentado. Este problema guarda parecido con el problema n° 1 de "Transmisiones de Engranajes" de "Problemas de diseño de Máquinas" (Cuadernos de la UNED 188), ya mencionado. En ese libro se citan unos parámetros muy interesantes como:

- i. Radios de entronque de la trocoide con el perfil de evolvente en dentados ( $r_{e1}$ ,  $r_{e2}$ ).
- ii. Radios de finalización de engrane ( $r_{fin1}$ ,  $r_{fin2}$ ).
- iii. No-interferencia en base de dentados ( $r_{fin} > r_e$ ).
- iv. ...

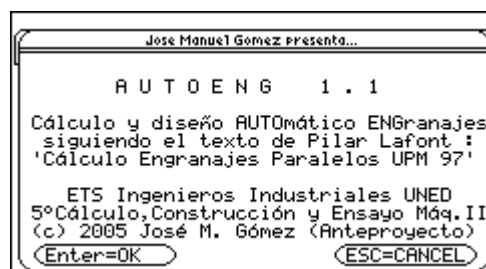


No obstante, al no estar documentados estos parámetros en Lafont y no haber encontrado ningún otro medio donde consultar sobre dichas variables, no he incluido estos cálculos en el programa y máxime cuando intenté en vano obtener los radios de entronque sin acierto.

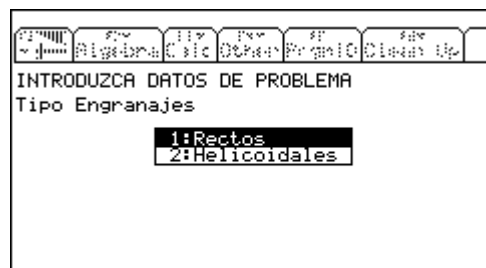
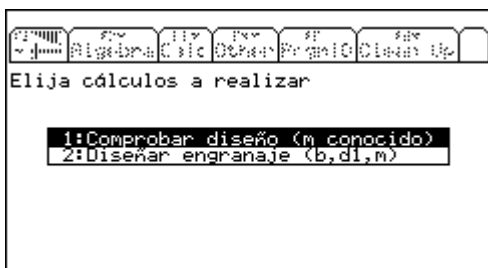
Para arrancar Autoeng, solo hay que escribir **autoeng( )** en la línea de comandos de la pantalla de la calculadora, o en la pantalla del emulador y pulsar 'ENTER' con la tecla. Ambas imágenes son iguales tanto si se ejecuta en el emulador como en la TI-92 Plus.



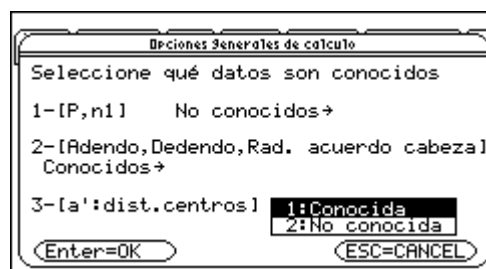
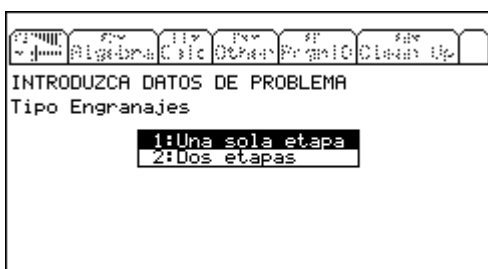
A continuación aparece la pantalla de presentación de Autoeng donde hay un dibujo de engranajes obtenido del libro de Lafont y una presentación del autor y de la universidad y asignatura para la que se realizó el programa.



Comienza el problema con la selección de datos. Se tratará de una comprobación de diseño, pues el módulo es conocido. Los engranajes serán rectos.



Serán de una sola etapa. No conocemos ni la potencia  $P$  ni la velocidad de giro  $n_1$  (frecuencia realmente); sí conocemos los factores adendo, dedendo y radio de acuerdo de cabeza, mientras que la distancia entre centros  $a'$  la conocemos.



De las variables  $Z_1$ ,  $Z_2$  y  $u$ , conocemos las dos primeras; el material lo elegiremos después (en realidad en esta clase de problemas no hace falta) y sabemos los desplazamientos  $x_1$ ,  $x_2$ .

Sobre la base de la información suministrada sobre opciones de cálculo, comenzamos a introducir los datos para calcular el problema.

Opciones Generales de calculo	
1-[VALORES CONOCIDOS DE $Z_1, Z_2, u$ ] En caso de 11 etapas, $Z_1$ y $Z_2$ hacen referencia a la 2a. de ellas [ $Z_1, Z_2$ ]+	ENTRADA DE DATOS GENERALES $Z_1$ (dientes Piñón)? 13 $Z_2$ (dientes Rueda)? 41 Coeficiente de transmisión $u = Z_2/Z_1$ $u = 3.15384615385$ $m$ (módulo) ? 5
2-[MATERIAL] Lo elegiremos después→	
3-[DESPLAZAMIENTOS] Conocemos $x_1, x_2$ →	
Enter=OK	ESC=CANCEL

Con todos los datos introducidos, el programa está listo para determinar la solución. Obsérvese que algunos datos son superfluos para las soluciones pedidas, como el dedendo, pero no el adendo (necesario para los radios de cabeza) ni el radio de acuerdo de cabeza (necesario para la ecuación del no-apuntamiento).

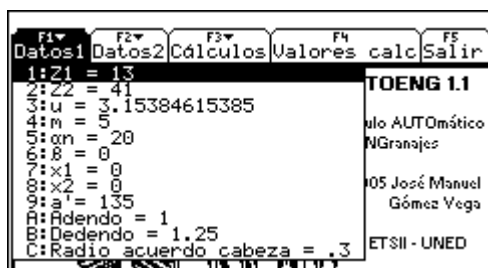
Opciones Generales de calculo	
an (áng. presión ref. normal)? 20 $\beta$ (áng inclinación referencia) = 0 $x_1$ (desplazamiento en mm)? 0 $x_2$ (desplazamiento en mm)? 0 $a'$ (distancia centros en mm) ? 135	$a'$ (distancia centros en mm) ? 135 adendo (factor de ha → altura cabeza) ? 1 dedendo (factor de hf → altura pie) ? 1.25 radio acuerdo cabeza (factor c→juego) ? 0.3

Una vez finalizado el proceso de introducción de datos, aparece en la barra de herramientas de la calculadora el menú siguiente, a los que se accede pulsando las teclas F1 a F5:

Datos1, Datos2, Cálculos, Valores Calc, Salir



El menú **Datos1** y **Datos2** contiene todos los datos introducidos previamente. Obsérvese que en este caso, Datos2 está vacío. Esto se debe a que no hemos introducido muchos datos. La única funcionalidad de estos dos menús es ver los datos introducidos en un origen. Aquí no se recoge ningún dato calculado, salvo los que son previos a la presentación de esta pantalla de inicio de cálculos, como por ejemplo la relación de transmisión que se calculó al introducir los dentados.

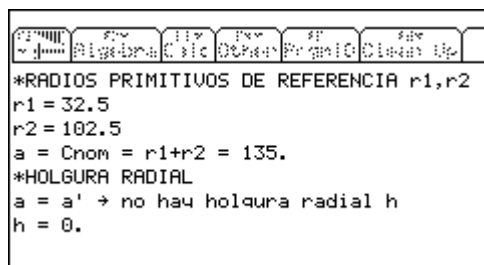
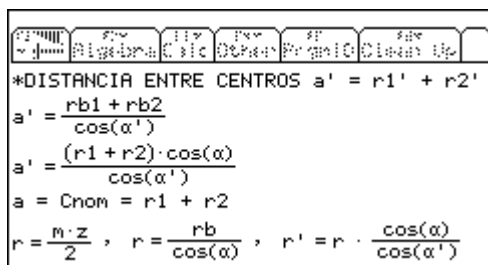
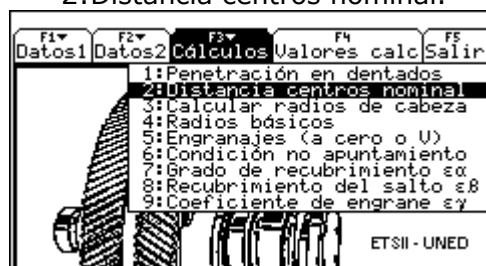


El menú **Cálculos** incluye una lista de cálculos en cadena. Se deben hacer en orden según están listados, por lo que se comenzaría con **1:Penetración en dentados**. Hay que observar que bajo un epígrafe es posible que se haga más de un cálculo. También es verdad que podía haber desengranado más los cálculos, sobre todo en el epígrafe **2: Distancia centros nominal**, pero se hizo así.

Este problema se resolverá de la siguiente forma: suponemos en un principio que el dentado es correcto y realizamos varios cálculos, sin comprobar la penetración en los dentados. De esta forma nos permite comparar si el diseño valiese y las diferencias entre un mal diseño y un diseño correcto. También cabe citar que en un principio había puesto la selección **1:Penetración en dentados** después de la **6:Condición de no apuntamiento**. No obstante, debido a que no se requieren excesivos datos para evaluar el fallo por penetración y es vital para un diseño óptimo, lo cambié al primero de todos, no haciéndolo también para la condición de apuntamiento pues se requieren varios datos, entre los que cabe destacar los radios básicos y los radios de cabeza.

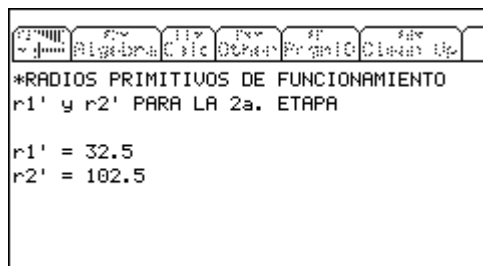
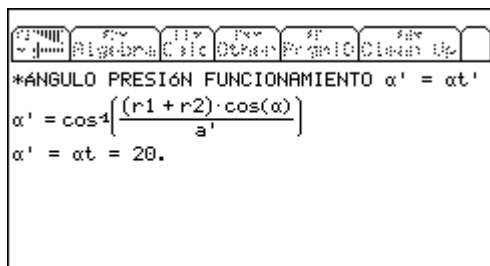
En la resolución de este problema se ha pretendido calcular varios datos y comparar con los resultados válidos. Sin embargo, la forma normal de operar será comenzar con el epígrafe 1 para comprobar la penetración y no por el 2 de distancia entre centros nominal. No obstante, se ofrece esta posibilidad para hacer todo tipo de comparaciones.

## 2: Distancia centros nominal.

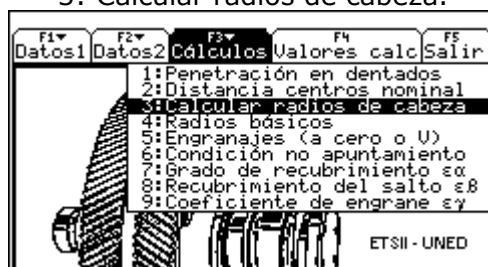


Se presentan las ecuaciones tanto de la distancia entre centros, como de la nominal, la del radio primitivo con relación al módulo y el dentado, la relación de radios básicos y la de los radios primitivos de funcionamiento con los de referencia. Se calculan primero los radios primitivos de referencia. Como la distancia entre centros nominal es la misma que la distancia entre centros, sucede que no hay

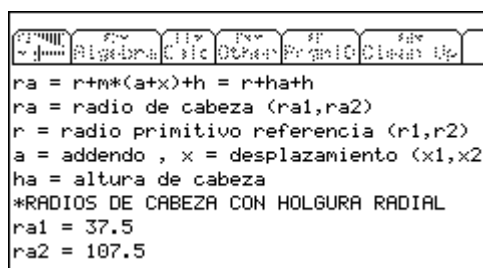
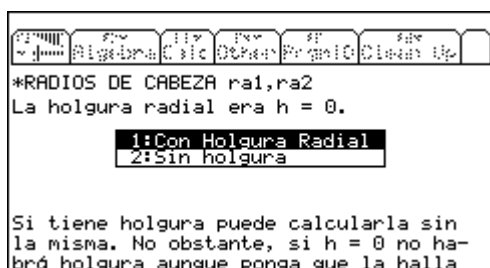
holgura radial, pero además también se tiene que  $\alpha' = \alpha$ . A continuación se obtienen los radios primitivos de funcionamiento, que como se ve son iguales a los de referencia, observando las ecuaciones.



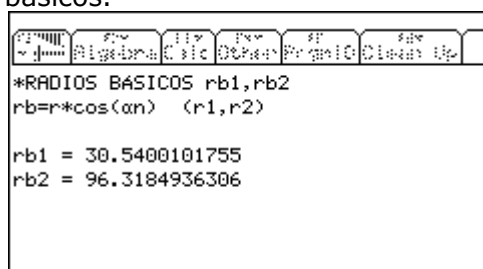
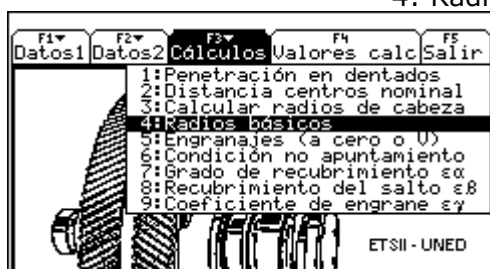
### 3: Calcular radios de cabeza.



Los radios de cabeza se pueden calcular con la holgura radial (si existe) o sin holgura radial. Si existe holgura se puede calcular con ella o sin ella, pero si no existe ( $h = 0$ ), da igual poner con o sin en la selección del cálculo.



### 4: Radios básicos.



Se calculan los radios básicos. Obsérvese que el ángulo en este caso es  $\alpha_n$ . Sucede que se trata de engranajes rectos. Para este tipo de engranajes se cumple  $\alpha_n = \alpha_t$ . Si el engranaje fuese helicoidal aparecería en la fórmula  $\alpha_t$ .

### 5: Engranajes (a cero o V).



El programa determina si se trata de un engranaje a cero o en V. Para ello realiza lo siguiente:

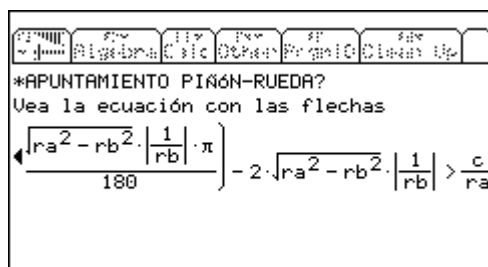
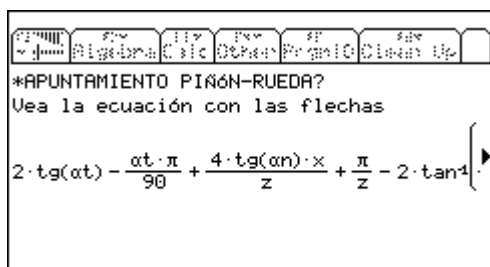
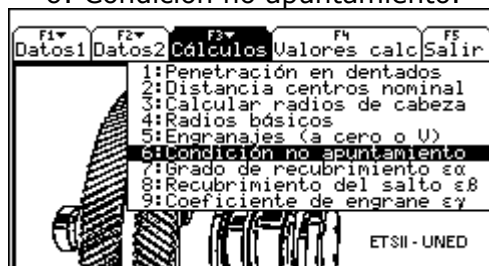
Serán engranajes a cero si (según lo estudiado en Lafont):

-Se determina que es un dentado normalizado con  $\alpha_n = 20^\circ$ .

-Se comprueba que se cumple  $x_1 = -x_2$

En los dos dentados se ha supuesto siempre que m es el mismo (otro asunto son las etapas). De esta forma el hecho de que el espesor s y el hueco e sean iguales depende únicamente de los deslizamientos producidos por x en ambos dentados.

#### 6: Condición no apuntamiento.



La desigualdad del no apuntamiento en los dentados se muestra en pantalla. No obstante, su forma difiere ligeramente de la presentada en el libro de problemas (cambia el orden de los sumandos y se han deshecho factorizaciones). Su retoque no obedece a ninguna circunstancia especial, pero la calculadora presenta la desigualdad de esa forma, reordenando términos. Como es una expresión grande y no entra en pantalla, se puede acceder a ella mediante las teclas de cursor de la calculadora. La inequación es genérica para los dos dentados, pero el cálculo se realiza para piñón y rueda.

Este problema desgraciadamente no permite observar lo que es capaz de hacer el programa si existe apuntamiento, pues no lo hay. Se verá en otro problema más adelante.

Si la desigualdad se cumple no hay apuntamiento; en caso contrario sí lo hay el diseño no sería correcto. En la ecuación se tiene  $\alpha_t$  en grados, pero cuando aparece sola o dentro de la expresión del arco tangente se pasa a radianes mediante  $\pi/180$ .

## Pantalla de presentación del no-apuntamiento.

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
*APUNTAMIENTO PIÑÓN-RUEDA? (Se considera $\alpha_t = \alpha_n$ )  No hay apuntamiento en piñón: .084566004945 > .04  No hay apuntamiento en rueda: .03546187376 > .013953488372					

## 1: Penetración en dentados.

F1	F2	F3	F4	F5
Datos1	Datos2	Cálculos	Valores calc	Salir
1: Penetración en dentados 2: Distancia centros nominal 3: Calcular radios de cabeza 4: Radios básicos 5: Engranajes (a cero o U) 6: Condición no apuntamiento 7: Grado de recubrimiento $\epsilon_\alpha$ 8: Recubrimiento del salto $\epsilon_\beta$ 9: Coeficiente de engrane $\epsilon_y$  ETSII - UNED				

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
No existirá penetración si: $\frac{Z}{1-x} \geq \frac{2}{(\sin(\alpha))^2}$ Piñón: $Z1 \geq 17.0972643408$ Penetración pues $13 < 17.0972643408$ Rueda: $Z2 \geq 17.0972643408$ No Penetración pues $41 \geq 17.0972643408$					

En este caso existe penetración en el piñón como se deduce de la ecuación listada. El programa resolverá esta circunstancia modificando los parámetros necesarios con la intervención del usuario.

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
Al existir penetración, debe modificar el dentado para un diseño correcto pues un dentado con penetración presenta fallo. Modifique Z1					

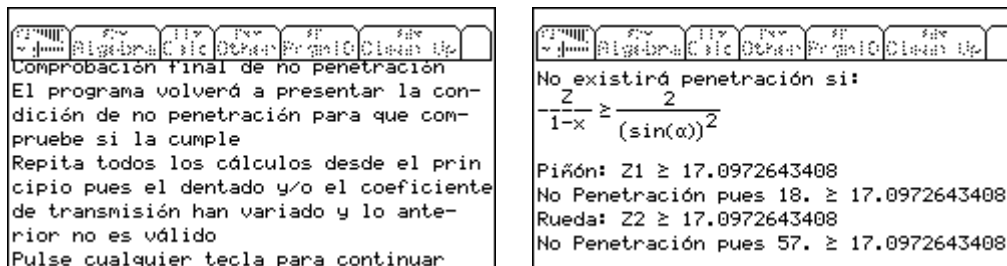
Modificación del dentado por penetración					
Elija un valor que cumpla: $Z1 \geq 17.0972643408$ Z1 (dientes piñón)? <input type="text" value="18"/>					
Seleccione: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1: Mantener u</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2: Mantener Z2</span>					
<input type="button" value="Enter=OK"/> <input type="button" value="ESC=CANCEL"/>					

El programa modifica solo el dentado que tiene penetración (o los dos, según el caso), indicando que se introduzca un dentado correcto, mayor que el que produce la penetración. Si se intenta introducir un dentado menor, el programa no dejará avanzar, por lo que actúa como filtro para no hacer iteraciones innecesarias. Por otra parte, en caso de que exista penetración en un solo dentado, se puede escoger entre mantener el coeficiente de transmisión anterior, forzando a ajustarse al dentado que se ha cambiado o bien, mantener el otro dentado a costa de modificar la relación de transmisión.

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
Nuevos dentados $Z1 = 18.$ $Z2 = 56.7692307692$ $u = 3.15384615385$					

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
Redondeo de dentados a nº enteros Dentados normalizados $Z1 = 18.$ $Z2 = 57.$ Coeficiente Transmisión u $u = 3.16666666667$					

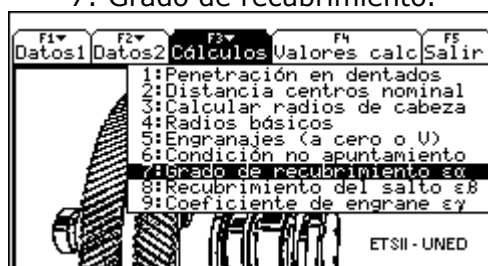
Indudablemente, este ajuste produce en la mayoría de los casos dentados no normalizados (decimales no enteros). El programa redondea los dentados hasta el entero más próximo. La relación  $u$  es casi la misma.



El programa advierte de la necesidad de rehacer todos los cálculos desde el principio, aparte que muestra la pantalla en la que se comprueba finalmente de que no existe penetración. ¡Normalmente esto no sería necesario, pues esta comprobación es lo primero que se hace!

Aunque se hallan cambiado datos en este cálculo, el programa mantiene los datos inicialmente introducidos (los del problema). No obstante si se accede a **Valores calc** del menú, ahí se observan los datos o cálculos reales en todo momento, por lo que si no hubiésemos llegado a calcular el grado de recubrimiento frontal, la variable correspondiente mostraría "no definida". Esto es muy útil para conocer en todo momento, cómo va calculando el programa, y qué cálculos se han efectuado, pues las variables presentan el último valor en memoria, en caso de que cambien.

#### 7: Grado de recubrimiento.



A continuación se presentan nuevamente los cálculos efectuados con las correcciones.

No se precisarán todas las pantallas, por entender que ya se han detallado bastante anteriormente.

Al pulsar **2: Distancia centros nominal**, sucede que aparece una holgura negativa. Recordamos que  $a'$  se había definido en el enunciado en base a los dentados iniciales, pero fueron modificados. Entonces ese valor de  $a'$  no vale. El indicio de ello es precisamente la holgura negativa (no puede ser  $a' < a$ ). Además se sabe que es por la corrección por penetración (podría ser por un dato erróneo de entrada, pero esto el programa lo "sabe").

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
La holgura h<0 se debe a que el dentado
fallaba por penetración y fue corregido
A continuación se calcularán a' y α'

```

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*ÁNGULO PRESIÓN FUNCIONAMIENTO α' = αt'
α' = cos⁻¹((r1+r2)·cos(α)/a)
Inv(α') = 2·(x1+x2)·tan(α)+Inv(α)
α' = αt' = 20.3713271223
*DISTANCIA ENTRE CENTROS a' = C
a' = 187.947282969

```

Primero se calcula el ángulo de presión de funcionamiento, mediante la 2ª ecuación de la pantalla, pues en la 1ª no sabemos  $a'$ , ya que el dato de origen no nos vale ya. Además, queda claro que la holgura no puede ser negativa, pues en ese caso, el valor de dentro del arco coseno sería mayor a la unidad, que es un dominio no permitido (esto demuestra lo anteriormente citado:  $a' < a$ ). Luego, la distancia entre centros se calcula por la 1ª ecuación.

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*RADIOS PRIMITIVOS DE FUNCIONAMIENTO
r1' y r2' PARA LA 2a. ETAPA
r1' = 45.1073479126
r2' = 142.839935056

```

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*RADIOS PRIMITIVOS DE REFERENCIA r1,r2
r1 = 45.
r2 = 142.5
a = Cnom = r1+r2 = 187.5
*HOLGURA RADIAL
Existe holgura radial y vale:
h = a' - a = a' - Cnom
h = .44728296899

```

Finalmente se calculan los radios primitivos de funcionamiento. La pantalla inicial de los radios primitivos de referencia y la holgura radial no se ha presentado, porque como se ha dicho, los valores estaban sin corregir. Entrando nuevamente al menú **2:Distancia centros nominal**, podremos obtener los definitivos radios primitivos de referencia y la holgura radial.

Los nuevos radios de cabeza (calculados con holgura radial) son:

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*RADIOS DE CABEZA ra1,ra2
La holgura radial era h = .44728296899
1:Con Holgura Radial
2:Sin holgura
Si tiene holgura puede calcularla sin
la misma. No obstante, si h = 0 no ha-
brá holgura aunque ponga que la halla

```

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
ra = r+m*(a+x)+h = r+thath
ra = radio de cabeza (ra1,ra2)
r = radio primitivo referencia (r1,r2)
a = addendo, x = desplazamiento (x1,x2)
ha = altura de cabeza
*RADIOS DE CABEZA CON HOLGURA RADIAL
ra1 = 50.447282969
ra2 = 147.947282969

```

Los nuevos radios básicos:

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*RADIOS BÁSICOS rb1,rb2
rb=r*cos(αn) (r1,r2)
rb1 = 42.2861679354
rb2 = 133.906198462

```

Nueva condición no apuntamiento:

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*APUNTAMIENTO PIÑÓN-RUEDA?
(Se considera αt=αn)
No hay apuntamiento en piñón:
.05675279889 > .029734009677
No hay apuntamiento en rueda:
.023719201758 > .010138746518

```

A partir de aquí seguimos con el resto de cálculos, a los que antes no se llegó.

7:Grado de recubrimiento  $\varepsilon\alpha$



\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon\alpha$   
 Vea la ecuación con las flechas

$$\epsilon\alpha = \frac{-\text{tg}(\alpha_t) \cdot z_t}{2 \cdot \pi} + \frac{\sqrt{ra1^2 - rb1^2} \cdot \left| \frac{1}{rb1} \right| \cdot z1}{2 \cdot \pi} + \dots$$

Con apuntamiento (antes)

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon\alpha$   
 Vea la ecuación con las flechas

$$\epsilon\alpha = \frac{\sqrt{2 - rb1^2} \cdot \left| \frac{1}{rb1} \right| \cdot z1}{2 \cdot \pi} + \frac{\sqrt{ra2^2 - rb2^2} \cdot \left| \frac{1}{rb2} \right| \cdot z2}{2 \cdot \pi}$$

$\epsilon\alpha = 1.85777799142$

Sin apuntamiento (ahora)

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon\alpha$   
 Vea la ecuación con las flechas

$$\epsilon\alpha = \frac{-\text{tg}(\alpha_t) \cdot z_t}{2 \cdot \pi} + \frac{\sqrt{ra1^2 - rb1^2} \cdot \left| \frac{1}{rb1} \right| \cdot z1}{2 \cdot \pi} + \dots$$

$\epsilon\alpha = 1.69328752344$

Como el programa ha tenido varias mejoras desde que se comenzó a escribir esta memoria, la presentación de la ecuación anterior se ha visto mejorada.

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon\alpha$   
 Vea la ecuación con las flechas

$$\epsilon\alpha = \frac{\sqrt{ra1^2 - rb1^2} \cdot z1}{2 \cdot |rb1| \cdot \pi} + \frac{\sqrt{ra2^2 - rb2^2} \cdot z2}{2 \cdot |rb2| \cdot \pi} - \frac{z_t \cdot \text{tg}(\alpha_t)}{2 \cdot \pi}$$

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon\alpha$   
 Vea la ecuación con las flechas

$$\epsilon\alpha = \frac{\sqrt{2 - rb1^2} \cdot z1}{2 \cdot |rb1| \cdot \pi} + \frac{\sqrt{ra2^2 - rb2^2} \cdot z2}{2 \cdot |rb2| \cdot \pi} - \frac{z_t \cdot \text{tg}(\alpha_t)}{2 \cdot \pi}$$

8: Recubrimiento del salto  $\epsilon\beta$ .

\*RECUBRIMIENTO DEL SALTO  $\epsilon\beta$

$$\epsilon\beta = \frac{b \cdot \sin(\beta)}{\pi \cdot \pi}$$

$\epsilon\beta = 0.$

Por no ser dentado helicoidal el recubrimiento del salto es nulo.

9: Coeficiente de engrane  $\epsilon\gamma$ .

\*COEFICIENTE DE ENGRANE  $\epsilon\gamma$

$$\epsilon\gamma = \epsilon\alpha + \epsilon\beta$$

$\epsilon\gamma = 1.69328752344$

El resultado es para el dentado corregido sin penetración.

Nos piden aparte una estimación de la potencia, por lo que habría que suponer unos cuantos parámetros y variables y llegar a realizar un diseño. Esto se debe hacer con la opción 2 de Autoeng : **Diseñar engranaje (b,d<sub>1</sub>,m)**.

En este caso hay que observar que contamos con el módulo, que mantendremos fijo y que no conocemos ni la velocidad angular  $n_1$  ni la potencia P. La estimación de P impone que debamos de tomar datos adicionales.

En un principio, escogemos:

Material: acero cementado F 1560.

Máquina accionamiento: de choques medios.

Máquina de trabajo: de choques fuertes.

Calidad ISO 5.

Fiabilidad: Normal (8-10 h/día).

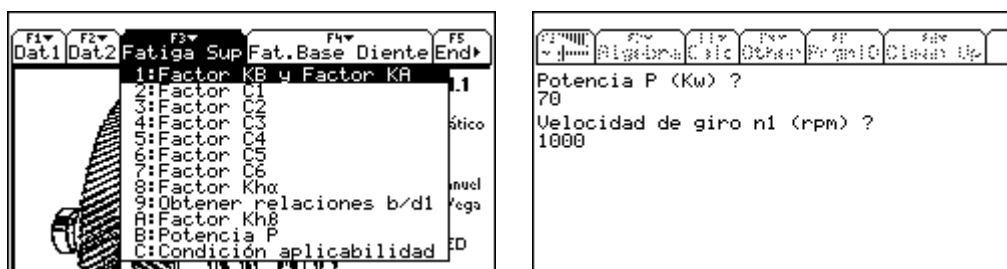
Los datos introducidos están presentados en las dos pantallas siguientes:



Se ha omitido la entrada de estos datos, que luego en otro problema se verá.

Comenzamos el cálculo del diseño del engranaje para la obtención de una estimación de la potencia con el menú de la barra de herramientas **F3: Fatiga Sup** que realiza todos los cálculos pertinentes para un diseño exento de fallo por picadura o fatiga superficial.

Al pulsar sobre **1:Factor K<sub>B</sub> y Factor K<sub>A</sub>**, lo primero que se hace en este caso es invitar a dar los datos de P y  $n_1$  que se estimarán conjuntamente. Queda claro que fijado uno, el otro es automáticamente analizado. Se va a suponer hipotéticamente que  $n_1$  va a valer 1.000 rpm y según este dato constante, se va a obtener la potencia P necesaria para evitar el fallo por fatiga superficial.



Los dos factores calculados:

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*TERMINO Krh/Zn² según la fiabilidad:
Krh/Zn² = 1.00
*FACTOR DE APLICACIÓN Ka
Tiene en cuenta las sobrecargas dinámicas
de fuerzas exteriores al engranaje
según las características de la mda.
accionamiento u mda. de funcionamiento
Ka = 2

```

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*FACTOR DE SERVICIO Kb
Ka · Krh
Kb = ---
Zn²
Kb = 2

```

Se sigue el procedimiento de cálculo pulsando **2:Factor C<sub>1</sub>** y **3:Factor C<sub>2</sub>**, recordando nuevamente que el orden ideal es el que aparece listado en el menú, salvo para C<sub>4</sub>.

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*FACTOR C1
C1 = π · n1 · u / (6 · (u + 1))
u = z2 / z1
u = 3.16666666667
C1 = 397.935069455

```

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*FACTOR C2
C2 = 1 / (zh² · z8² · ze²)
Aunque puede obtenerse por la ecuación,
se calcula por la fig. 89 de Lafont
El programa lo calcula con tablas derivadas
de dicha figura
C2 = .21

```

Para hallar el factor C<sub>3</sub> nos damos cuenta que como tenemos n<sub>1</sub> y r<sub>1</sub> (se obtiene de m y Z<sub>1</sub>), la velocidad tangencial del piñón v<sub>t1</sub> en este caso está definida. Cuando en los resultados del factor se indique "extrapolación" se refiere a que en la obtención del dato se ha recurrido a salir de la banda dibujada (en este caso 18 < 20 que es el límite inferior de la banda) para la toma de los datos.

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*FACTOR DEPENDIENTE DE LA VELOCIDAD C3
C3 = Zv² / Kv
Se hará por la fig. 90 de Lafont
con tablas de puntos para C3 obtenidas
tomando puntos de la misma
Zv=factor de velocidad
Kv=factor dinámico

```

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
Tenemos:
vt1 = 4.71238898038
Z1 = 18.
ISO = 5.
De la fig. 90, se obtiene:
C3 (heloidal)=.939
mediante extrapolación de la tabla
según los datos tomados de la fig.

```

Al tratarse de un dentado recto, se debe corregir por el factor de la tabla correspondiente. Como se observa, este programa tiene un carácter eminentemente didáctico y pedagógico, pues muestra todos los pasos intermedios de cálculo.

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
Como el dentado es recto se corrige por
el factor de la tabla de la fig. 90 b:
f 1 2 4 6 8 10
iso5 1 1.03 1.07 1.1 1.14 1.17
iso7 1.05 1.08 1.14 1.19 1.23 1.27
Interpolando con vt1*z1/100 = f = .84823
e ISO = 5, resulta:
Factor corrector = 1

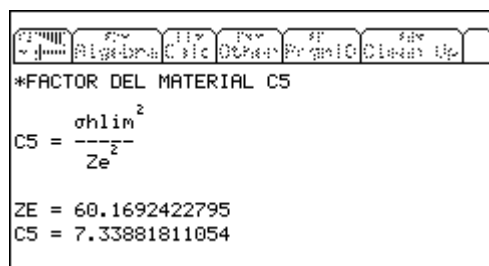
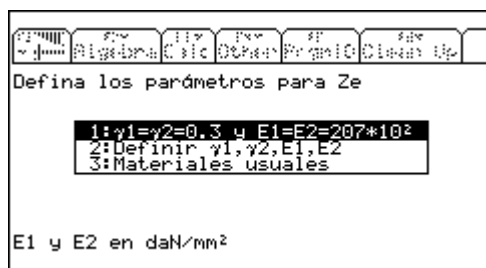
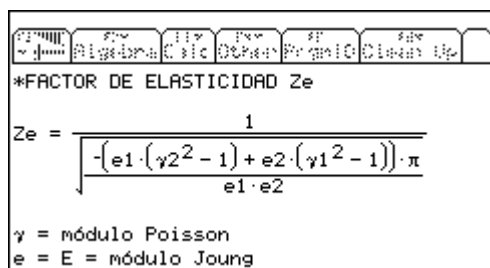
```

```

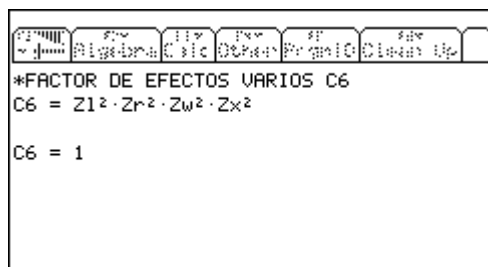
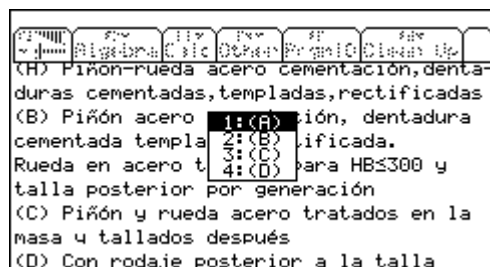
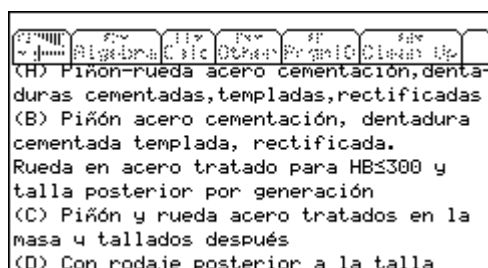
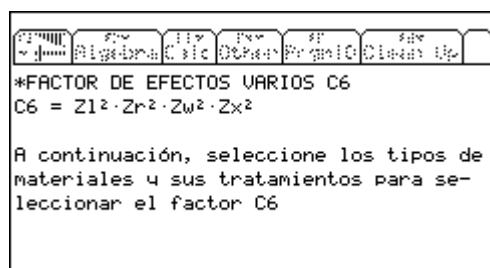
Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
El factor C3 corregido será:
C3=C3(helic)/factor
C3=.939

```

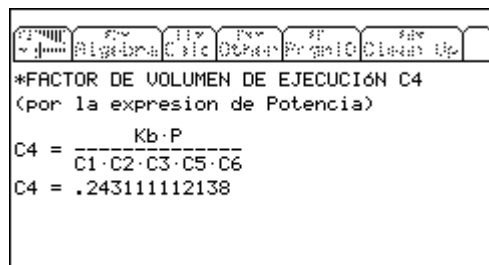
Ahora en lugar de obtener el factor C<sub>4</sub>, obtenemos los dos siguientes. Para C<sub>5</sub>, previamente el programa calcula Z<sub>E</sub>. Tenemos 3 opciones para los parámetros de esa ecuación. Elegimos la 1ª opción.



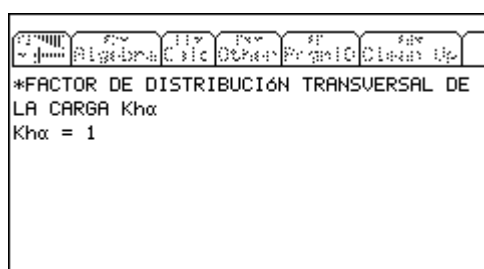
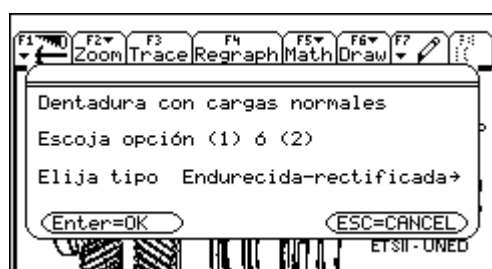
El factor  $C_6$  por el método simplificado que es el que nos ocupa, puede calcularse muy fácilmente, con solo saber los tratamientos efectuados a los engranes.



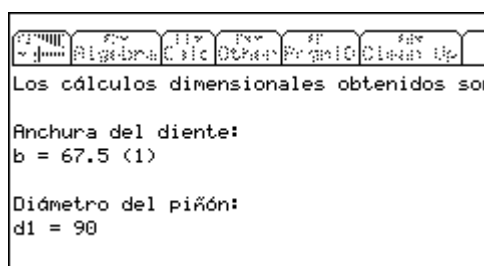
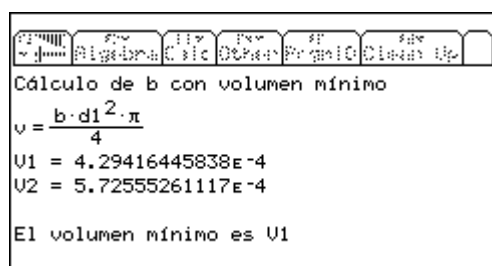
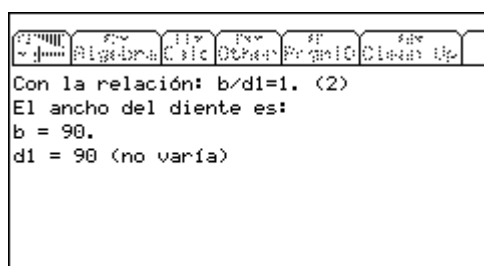
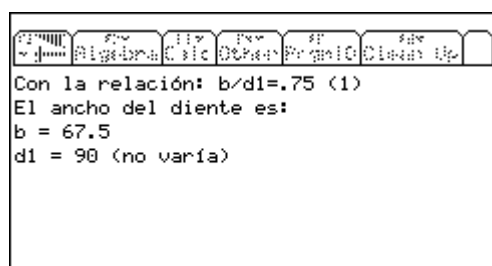
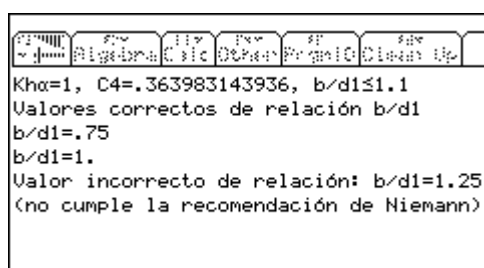
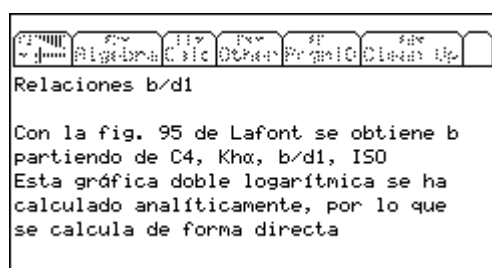
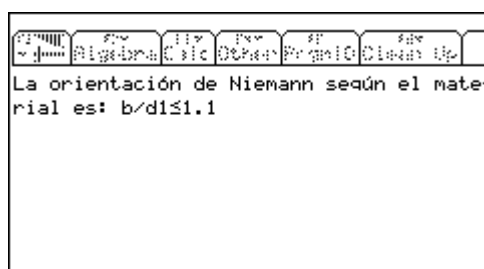
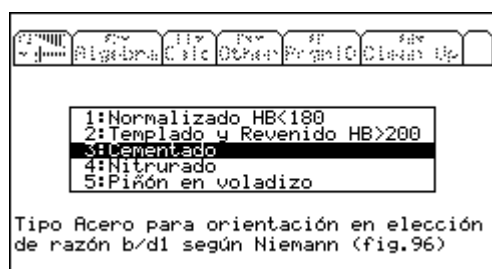
El factor  $C_4$  se calcula ahora. Obsérvese que se hace por la expresión de la potencia. Esto lo "sabe" el programa, porque en un principio  $b$  no es conocido.



Para el factor  $K_{ha}$  necesitamos realizar la selección para el tipo de dentaduras, entre: tallada en acero al temple total o endurecida-rectificada. Se elige la 2ª opción.



A continuación se procederá al cálculo de  $b$ , que en este caso al conocer  $m$  y  $d_1$  es un cálculo un tanto simplificado, pues no hay que recurrir a la fig. 95, pues la relación  $b/d_1$  queda determinada pues  $d_1$  es conocido.



Algebra Calc Other PrmIO Clean Up

El módulo m normalizado es m = 5  
 Dimensiones del engranaje con m fijo  
 $m_n = m = 5$   
 $b = 67.5$   
 $d_1 = 90$   
 Nueva velocidad tang.  $vt_1 = 4.7123889803$

A continuación se calculará nuevamente el factor C3

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up

A continuación se calculará el factor Kh8 u luego se calculará nuevamente el factor C4

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up

\*FACTOR DE DISTRIBUCIÓN LONGITUDINAL DE LA CARGA Kh8

Dentaduras

1: Sin ajuste o rodaje  
 2: Con rodaje o engranaje ajuste

Para dentaduras endurecidas en la superficie: aceros cementados,... con ISO 5 ó 6 Kh8 se incrementa un 20 % en las ecs. de la 197 a la 204 de Lafont

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up

Según las expresiones analíticas de Lafont, ecs. 197-204, siendo:  
 Dentaduras sin ajuste o rodaje con ISO = 5  
 $Kh8 = (1.135 + 18 \cdot (b/d_1)^2 + 23 \cdot 0.001 \cdot b) \cdot 1.2$   
 $Kh8 = 1.50213$

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up

\*FACTOR DE VOLUMEN DE EJECUCIÓN C4  
 (por la expresion normal)

$$C4 = 10^{-6} \frac{b \cdot d_1^2}{Kh8 \cdot Kh\alpha}$$

$C4 = .363983143936$

Esta es la secuencia de pantallas requeridas para el calculo de  $C_4$ ,  $b$  y el factor  $K_{H\beta}$ . Éste último se ha calculado directamente ahora para llegar a determinar  $C_4$ . Obsérvese que también puede calcularse este factor independientemente, pero en esta secuencia el cálculo está previsto así.

Queda comprobar si la potencia resiste el fallo por picadura.

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up

\*POTENCIA TRANSMISIBLE (en KW)

$$Pt = \frac{C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot C4 \cdot C5 \cdot C6}{KB}$$

$Pt = 104.803189996$   
 La Potencia necesaria era:  
 $P = 70$   
 Diseño válido:  $Pt > P$   
 ante fallo por fatiga superficial

Además verificamos que se cumple la condición de aplicabilidad del método simplificado y que la resistencia para el límite de fatiga superficial del material soporta los esfuerzos a que va a ser destinado.

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up

Condición aplicación método simplificado

$$K_a \cdot Ft / b \geq 350 \text{ (N/mm)}$$

$$Ft = \frac{6}{\pi} \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{n_1 \cdot d_1} \text{ (en daN)}$$

$Ft = 1485.44613552$

Se cumple la condición:  
 $440.132188304 \geq 350$

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up

Cálculo del mínimo valor de  $\sigma_{Hlim}$   
 Según la ec. 217 de Lafont:

$$\sigma_{Hlim0} = \frac{1000 \cdot z_e \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot P \cdot kb \cdot kh\alpha \cdot kh8 \cdot (u+1)}{b \cdot n_1 \cdot \phi_2 \cdot \phi_3 \cdot \phi_6 \cdot u}}}{d_1}$$

$\sigma_{Hlim0} = 133.213848001$   
 El material escogido es óptimo pues:  
 $\sigma_{Hlim} = 163 > \sigma_{Hlim0} = 133.213848001$

iEureka, se ha logrado a la primera! Bien, esto generalmente no suele ser así, y vamos a partir de una potencia mayor, pongamos 125 Kw, manteniendo  $n_1$  en 1.000 rpm para verificar que no sería un diseño correcto.

Para variar los datos de la potencia, vamos a la selección **1:Factor  $K_B$  y Factor  $K_A$** .

Si en los cálculos anteriores hubiésemos llegado a un diseño inválido, el programa hubiera iterado variando  $C_1$  y  $C_3$ , que son los únicos factores que necesitan recalcularse tras variar la potencia y la velocidad de giro. No obstante, como hemos dicho que  $n_1$  no variaría, no habría necesidad de cambiar ningún factor de estos dos. Entonces, es claro que con 125 Kw, el diseño presentaría fallo.

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*POTENCIA TRANSMISIBLE (en KW)
Pt = C1·C2·C3·C4·C5·C6
      KB
Pt = 104.803189996
La Potencia necesaria era:
P = 125
Diseño incorrecto: Pt < P
ante fallo por fatiga superficial

```

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
El diseño no es válido con los valores
introducidos para P y n1:
P = 125
n1 = 1000

A continuación tiene la oportunidad de
modificarlos
Se considerará solo dicho cambio

```

En el lado opuesto está el sobredimensionamiento de la potencia. Lo he supuesto si en el diseño la relación de potencias es  $P_t / P > 1.8$ . En este caso, el diseño sería correcto pero la potencia nominal sería muy superior a la potencia a transmitir, por lo que podría redimensionarse. Normalmente cuando se calcula la anchura del dentado  $b$  y el módulo  $m$ , conociendo la potencia  $P$ , esto no sucede, y el diseño válido se ajusta bastante.

Probemos con  $P = 25$  Kw y  $n_1 = 1000$  rpm. Veamos lo que sucede.

```

Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
*POTENCIA TRANSMISIBLE (en KW)
Pt = C1·C2·C3·C4·C5·C6
      KB
Pt = 104.803189996
La Potencia necesaria era:
P = 25
Diseño válido: Pt > P
ante fallo por fatiga superficial

```

```

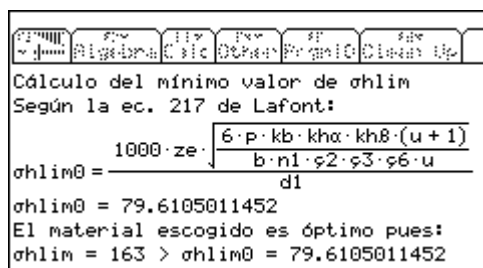
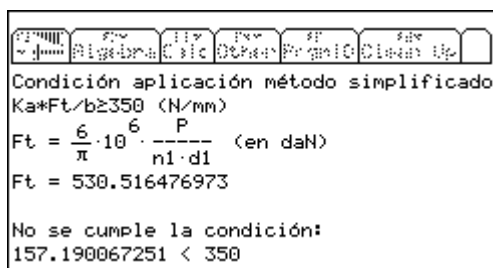
Algebra Calc Other PrmIO Clean Up
El diseño es óptimo pero está el engr-
naje sobredimensionado pues:
Pt / P > 1.8

Pt / P = 4.19212759983

```

Existe un sobredimensionamiento por un factor de 4.2 para la potencia, que es excesivo.

Por otra parte, no se cumpliría la ecuación de aplicabilidad del método simplificado, que es un indicio de fallo, por lo que este valor sería incorrecto. El otro indicador, el límite de resistencia ante fallo por fatiga por picadura, es muy positivo, al haber reducido tanto la potencia nominal.



Se ha visto con este problema como trabaja Autoeng, un programa que automáticamente interactúa con los datos permitiendo un diseño ajustado y correcto para el cálculo de engranajes paralelos. Podría hacerse el cálculo completo con el diseño ante el fallo por fatiga en la base del diente, pero esto se hará en otros problemas. El motivo es que este problema fue uno de dos de un examen de 2 horas, y a mano no sería posible hacerlos los dos en ese tiempo, completando todos los cálculos de éste. No habría tiempo ni a copiar los resultados conociéndolos...

A continuación, vamos a desarrollar un problema del libro "Problemas de diseño de máquinas" (Cuaderno de la UNED nº 188).

## PROBLEMA Nº 2.

**El enunciado es el mismo que el problema nº 1 anterior.**  
**Los datos son:**

**Engranajes rectos:  $Z_1 = 19$  dientes,  $Z_2 = 63$  dientes.**

**$\alpha_n = 25^\circ$ .**

**Adendo = 1, Dedendo = 1.25, Radio acuerdo cabeza = 0.3.**

**No desplazamiento.**

**$m = 2.5 \text{ mm}$ .**

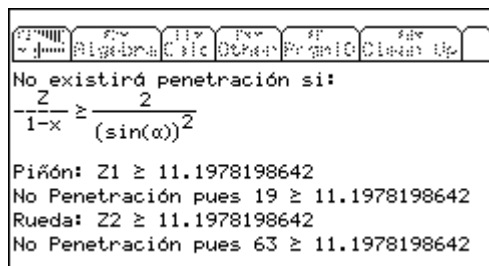
**$a' = 103 \text{ mm}$ .**

Este problema presenta la ventaja de que nos podemos apoyar en los resultados ofrecidos por el libro, libro que contiene únicamente resultados intermedios sin explicar, pero que resulta interesante para aprender la dinámica de los cálculos.

Los datos introducidos son:

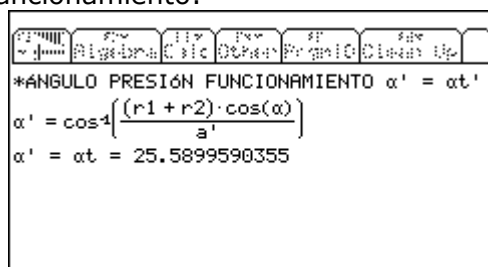
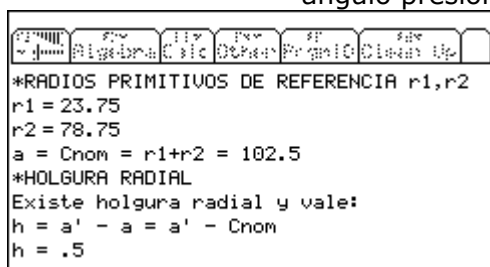




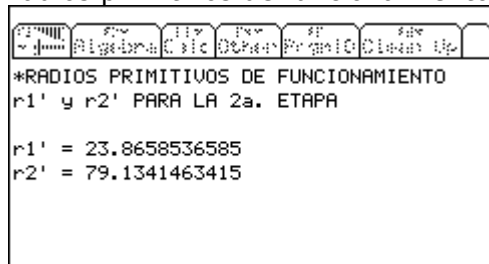


El libro marca en lugar de 11.1978 el límite de no penetración en 12.0576. El autor debe usar otra ecuación, pues siguiendo Lafont, se obtiene ese resultado. Existen pequeñas discrepancias en todos los cálculos de no penetración y en el nº de dientes virtuales del perfil normal. Considero mi cálculo correcto en base a la ecuación 68 de Lafont.

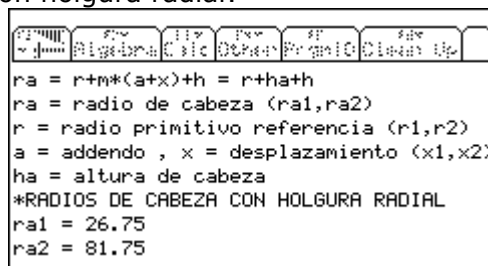
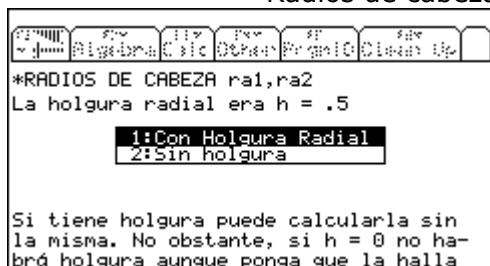
Radios primitivos de referencia, distancia entre centros nominal, holgura radial y ángulo presión funcionamiento:



Radios primitivos de funcionamiento:



Radios de cabeza con holgura radial:



Radios básicos y engranajes en V:

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
*RADIOS BASICOS rb1,rb2
rb=r*cos(αn) (r1,r2)

rb1 = 21.5248099421
rb2 = 71.3717382291

```

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
*ENGRANAJES EN U
-Circunferencias primitivas de referen-
cia no están en contacto:
r ≠ r' → α ≠ α' → a ≠ a'
-Dentado no normalizado para αn

```

Condición no apuntamiento; secuencia automática de cálculo:

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
*APUNTAMIENTO PIÑÓN-RUEDA?
(Se considera αt=αn)

Existe apuntamiento en piñón:
.02095227572 < .028037383178

No hay apuntamiento en rueda:
.011489491098 > .009174311927

```

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
Existe un diseño no válido por apunta-
miento que se intentará corregir median-
te un desplazamiento para que a' sea
igual a Cnom. Como se cumple:
C = r1+x1·m+r2+x2·m = r1+r2+xt·m
pues xt = x1+x2, despejando queda:
SUMA DE COEFICIENTES DE DESPLAZAMIENTO
xt = .200000000001

```

El primer apuntamiento del piñón no es 0.02008 sino 0.02095.

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
Al haber solo apuntamiento en piñón, el
desplazamiento xt se aplica solo a x1
x1 = .200000000001
x2 = 0

```

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
Se calculan los nuevos RADIOS DE CABEZA
ra = r + ha = r + m(a+x)
ra1 = 26.75
ra2 = 81.25

```

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
A continuación se comprobará nuevamente
la condición de apuntamiento
Pulse 'ENTER' para seguir

```

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
*APUNTAMIENTO PIÑÓN-RUEDA?
(Se considera αt=αn)

No hay apuntamiento en piñón:
.04058628238 > .028037383178

No hay apuntamiento en rueda:
.018253950305 > .009230769231

```

Cálculo de los recubrimientos.

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL εα
Vea la ecuación con las flechas


$$\epsilon\alpha = \frac{-\tan(\alpha_t) \cdot z_t}{2 \cdot \pi} + \frac{\sqrt{ra1^2 - rb1^2} \cdot \frac{1}{rb1} \cdot z1}{2 \cdot \pi} + \dots$$


εα = 1.43604949714

```

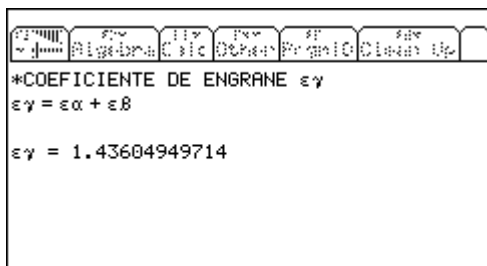
```

Algebra Calc Other Program Clean Up
*RECUBRIMIENTO DEL SALTO εβ

$$\epsilon\beta = \frac{b \cdot \sin(\beta)}{m \cdot \pi}$$


εβ = 0.

```



El problema calcula otros parámetros no documentados en Lafont que como ya se dijo no han sido incorporados al programa. No obstante el cálculo del no-apuntamiento tampoco viene pero deduje su solución.

### PROBLEMA N° 3.

```
=====
UNED          ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES
CURSO 2002-2003    CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y ENSAYO DE MÁQUINAS II
1ª Prueba Personal    1ª Semana        Tiempo: 2 Horas    Febrero 2003
=====
```

**(En el examen fue el problema n° 1 y único).**

Un reductor de dos etapas está formado por engranajes cilíndricos rectos y transmite una potencia de 175 kW desde un eje de entrada que gira a 2000 rpm hasta otro de salida, colineal con él. La primera etapa está constituida por un piñón de 18 dientes y una rueda de 30. La rueda está situada en un eje intermedio a la distancia correspondiente y los engranajes de esta primera etapa, de módulo 10, han sido tallados siguiendo el criterio de Henriot para equilibrar el deslizamiento específico.

Por condiciones de diseño se fija en 14 el número de los dientes del piñón cilíndrico-recto de la segunda etapa y su módulo va a ser distinto de 10. El piñón se talla sin desplazamiento aunque los ejes de entrada y salida del reductor, como ya se ha indicado, están perfectamente alineados.

Diseñar esta segunda etapa de transmisión si el reductor va acoplado a un motor de combustión interna de 2 cilindros que se utiliza para mover una bomba de presión.

El material es acero F1516 y el ángulo de presión de tallado 20°

**Si se necesita algún dato que no esté en el enunciado, selecciónelo usted mismo e indique el criterio que haya seguido para esa elección.**

Se trata de un problema no típico en el que no se conoce el dentado de la rueda de la segunda etapa. Además se nos dice que el módulo de la 2ª etapa no será igual al de la 1ª y que al estar los ejes perfectamente alineados  $a_1 = a_2$  (o lo que es lo mismo,  $Cnom_1 = Cnom_2$ ).

La hipótesis de no desplazamiento para el piñón ( $x_1 = 0$ ) planteada en el problema no responde en un principio a una forma ortodoxa de elección con la fig. 24 según lo que yo entiendo:

- i. Si  $Z_1 + Z_2 > 60$ ,  $x_1 = -x_2$ , luego  $x_2$  sería 0. En este caso no hay ningún problema.
- ii. Si  $Z_1 + Z_2 < 60$ ,  $x_1$  lo da la curva AB de la figura, pero cualquier  $i = u$  que sea mayor que 1 da desplazamiento en dicha curva;  $x_2$  según la curva  $i$  en el interior del triángulo ABA', fijada por el anterior. Para  $Z_1 = 14$ , por  $x_1 = 0$  pasa  $i = 2,2$ . Esto indica una incongruencia, pues  $Z_2 = 30$ , pero para la relación de transmisión  $x_1$  no sería 0 sino 0,24 aproximadamente.

En definitiva, se tomaría  $x_2 = 0$ .

Sin embargo, el programa si no conoce los desplazamientos, ni la relación de transmisión ni el dentado de la rueda, es capaz de calcularlo todo partiendo de que los ejes están alineados.

Se tomará la hipótesis de que no conocemos los desplazamientos, contrariamente a lo que reza en el problema por los motivos aducidos anteriormente. Otra opción sería tomar nulo también el desplazamiento de la rueda. Mayormente se va a calcular el problema sin conocimiento de los desplazamientos para observar dicha posibilidad.

Aparecen las siguientes pantallas para la introducción de datos. En este problema aparecen cálculos parciales antes de llegar al menú principal de resultados.

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

Elija cálculos a realizar

1:Comprobar diseño (m conocido)  
2:Diseñar engranaje (b,d1,n)

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

INTRODUZCA DATOS DE PROBLEMA

Tipo Engranajes

1:Una sola etapa  
2:Dos etapas

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

INTRODUZCA DATOS DE PROBLEMA

Tipo Engranajes

1:Rectos  
2:Helicoidales

1a. etapa

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

INTRODUZCA DATOS DE PROBLEMA

Tipo Engranajes

1:Rectos  
2:Helicoidales

2a. etapa

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

Para 2 etapas, el módulo m(1) debe ser conocido, mientras que el módulo m(2) puede ser igual a m(1) o distinto. En este caso m(2) es desconocido

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

Relación entre módulos

1:m(2)=m(1)  
2:m(2)≠m(1), m(2) conocido  
3:m(2)≠m(1), m(2) no conocido

Como se ve, existen 3 opciones para la relación entre los módulos de dos etapas.

Solo se pide el módulo de la 1ª etapa, pues el de la 2ª se calculará.

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

módulo m(1) ?  
10

Opciones Generales de calculo

Seleccione qué datos son conocidos

1-[P,n] Conocidos→  
2-[Adendo,Dedendo,Rad. acuerdo cabeza] Conocidos→  
3-[a':dist.centros] Cnom(I)=Cnom(II)→

Enter=OK ESC=CANCEL

Se ha introducido la relación  $Cnom(I)=Cnom(II)$  (engranajes perfectamente alineados).

Opciones Generales de calculo

1-[VALORES CONOCIDOS DE Z1,Z2,u]  
En caso de II etapas, Z1 y Z2 hacen referencia a la 2a. de ellas  
[Z1] (solo 2 etapas)→  
2-[MATERIAL] Lo conocemos ahora→  
3-[DESPLAZAMIENTOS] Hallaremos x1,x2→

Enter=OK ESC=CANCEL

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

1:Fundición  
2:Acero Fundido  
3:Acero de Construcción  
4:Acero de Bonificación  
5:Acero de Cementación  
6:Acero de Nitruración  
7:Definido por usuario

Elija el Material...

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

1:F 1516  
2:F 1523  
3:F 1560

Elija el Acero de Cementación...

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

MATERIAL EMPLEADO

Acero de Cementación F 1516  
 $\sigma_{Hlim}=163 \text{ daN/mm}^2$ ,  $\sigma_{Flim}=46 \text{ daN/mm}^2$   
 Dureza  $HV_{10}=270(n)$ ,  $HV_1=720(f)$ ,  $R_{tm}=3 \mu m$   
 $\sigma_{Flim}$ : límite fatiga superficial  
 $\sigma_{Hlim}$ : límite fatiga tensión Base Diente  
 $R_{tm}$ : rugosidad media  
 Durezas: HB (Brinell) , HV (Vickers)  
 $HV_1$  (carga 1 Kg) ,  $HV_{10}$  (carga 10 Kg)

Como se observa, la selección del material es real y con una información completa.

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

ENTRADA DE DATOS GENERALES

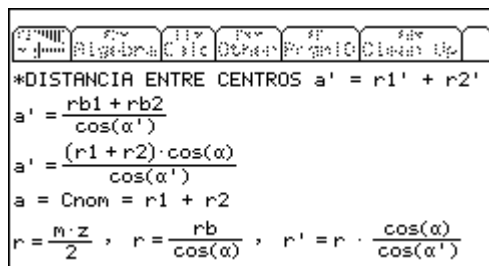
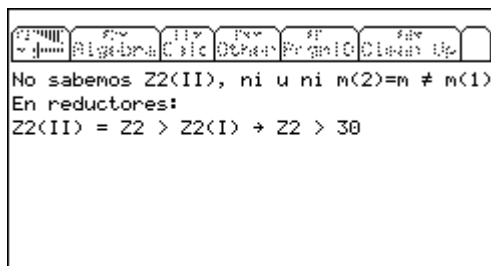
Z1 I (dientes Piñón etapa I)?  
18  
Z2 I (dientes Rueda etapa I)?  
30  
Z1 II (dientes Piñón etapa II)?  
14  
P (Potencia en KW)?  
175

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

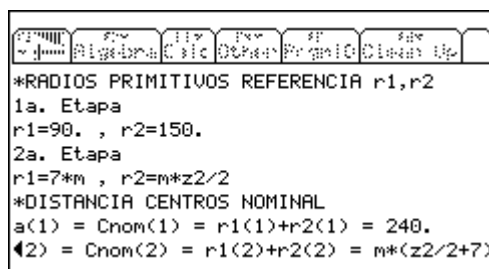
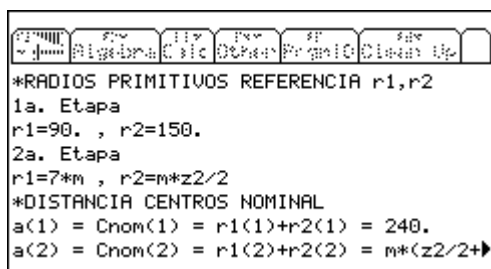
$\alpha_n$  (áng. presión ref. normal)?  
20  
 $\beta$  (áng inclinación referencia) = 0  
 adendo (factor de  $h_a \rightarrow$  altura cabeza) ?  
1  
 dedendo (factor de  $h_f \rightarrow$  altura pie) ?  
1.25  
 radio acuerdo cabeza (factor  $c \rightarrow$  juego) ?  
0.25

Aquí se han pedido los datos para adendo, dedendo,... porque se indicaron que eran conocidos. A priori puede ser que parezca así. No obstante, al tratarse de un ángulo de presión de tallado normalizado, si no se indica nada, estos factores son los indicados.

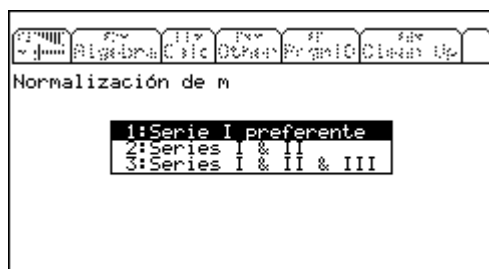
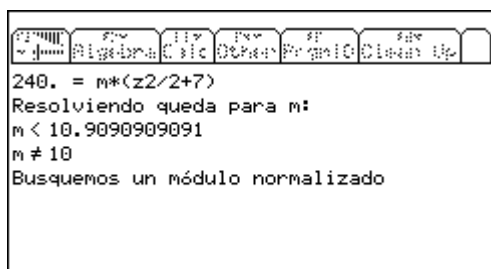
Comienza el cálculo previo de varias variables, como se indica en las pantallas.



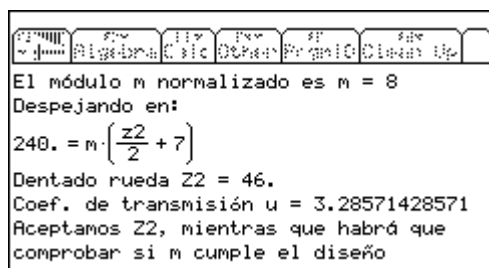
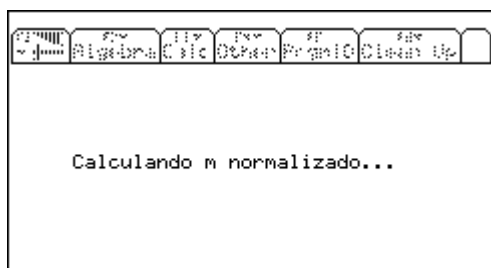
Aquí hay que observar que los valores de  $r_2$  y  $a_2$  no están resueltos. Es una forma de ver de donde sale la ecuación siguiente que hace hincapié en la relación de igualdad entre las dos distancias de centros nominales.



Obsérvese que la ecuación tiene solución porque contábamos anteriormente con la desigualdad  $Z_2 > 30$ , pues el dentado de la 2ª etapa será mayor que el de la 1ª en engranajes reductores. Nos da una desigualdad para  $m$ , y además teníamos la condición de que  $m$  no sería el mismo que el de la 1ª etapa.



El programa busca el módulo normalizado que respete las condiciones citadas.



Se encuentra el módulo  $m$  y con él, el dentado de la rueda. Se da como bueno  $Z_2$  mientras que el módulo será verificado posteriormente. A continuación se calculan los desplazamientos.

Consultando la fig. 24 de Lafont que presenta gráficamente el sistema de corrección de dentaduras para equilibrar los desplazamientos específicos de piñón y rueda, se tienen los siguientes resultados  
Los desplazamientos se han elaborado con tablas de datos basadas en la fig. Pulse 'ENTER' para seguir

Nº dientes perfil normal equivalente Zn1 (ec. 67 de Lafont)  

$$z_n = \frac{z}{\cos(\delta) \cdot (\cos(\delta b))^2}$$
 donde  $\delta b$  sale de ec. 62:  $\delta b = 0$ .  
 $\delta b = \sin^4(\cos(\alpha_n) \cdot \sin(\delta))$   
 Zn1 = 14  
 Zn2 = 46.

El programa calcula los desplazamientos sobre tablas basadas en la fig. 24 de Lafont e informa en pantalla de cómo se han calculado en dicha gráfica.

Z1 + Z2 = 60 , con Zn1 = 14  
 Z1 = 14 , Z2 = 46. , i = 3.28571428571  
 Corrección sin variación entre ejes  
 X1 = - X2  
 \*DESPLAZAMIENTOS  
 X1 = .39  
 X2 = -.39

\*ÁNGULO PRESIÓN FUNCIONAMIENTO  $\alpha' = \alpha_t'$   

$$\text{Inv}(\alpha') = \frac{2 \cdot (x_1 + x_2)}{z_1 + z_2} \cdot \tan(\alpha) + \text{Inv}(\alpha)$$
  
 Calculando  $\alpha'$ . Espere...

A continuación calcula el ángulo de presión de funcionamiento y con él la distancia entre centros. Es claro que al ser  $x_1 = -x_2$  y que  $\alpha = \alpha_n$  (normalizado) ,  $\alpha' = \alpha_t'$  y que esto implica que son engranajes a cero.

\*ÁNGULO PRESIÓN FUNCIONAMIENTO  $\alpha' = \alpha_t'$   

$$\text{Inv}(\alpha') = \frac{2 \cdot (x_1 + x_2)}{z_1 + z_2} \cdot \tan(\alpha) + \text{Inv}(\alpha)$$
  
 $\alpha' = \alpha_t' = 20$ .  
 \*DISTANCIA ENTRE CENTROS  $a' = C$   
 $a' = 240$ .

\*RADIOS PRIMITIVOS DE FUNCIONAMIENTO  $r_1'$  y  $r_2'$  PARA LA 2ª. ETAPA  
 $r_1' = 56$ .  
 $r_2' = 184$ .

Ahora se ven los dos datos que en un principio no se conocían:  $r_2$  y  $a$  (2ª etapa) y la velocidad de giro del eje intermedio  $n_1$ . No obstante, se saben ya pues por ser engranajes a cero, las circunferencias primitivas de referencia coinciden con las de funcionamiento, que quiere decir que  $r = r'$  y  $a = a'$ .

\*RADIO  $r_2$  PRIMITIVO REFERENCIA II ETAPA  
 $r_2 = 184$ .  
 \*DISTANCIA CENTROS NOMINAL II ETAPA  
 $a = 240$ .

\*VELOCIDAD GIRO EJE INTERMEDIO  $n_1$   
 $v_b = w_1 \cdot r_1' \cdot \cos(\alpha') = w_2 \cdot r_2' \cdot \cos(\alpha') \rightarrow$   
 $\rightarrow n \cdot r_1' = n_1 \cdot r_2'$   
 $n_1 = \frac{n \cdot r_1(1)}{r_2(1)}$   
 $n_1 \text{ (rpm) (II etapa)} = 1200$ .

Aquí se recuerda la relación de partida y cómo se calcularía  $m$ . Por ser engranajes rectos:  $\beta = 0$  y  $\beta_1 = 0$ . Se introduce la calidad de entre 5,6,7,8, pues para el método simplificado no pueden usarse otras, debido a que en las ecuaciones o gráficas del libro sólo se incluyen esas cuatro.

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

Eligió la relación:  $Cnom(I) = Cnom(II)$

$$r1[1] + r2[1] = r1[2] + r2[2]$$

$$\frac{m1 \cdot (z1[1] + z2[1])}{2 \cdot \cos(\theta)} = \frac{m2 \cdot (z1[2] + z2[2])}{2 \cdot \cos(\theta)}$$

$$m[2] = \frac{m1 \cdot (z1[1] + z2[1]) \cdot \cos(\theta)}{z1[1] \cdot \cos(\theta1) \cdot (u + 1)}$$

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

Introduzca la calidad ISO

Calidad ISO ? 5+

Enter=OK ESC=CANCEL

Definimos los tipos de choques para máquinas de accionamiento y de trabajo.

F1 F2 F3

Mdq. Accionamiento Mdq. Trabajo Seguir

Cálculo del FACTOR DE APLICACIÓN KA  
 Seleccione las características de transmisión de cada una de las máquinas según transmisión uniforme, de choques medios o de choques uniformes  
 Busque la máquina adecuada según las descripciones y cuando la haya encontrado, pulse Aceptar. Cuando lo haya hecho en las dos mdq., pulse en 'Seguir'

F1 F2 F3

Mdq. Accionamiento Mdq. Trabajo Seguir

1:Uniforme 2:Choques Medios 3:Choques Fuertes

Cálculo del FACTOR DE APLICACIÓN KA  
 Seleccione las características de transmisión de cada una de las máquinas según transmisión uniforme, de choques medios o de choques uniformes  
 Busque la máquina adecuada según las descripciones y cuando la haya encontrado, pulse Aceptar. Cuando lo haya hecho en las dos mdq., pulse en 'Seguir'

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

Motores combustión interna 1-3 cilindros

1:Aceptar 2:Otro tipo

F1 F2 F3

Mdq. Accionamiento Mdq. Trabajo Seguir

1:Uniforme 2:Choques Medios 3:Choques Fuertes

Cálculo del FACTOR DE APLICACIÓN KA  
 Seleccione las características de transmisión de cada una de las máquinas según transmisión uniforme, de choques medios o de choques uniformes  
 Busque la máquina adecuada según las descripciones y cuando la haya encontrado, pulse Aceptar. Cuando lo haya hecho en las dos mdq., pulse en 'Seguir'

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

Agitadores y mezcladores productos no homogéneos  
 Equipos maquinaria elevación  
 Transportadores pesados (elevadores, cintas, cangilones,...)  
 Grandes ventiladores  
 Bombas de pistones múltiples, bombas de distribución

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

Compresores de émbolo con volante de impulsión  
 Laminadores continuos y vías de rodillos  
 Hornos giratorios  
 Vibradores  
 Mdq. textil y similar

Una vez seleccionadas, se pulsa **F3:Seguir**. Cada vez que se selecciona un tipo, se puede grabar en memoria (aceptar) o buscar otro tipo. Si no se han grabado en memoria los tipos de máquinas, el programa no permite avanzar pulsando F3.

Seleccionamos la fiabilidad y aparece en pantalla el tipo de engranajes, en este caso, a cero.

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

Seleccione la FIABILIDAD

1:Grande, trabajo 24 h / Día  
 2:Normal, hasta 3 h / Día  
 3:Normal, entre 8 y 10 h / Día

Algebra Calc Other PrngIO Clean Up

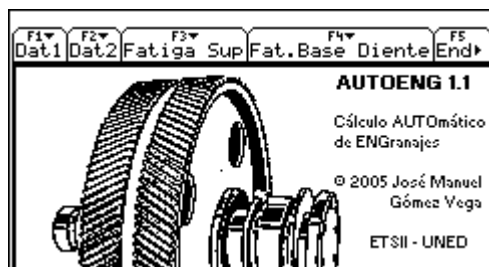
\*ENGRANAJES A CERO

-Circunferencias primitivas de referencia en contacto:  
 $r = r' + a = a' + a = a'$

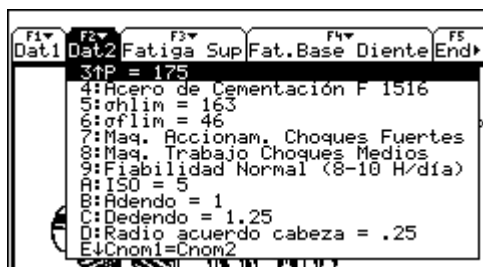
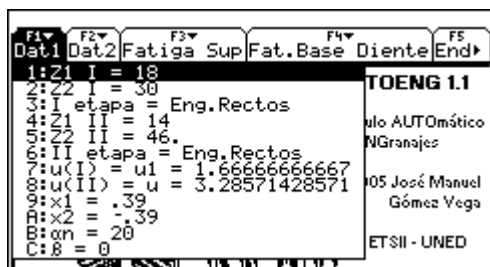
-Dentados normalizados con  $\alpha_n = 20^\circ$   
 -Desplazamiento dentado: cumple  $x1 = -x2$   
 -Espesor  $s =$  Hueco  $e$ , ya que  $m$  es la misma en ambas ruedas



Llegamos al menú principal de cálculos, donde se hará el estudio completo ante fallo por picadura y ante fallo por fatiga en la base del diente.

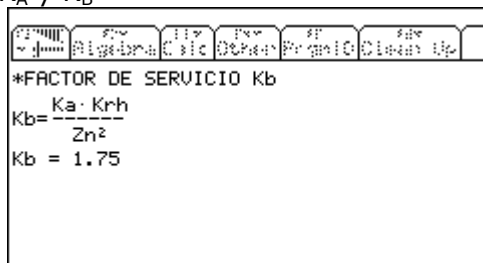
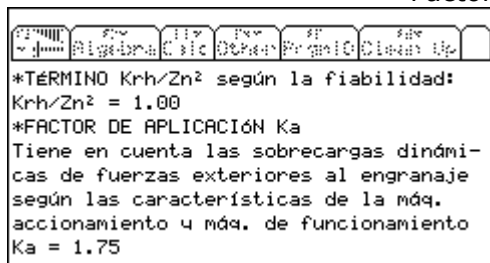


Los datos introducidos siempre los tenemos a mano en **Dat1** y **Dat2**. En el argot del programa se considera dato a todo dato o cálculo hecho hasta llegar a esta pantalla, es decir, que aunque de partida no conocíamos  $Z_2$  pero lo hemos calculado antes de llegar a esta pantalla, se considerará un dato. Se observa que en **Dat2** hay datos que hay que buscar con las flechas.

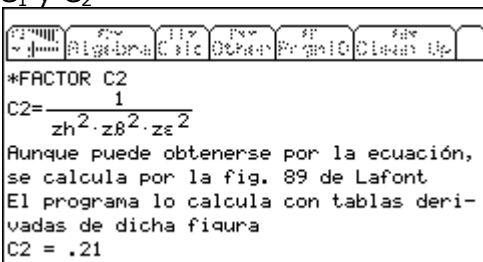
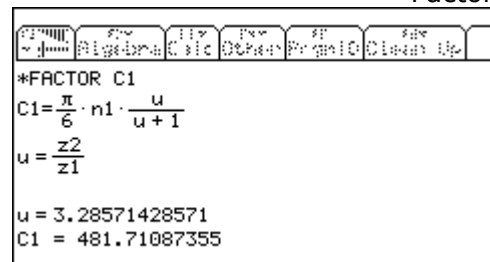


### Comenzamos el cálculo de diseño ante fallo por picadura.

#### Factores $K_A$ y $K_B$



#### Factores $C_1$ y $C_2$



Factor C<sub>3</sub>

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

\*FACTOR DEPENDIENTE DE LA VELOCIDAD C<sub>3</sub>

$$C_3 = \frac{Z_v^2}{K_v}$$

Se hará por la fig. 90 de Lafont  
con tablas de puntos para C<sub>3</sub> obtenidas  
tomando puntos de la misma  
Z<sub>v</sub>=factor de velocidad  
K<sub>v</sub>=factor dinámico

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

Tenemos:  
v<sub>t1</sub> = 7.03716754404  
Z<sub>1</sub> = 14.  
ISO = 5.  
De la fig. 90, se obtiene:  
C<sub>3</sub> (helicoidal)=.9598  
mediante extrapolación de la tabla  
según los datos tomados de la fig.

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

Como el dentado es recto se corrige por  
el factor de la tabla de la fig. 90 b:

f	1	2	4	6	8	10
iso5	1	1.03	1.07	1.1	1.14	1.17
iso7	1.05	1.08	1.14	1.19	1.23	1.27

Interpolando con v<sub>t1</sub>\*z<sub>1</sub>/100 = f = .98520  
e ISO = 5 ,resulta:  
Factor corrector = 1

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

El factor C<sub>3</sub> corregido será:  
C<sub>3</sub>=C<sub>3</sub>(helic)/factor  
C<sub>3</sub>=.9598

Factores C<sub>5</sub> y C<sub>6</sub>

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

\*FACTOR DEL MATERIAL C<sub>5</sub>

$$C_5 = \frac{\sigma_{Hlim}^2}{Z_e^2}$$

ZE = 60.1692422795  
C<sub>5</sub> = 7.33881811054

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

\*FACTOR DE EFECTOS VARIOS C<sub>6</sub>

$$C_6 = Z_1^2 \cdot Z_r^2 \cdot Z_w^2 \cdot Z_x^2$$

A continuación, seleccione los tipos de  
materiales y sus tratamientos para se-  
leccionar el factor C<sub>6</sub>

Se eligió la opción (A). En C<sub>5</sub> faltan pantallas.

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

(A) Piñón-rueda acero cementación, denta-  
duras cementadas, templadas, rectificadas  
(B) Piñón acero cementación, dentadura  
cementada templada, rectificada.  
Rueda en acero tratado para HB≤300 y  
talla posterior por generación  
(C) Piñón y rueda acero tratados en la  
masa y tallados después  
(D) Con rodaje posterior a la talla

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

\*FACTOR DE EFECTOS VARIOS C<sub>6</sub>

$$C_6 = Z_1^2 \cdot Z_r^2 \cdot Z_w^2 \cdot Z_x^2$$

C<sub>6</sub> = 1

Factor C<sub>4</sub>

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up

\*FACTOR DE VOLUMEN DE EJECUCIÓN C<sub>4</sub>  
(por la expresion de Potencia)

$$C_4 = \frac{K_b \cdot P}{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_5 \cdot C_6}$$

C<sub>4</sub> = .42979710251

Factor  $K_{H\alpha}$ 

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Zoom	Trace	Regraph	Math	Draw			

Dentadura con cargas normales

Escoja opción (1) ó (2)

Elija tipo: 1:Tallada acero temple tot  
2:Endurecida-rectificada

Enter=OK      ESC=CANCEL

ETSII-UNED

\*FACTOR DE DISTRIBUCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARGA  $K_{H\alpha}$

$K_{H\alpha} = 1$

Relación  $b/d_1$ 

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Algebra	Calc	Other	Print	IO	Clear	Up	

1:Normalizado HB<180  
2:Templado y Revenido HB>200  
3:Templado  
4:Nitrurado  
5:Piñón en voladizo

Tipo Acero para orientación en elección de razón  $b/d_1$  según Niemann (fig.96)

La orientación de Niemann según el material es:  $b/d_1 \leq 1.1$

No sería necesario reseñar cuáles son los valores incorrectos según Niemann, pero en los problemas hechos a mano suele reseñarse.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Algebra	Calc	Other	Print	IO	Clear	Up	

Relaciones  $b/d_1$

Con la fig. 95 de Lafont se obtiene  $b$  partiendo de  $C_4$ ,  $K_{H\alpha}$ ,  $b/d_1$ , ISO

Esta gráfica doble logarítmica se ha calculado analíticamente, por lo que se calcula de forma directa

$K_{H\alpha}=1$ ,  $C_4=.42979710251$ ,  $b/d_1 \leq 1.1$

Valores correctos de relación  $b/d_1$

$b/d_1=.75$

$b/d_1=1$

Valor incorrecto de relación:  $b/d_1=1.25$  (no cumple la recomendación de Niemann)

La recta que aparece en los cálculos con la fig. 95 ha sido estudiada. Para detalles, léase en el apartado correspondiente más adelante.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Algebra	Calc	Other	Print	IO	Clear	Up	

Con la relación:  $b/d_1=.75$  (1)

Recta asociada a fig.95:

$b = \frac{x_0 \cdot 4.332778702163}{y_0 \cdot 332778702163}$ ,  $x_0=42.5$ ,  $y_0=.1$

El ancho del diente es:

$b = 69.0439342278$  (1)

El diámetro  $d_1$  es:

$d_1 = 92.0585789704$  (1)

Con la relación:  $b/d_1=1$ . (2)

Recta asociada a fig.95:

$b = \frac{x_0 \cdot 4.332778702163}{y_0 \cdot 332778702163}$ ,  $x_0=51.5$ ,  $y_0=.1$

El ancho del diente es:

$b = 83.6650026526$  (2)

El diámetro  $d_1$  es:

$d_1 = 83.6650026526$  (2)

La nomenclatura (1), (2), etc., hace referencia a los números de relaciones  $b/d_1$  que cumplen la recomendación en orden de menor a mayor.

Se selecciona de siempre el que hace volumen mínimo. Nuevamente (1) hace referencia al primer valor para el material que verifica la condición de Niemann.

```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
Cálculo de b con volumen mínimo

$$v = \frac{b \cdot d_1^2 \cdot \pi}{4}$$

U1 = 4.59561824641E-4
U2 = 4.59961380581E-4
El volumen mínimo es U1

```

```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
Los cálculos dimensionales obtenidos son
Anchura del diente:
b = 69.0439342278 (1)
Diámetro del piñón:
d1 = 92.0585789704

```

Hallamos m y lo normalizamos según la serie deseada.

```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
Cálculo del módulo del piñón mn

$$mn = \frac{d_1 \cdot \cos(\theta)}{z_1}$$

mn = m = 6.5756127836
El Normalizado de m se hace con la fig.3
Seleccione qué series normalizadas desea
escoger para la elección de m

```

```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
Normalización de m
1: Serie I preferente
2: Series I & II
3: Series I & II & III

```

Hallamos la velocidad tangencial, al saber  $d_1$  y recalculamos  $C_3$ .

```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
El módulo m normalizado es m = 8
Nuevas dimensiones del engranaje b=cte
mn = m = 8
b = 69.0439342278
b (redondeado)= 69.
d1 = 112.

```

```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
Nueva relación b/d1 = .616071428571
Nueva velocidad tang. vt1 = 7.0371675440
A continuación se calculará nuevamente
el factor C3

```

Nuevamente "extrapolamos" de la tabla pues  $Z_1$  no corresponde al intervalo de banda de la gráfica.

```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
*FACTOR DEPENDIENTE DE LA VELOCIDAD C3

$$C3 = \frac{Z_v^2}{K_v}$$

Se hará por la fig. 90 de Lafont
con tablas de puntos para C3 obtenidas
tomando puntos de la misma
Zv=factor de velocidad
Kv=factor dinámico

```

```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
Tenemos:
vt1 = 7.03716754404
Z1 = 14.
ISO = 5.
De la fig. 90, se obtiene:
C3 (heloidal)= .9598
mediante extrapolación de la tabla
según los datos tomados de la fig.

```

```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
Como el dentado es recto se corrige por
el factor de la tabla de la fig. 90 b:
f
1 2 4 6 8 10
iso5 1 1.03 1.07 1.1 1.14 1.17
iso7 1.05 1.08 1.14 1.19 1.23 1.27
Interpolando con  $vt1 \cdot z1 / 100 = f = .98520$ 
e ISO = 5 ,resulta:
Factor corrector = 1

```

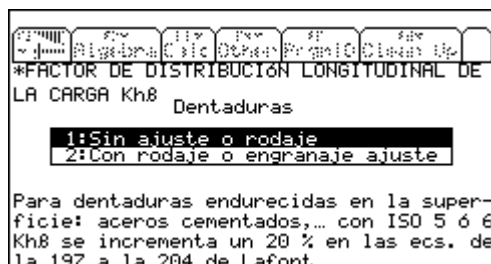
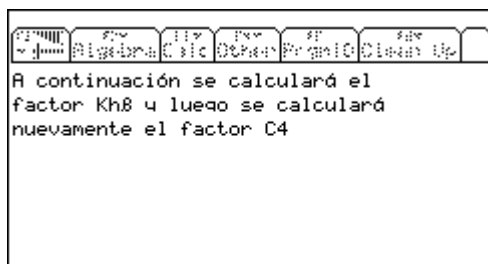
```

Algebra Calc Other PrgmIO Clean Up
El factor C3 corregido será:
C3=C3(helic)/factor
C3=.9598

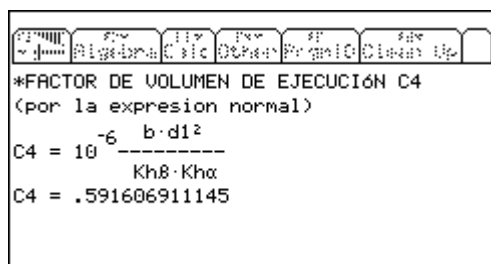
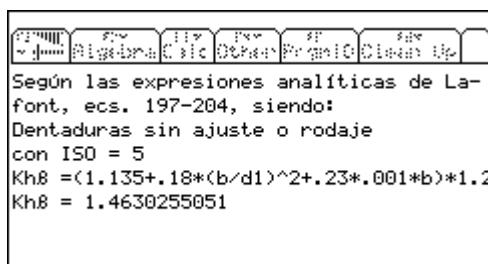
```

Realmente, en los cálculos que realicé a mano con este problema,  $C_3$  me daba 0,96. A pesar de que en la gráfica no seamos capaces de tener tanta precisión en el factor, contamos con que al tomar los puntos hemos actuado con mucha precisión, y las interpolaciones y extrapolaciones (justificadas) acarrearán decimales.

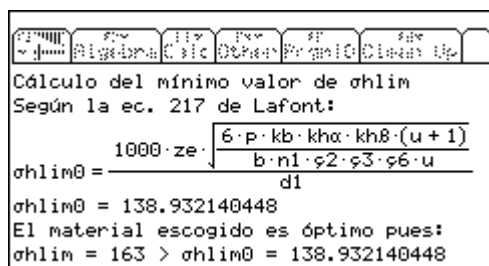
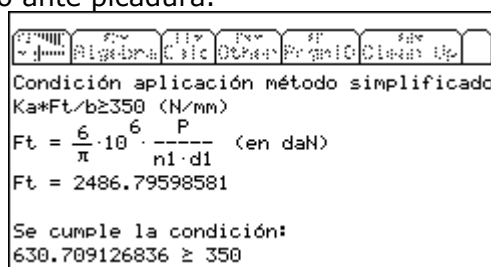
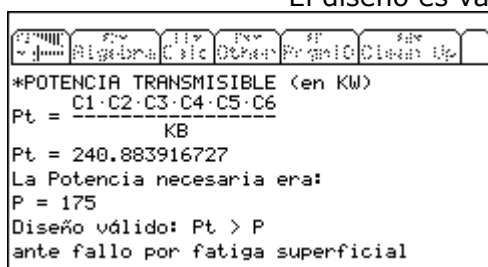
Necesitamos el factor  $K_{H\beta}$  para recalcular  $C_4$  en esta ocasión por su expresión normal.



Se ha elegido dentaduras sin ajuste o rodaje. Se observa el 20 % más en la fórmula como un factor 1.2



El diseño es válido ante picadura.



La conclusión de esta primera parte es que el diseño es correcto. Se recordará que en un principio obtuvimos un módulo de 8 mm, y que habría que verificar. Pues bien, el módulo no se ha rectificado y ha servido el de 8.

**Comprobamos el diseño ante fallo por fatiga en la base del diente.**

Factores  $K_{BF}$  y  $C_{B1}$ 

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*FACTOR  $K_{bf}$  DE SERVICIO ANTE FALLO POR ROTURA POR FATIGA EN LA BASE DEL DIENTE

Se recomienda un valor un 40 % superior a  $K_b$ , es decir:  $K_{bf} = K_b \cdot 1.40$

$K_{bf} = 2.45$

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*FACTOR  $C_{B1}$

$C_{B1} = 10^{-6} \cdot \pi / 6 \cdot Z_1 \cdot m_n^2 \cdot n_1$

Se calcula directamente

$C_{B1} = .562973403523$

## Recubrimientos, radios básicos, radios de cabeza

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\varepsilon_\alpha$

Previamente a calcular  $\varepsilon_\alpha$ , se hallarán:

- los radios básicos  $r_{b1}, r_{b2}$
- los radios de cabeza  $r_{a1}, r_{a2}$

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*RADIOS BASICOS  $r_{b1}, r_{b2}$

$r_b = r \cdot \cos(\alpha_n)$  ( $r_1, r_2$ )

$r_{b1} = 52.622786764$

$r_{b2} = 172.903442225$

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*RADIOS DE CABEZA  $r_{a1}, r_{a2}$

$r_a = r + m \cdot (a + x) = r + ha$

$r$  = radio primitivo referencia ( $r_1, r_2$ )

$a$  = addendo,  $x$  = desplazamiento ( $x_1, x_2$ )

$ha$  = altura de cabeza

$r_{a1} = 67.12$

$r_{a2} = 188.88$

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\varepsilon_\alpha$

Uea la ecuación con las flechas

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} \cdot z_1}{2 \cdot |r_{b1}| \cdot \pi} + \frac{\sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} \cdot z_2}{2 \cdot |r_{b2}| \cdot \pi} - \frac{z}{\pi}$$

Un diseño es óptimo si el grado de recubrimiento frontal es mayor que uno, pues entonces existe continuidad, por lo menos en un par de dientes ("Cinemática y Dinámica de Máquinas – ETSII-UPM, De Lamadrid y De Corral).

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\varepsilon_\alpha$

$\varepsilon_\alpha = 1.50765671558$

Como  $\varepsilon_\alpha > 1$ , existe continuidad en la conducción, por lo menos en un par de dientes

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN NORMAL  $\varepsilon_{\alpha n}$

$$\varepsilon_{\alpha n} = \frac{\varepsilon_\alpha}{(\cos(\delta_b))^2}$$

De la relación angular:  $\frac{\sin(\delta_b)}{\sin(\delta)} = \cos(\alpha_n)$

se halla  $\delta_b$  :  $\delta_b = \sin^{-1}(\cos(\alpha_n) \cdot \sin(\delta))$

$\delta_b = 0$ .

$\varepsilon_{\alpha n} = 1.50765671558$

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*RECUBRIMIENTO DEL SALTO  $\varepsilon_\delta$

$$\varepsilon_\delta = \frac{b \cdot \sin(\delta)}{m_n \cdot \pi}$$

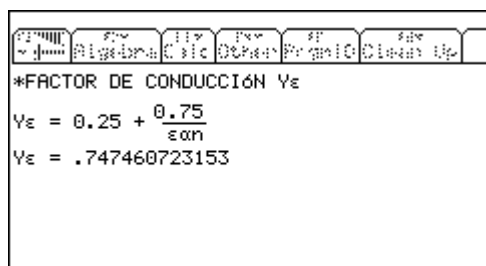
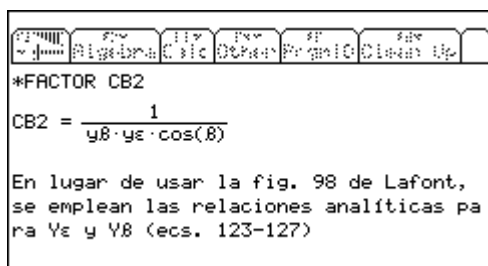
$\varepsilon_\delta = 0$

\*COEFICIENTE DEL ENGRANAJE HELICOIDAL  $\varepsilon_\gamma$

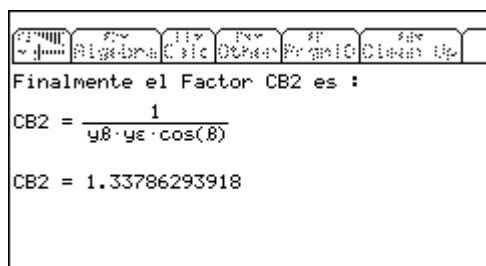
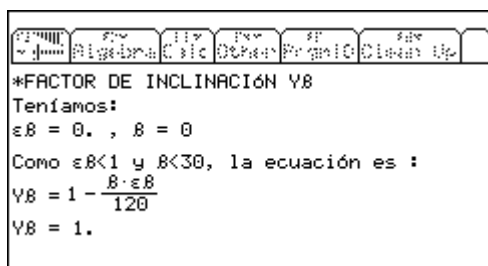
$\varepsilon_\gamma = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\delta$

$\varepsilon_\gamma = 1.50765671558$

Factor  $C_{B2}$

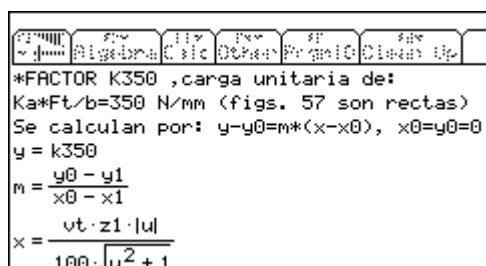
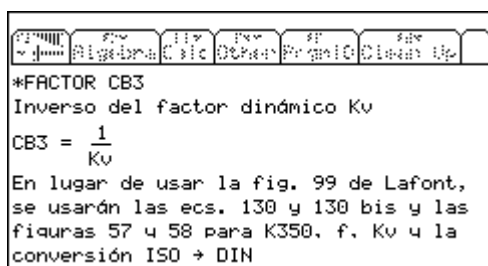


Es preferible usar las ecuaciones, pues la fig. 98 es difícil de traspasar por puntos al programa, mientras que las ecuaciones son muy fáciles.

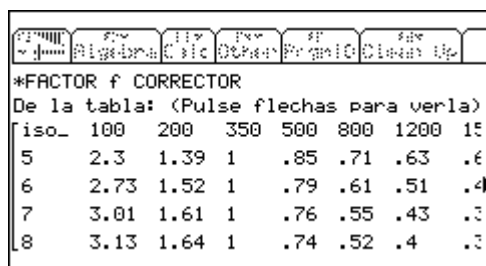
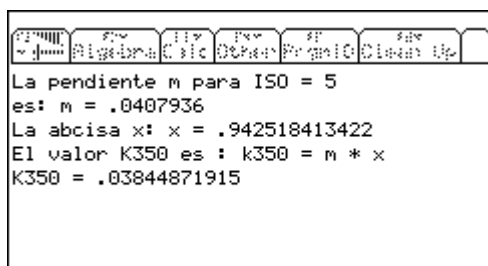


#### Factor $C_{B3}$

Nuevamente la fig. 99 representó un handicap bastante elevado para introducir los datos en la calculadora. Opté por usar las ecuaciones y figuras indicadas de Lafont. El trabajo fue algo complejo, pero es que por la otra vía era impracticable. Primero se determina  $K_{350}$ . Como se ve son rectas de fácil pendiente para cada ISO.



Después se calculó el factor corrector, donde se pone la tabla del libro solo para las ISO que pueden calcularse con el método simplificado.



Posteriormente se interpola en la tabla obteniendo la f que hay que introducir en la ecuación. Para dentado helicoidal habría que haberse resuelto para ambos engranajes: recto y helicoidal (véase Lafont). Por supuesto que el programa también opera esto de forma automática.

Algebra	Calc	Other	Program	Clear Up
Para ISO = 5 con $F_t/b \cdot K_a = 630.709126836$ Interpolando de la tabla queda: $f = .719290873164$ $K_v = 1 + K_{350} \cdot f$ $K_v = 1.02765581277$				

Algebra	Calc	Other	Program	Clear Up
*FACTOR CB3 $CB3 = \frac{1}{K_v}$ $CB3 = .973088448072$				

Factor  $C_{B4}$ . Se toman puntos de la fig. 54a de Lafont.

Algebra	Calc	Other	Program	Clear Up
*FACTOR CB4 : Inverso del factor de cabeza del perfil normal $Y_{fs}$ $CB4 = \frac{1}{Y_{fs}}$ Tomamos puntos de la fig. 54a de Lafont para $Y_{fs}$ (perfil de referencia de altura completa sin protuberancia)				

Algebra	Calc	Other	Program	Clear Up
*FACTOR DE CABEZA DEL PERFIL NORMAL $Y_{fs}$ Según los datos tomados de la fig.: para $Z_{n1} = 14$ y $x_1 = .39$ $Y_{fs} = 4.45683333333$ *FACTOR CB4 $CB4 = .224374555925$				

Factor  $C_{B5}$ . Se aplican las ecuaciones referidas.

Algebra	Calc	Other	Program	Clear Up
*FACTOR CB5 $CB5 = \frac{b}{K_{f\beta} \cdot K_{f\alpha}}$ Aplicando la ec. 234 y siguiente: $K_{f\beta} = 0.15 + 0.85 \cdot K_{h\beta}$ $K_{f\alpha} = K_{h\alpha}$				

Algebra	Calc	Other	Program	Clear Up
*FACTOR LONGITUDINAL DE LA CARGA $K_{f\beta}$ $K_{f\beta} = 1.39357167934$ *FACTOR TRANSVERSAL DE LA CARGA $K_{f\alpha}$ $K_{f\alpha} = 1$ $CB5 = 49.5130613108$				

Factor  $C_{B6}$ .

Algebra	Calc	Other	Program	Clear Up
*FACTOR CB6 $CB6 = \sigma_{flim} \cdot Y_{st}$ $\sigma_{flim}$ : límite admisible para la base del diente (ya seleccionado) $Y_{st}$ : coeficiente concentración de ten- sión para el dentado de la rueda de en- saño. $Y_{st} = 2.0$ $CB6 = 92$				

Factor  $C_{B7}$ .

Algebra	Calc	Other	Program	Clear Up
De acuerdo a la curva b) , con: $m = 8$ Acero de Cementación $CB7 = .9562$				

Algebra	Calc	Other	Program	Clear Up
De acuerdo a la curva b) , con: $m = 8$ Acero de Cementación $CB7 = .9562$				



Potencia. Se observa que el diseño es válido ante este fallo.

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
La potencia transmisible (en KW) es:
Pt = (CB1·CB2·CB3·CB4·CB5·CB6·CB7) / Kbf
Pt = 283.148231024
La Potencia necesaria era:
P = 175
Diseño valido: Pt > P ante fallo
por fatiga en la base del diente

```

Resultado final. Se indica además, las seguridades ante fallo en tanto por uno.

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
Anchura: b = 69. , Módulo: m = 8
Radio piñón,rueda: r1 = 56 , r2 = 184
Dentado piñón,rueda: Z1 = 14 , Z2 = 46
Potencia Nominal necesaria: P = 175
Potencia fatiga superf.: Pt1 = 240.88391
Seguridad fatiga sup. = 1.376
Pot. fatiga base diente: Pt2 = 283.14823
Seg. fatiga base diente = 1.617

```

Valores calculados.

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
1:r1(I),r2(I),r1(II),r2(II)
2:rb1,rb2,r1,r2,ra1,ra2
3:Z1(I),Z2(I),Z1(II),Z2(II)
4:u(I&II),m(I&II),p(I&II),x1,x2
5:Zn1,Zn2,rn1,rn2,le,lef
6:C1,C2,C3,C4,C5,C6
7:CB1,CB2,CB3,CB4,CB5,CB6,CB7
8:Ka,Kb,Kbf,Khg,Kh8,Kfa,Kf8,Kv
9:Ze,y1,y2,E1,E2,Vfs,Vst
A:n1,vt1,Ft,P,Pt1,Pt2
B:an,at,at',g,gb
C:s1,s2,e1,e2,εα,εβ,εγ
D:ad,de,rc,ha1,ha2,hf1,hf2
E:gf,ga,gα,Gf,Ga,G

```

El programa muestra rápidamente el grupo de datos escogido. Si la variable todavía no ha sido calculada muestra "variable no definida".

Existen algunos cálculos a los que no nos hemos referido durante el proceso anterior y que el programa aparte calcula y que se mencionó en el apartado de explicaciones anterior a éste. En pantalla se presentan algunos de ellos, pero hay más. El detalle de estas variables puede consultarse en el capítulo 5 de esta memoria-manual.

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
3:Z1(I),Z2(I),Z1(II),Z2(II)
4:u(I&II),m(I&II),p(I&II),x1,x2
5:Zn1,Zn2,rn1,rn2,le,lef
6:C1,C2,C3,C4,C5,C6
7:CB1,CB2,CB3,CB4,CB5,CB6,CB7
8:Ka,Kb,Kbf,Khg,Kh8,Kfa,Kf8,Kv
9:Ze,y1,y2,E1,E2,Vfs,Vst
A:n1,vt1,Ft,P,Pt1,Pt2
B:an,at,at',g,gb
C:s1,s2,e1,e2,εα,εβ,εγ
D:ad,de,rc,ha1,ha2,hf1,hf2
E:gf,ga,gα,Gf,Ga,G

```

```

Algebra Calc Other Program Clean Up
gf (long. acercamiento) = 13.0949604423
ga (long. alejamiento) = 22.5114458128
gα (long. de engrane) = 35.6064062551
Gf (desliz. al acercarse) = 2.1251909667
Ga (desliz. al alejarse) = 6.28053090619
G (deslizamiento total) = 8.40572187296

```

**PROBLEMA N° 4.**

**Problema IV.7** pág. 316 del libro "Problemas de diseño de máquinas" (Cuadernos de la UNED nº 188) D. José Ignacio Pedrero Moya y D. Alfonso Fuentes Aznar. (reimpresión nov. del 2000)

**Diseñar un reductor de velocidad.**

**Datos:**

- ✓ **Engranajes cilíndrico-rectos una etapa.**
- ✓ **Relación transmisión:  $u = 3$ . Potencia:  $P = 364$  Kw.**
- ✓ **Material: acero F1560 (cementado).**
- ✓ **Velocidad entrada al reductor:  $n_1 = 441$  rpm.**
- ✓ **Ángulo presión normal:  $\alpha_n = \alpha_0 = 20^\circ$**
- ✓ **Adendo: 1, Dedendo: 1,25, Radio acuerdo cabeza: 0,25.**
- ✓ **Calidad: ISO 5, sin ajuste o rodaje en la fabricación.**
- ✓ **Fiabilidad: normal, con funcionamiento de 8-10 horas/día.**
- ✓ **Existen Desplazamientos.**
- ✓ **Máquina accionamiento: motor combustión interna alternativo de 6 cilindros.**
- ✓ **Máquina de trabajo: machacadora de piedras.**

En este problema, se pondrán las pantallas justas y necesarias para justificar los datos.

Una vez introducidos los primeros de ellos, debemos conocer el dentado del piñón. Usamos la orientación de Niemann.

Luego, los desplazamientos y si existe penetración.

Es una costumbre sana, comprobar que los datos **Dat1** y **Dat2**, son los correctos, por si existió algún error en la introducción, una vez llegado al menú principal de cálculos (el que aparece el dibujo de los engranajes con la barra de herramientas con menús de cálculos).

No voy a detallar los factores en este caso, pues basta mirar las pantallas para saberlo. En caso de que haya que destacar algo, lo haré. Obsérvese la potencia del programa, que en sí solo basta para auto explicar el cálculo sin necesidad adicional de comentarios.

\*TÉRMINO  $K_{rh}/Z_n^2$  según la fiabilidad:  
 $K_{rh}/Z_n^2 = 1.00$   
 \*FACTOR DE APLICACIÓN  $K_a$   
 Tiene en cuenta las sobrecargas dinámicas de fuerzas exteriores al engranaje según las características de la mda. accionamiento u mda. de funcionamiento  
 $K_a = 2$

\*FACTOR DE SERVICIO  $K_b$   
 $K_b = \frac{K_a \cdot K_{rh}}{Z_n^2}$   
 $K_b = 2$

\*FACTOR  $C_1$   
 $C_1 = \frac{\pi}{6} \cdot n_1 \cdot \frac{u}{u+1}$   
 $u = \frac{z_2}{z_1}$   
 $u = 3$   
 $C_1 = 173.180295029$

\*FACTOR  $C_2$   
 $C_2 = \frac{1}{z_h^2 \cdot z_b^2 \cdot z_e^2}$   
 Aunque puede obtenerse por la ecuación, se calcula por la fig. 89 de Lafont  
 El programa lo calcula con tablas derivadas de dicha figura  
 $C_2 = .21$

Obsérvese lo parecido del factor  $C_3$  con el del libro, donde allí se tomó aproximado. Aquí no es que sea exacto pero se determinó con rigor mediante la figura.

No se sabe  $r_1$ , suponemos  $vt_1$   
 $vt_1$  (en m/s) ?  
 6.5

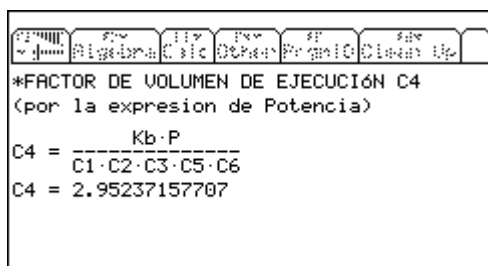
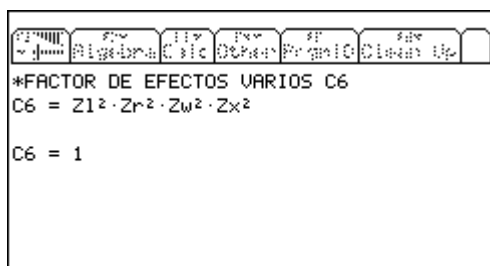
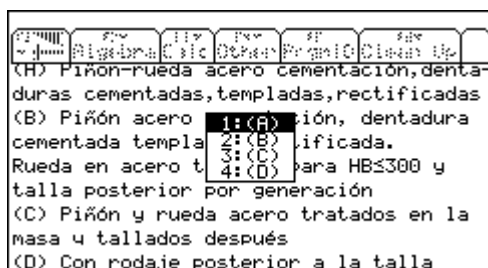
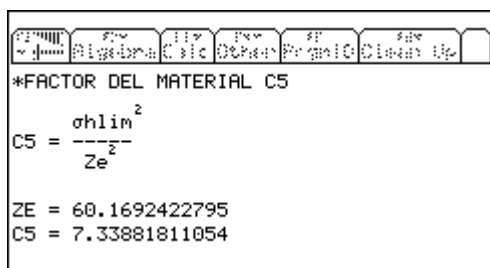
Tenemos:  
 $vt_1 = 6.5$   
 $Z_1 = 22$   
 $ISO = 5$   
 De la fig. 90, se obtiene:  
 $C_3$  (helicoidal) = .9358  
 mediante interpolación de la tabla según los datos tomados de la fig.

Como el dentado es recto se corrige por el factor de la tabla de la fig. 90 b:

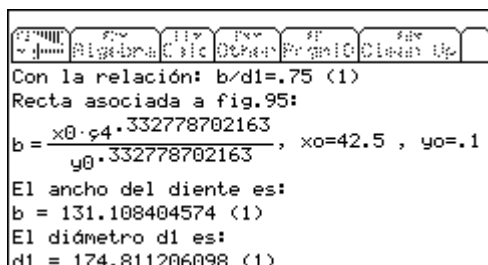
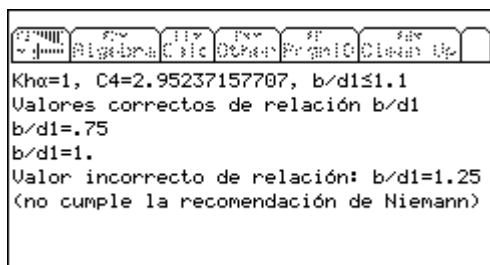
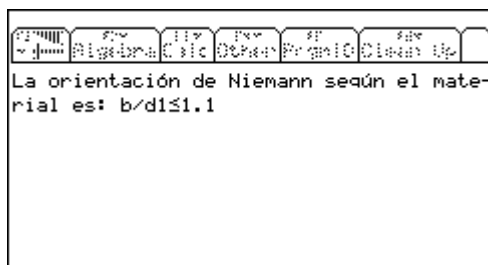
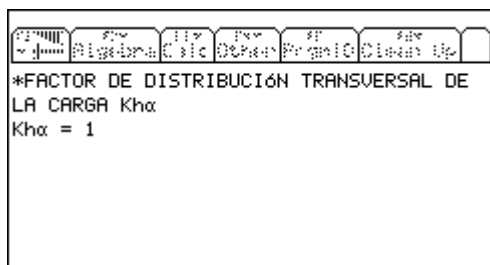
f	1	2	4	6	8	10
iso5	1	1.03	1.07	1.1	1.14	1.17
iso7	1.05	1.08	1.14	1.19	1.23	1.27

Interpolando con  $vt_1 \cdot z_1 / 100 = f = 1.43$   
 e  $ISO = 5$ , resulta:  
 Factor corrector = 1.0129

El factor  $C_3$  corregido será:  
 $C_3 = C_3(\text{helic}) / \text{factor}$   
 $C_3 = .923881923191$



La variación imperceptible de  $C_4$  es debida al pequeño desajuste decimal con  $C_3$ .



Cabe mencionar aquí algo interesante. El programa dio para  $b$  los valores 131,11 y 158,87 mm, mientras que el libro ofrecía 130 y 160. Mi método de cálculo sobre la fig. 95 se basa en rectas, muy estudiadas sobre puntos bien definidos ( $x_0$  y  $y_0$ ). Como mi interés era la mayor precisión, evidentemente opté por aquellos que me definían las rectas mejor. No obstante, probé incluso la pendiente y afiné la misma después de una serie de estimaciones. Creo en definitiva que dado el proceso de obtención, mi método es "un poco" más exacto que la mera y simple observación de la figura para un punto que puede no estar bien definido. Podría haber redondeado a los valores más próximos. Lo hago después al normalizar. No obstante, considero que lo que se hace en el libro de problemas es estimar a un valor redondeado (130 frente a 131), pues no es posible discernir con claridad a través de la figura el valor verdadero. Mantengo mis cálculos como mejor estimados.

A partir de aquí habrá algunas pequeñas discrepancias en base a la diferencia entre mi método analítico frente al método gráfico. De todas formas, la obtención de puntos a través de  $C_3$  está quizá peor definida que la fig. 95 de cálculo de  $b$ , debido a que para  $C_3$  tuve que andar tomando anotaciones "a ojo". Si observamos

la fig. 90 podremos comprobar como no vale 0.925 y quizá tampoco 0,931, pero creo que está más cerca de mi valor.

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

Con la relación:  $b/d1=1$ . (2)  
 Recta asociada a fig.95:  
 $b = \frac{x0 \cdot y4 \cdot 332778702163}{y0 \cdot 332778702163}$ ,  $x0=51.5$ ,  $y0=.1$   
 El ancho del diente es:  
 $b = 158.872537307$  (2)  
 El diámetro  $d1$  es:  
 $d1 = 158.872537307$  (2)

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

Cálculo de  $b$  con volumen mínimo  

$$V = \frac{b \cdot d1^2 \cdot \pi}{4}$$
  
 $U1 = .003146726173$   
 $U2 = .003149462025$   
 El volumen mínimo es  $U1$

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

Los cálculos dimensionales obtenidos son

Anchura del diente:  
 $b = 131.108404574$  (1)

Diámetro del piñón:  
 $d1 = 174.811206098$

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

Cálculo del módulo del piñón  $mn$   

$$mn = \frac{d1 \cdot \cos(\theta)}{z1}$$
  
 $mn = m = 7.94596391357$   
 El Normalizado de  $m$  se hace con la fig.3  
 Seleccione qué series normalizadas desea escoger para la elección de  $m$

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

El módulo  $m$  normalizado es  $m = 8$   
 Nuevas dimensiones del engranaje  $b=cte$   
 $mn = m = 8$   
 $b = 131.108404574$   
 $b$  (redondeado) = 131.  
 $d1 = 176$ .

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

Tenemos:  
 $vt1 = 4.06396425668$   
 $Z1 = 22$ .  
 $ISO = 5$ .  
 De la fig. 90, se obtiene:  
 $C3$  (helicoidal) = .931  
 mediante interpolación de la tabla  
 según los datos tomados de la fig.

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

Como el dentado es recto se corrige por el factor de la tabla de la fig. 90  $b$ :

f	1	2	4	6	8	10
iso5	1	1.03	1.07	1.1	1.14	1.17
iso7	1.05	1.08	1.14	1.19	1.23	1.27

Interpolando con  $vt1 \cdot z1 / 100 = f = .89407$   
 e  $ISO = 5$ , resulta:  
 Factor corrector = 1

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

El factor  $C3$  corregido será:  
 $C3 = C3(\text{helic}) / \text{factor}$   
 $C3 = .931$

En esta ocasión  $C4$  varía por  $b$ .

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

Según las expresiones analíticas de La-font, ecs. 197-204, siendo:  
 Dentaduras sin ajuste o rodaje  
 con  $ISO = 5$   
 $Kh8 = (1.135 + .18 \cdot (b/d1)^2 + .23 \cdot .001 \cdot b) \cdot 1.2$   
 $Kh8 = 1.51782206405$

Algebra Calc Other FracIO Clean Up

\*FACTOR DE VOLUMEN DE EJECUCIÓN  $C4$   
 (por la expresion normal)  

$$C4 = 10^{-6} \frac{b \cdot d1^2}{Kh8 \cdot Kh\alpha}$$
  
 $C4 = 2.67347279771$

Diseño no válido. Recalcularemos un módulo superior, de la serie I (preferente), como antes.

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

\*POTENCIA TRANSMISIBLE (en KW)  
 $P_t = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot C_6}{KB}$   
 $P_t = 332.153894429$   
 La Potencia necesaria era:  
 $P = 364$   
 Diseño incorrecto:  $P_t < P$   
 ante fallo por fatiga superficial

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

Como el diseño no es válido con  $m = 8$  se buscará un módulo superior normalizado de la serie deseada, realizando una iteración hasta encontrar un valor correcto para evitar el fallo por fatiga superficial (picadura)

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

El módulo  $m$  normalizado es  $m = 10$   
 Nuevas dimensiones del engranaje  $b = cte$   
 $m_n = m = 10$   
 $b = 131$   
 $b$  (redondeado) = 131.  
 $d_1 = 220$ .

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

El módulo  $m$  normalizado es  $m = 10$   
 Nuevas dimensiones del engranaje  $b = cte$   
 $m_n = m = 10$   
 $b = 131$   
 $b$  (redondeado) = 131.  
 $d_1 = 220$ .

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

Nueva relación  $b/d_1 = .595454545455$   
 Nueva velocidad tang.  $vt_1 = 5.0799553208$   
 A continuación se calculará nuevamente el factor  $C_3$

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

Tenemos:  
 $vt_1 = 5.07995532085$   
 $Z_1 = 22$   
 $ISO = 5$   
 De la fig. 90, se obtiene:  
 $C_3$  (helicoidal) = .9332  
 mediante interpolación de la tabla según los datos tomados de la fig.

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

Como el dentado es recto se corrige por el factor de la tabla de la fig. 90  $b$ :

f	1	2	4	6	8	10
iso5	1	1.03	1.07	1.1	1.14	1.17
iso7	1.05	1.08	1.14	1.19	1.23	1.27

Interpolando con  $vt_1 \cdot z_1 / 100 = f = 1.1175$  e  $ISO = 5$ , resulta:  
 Factor corrector = 1.00352770512

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

El factor  $C_3$  corregido será:  
 $C_3 = C_3(\text{helic}) / \text{factor}$   
 $C_3 = .929919518157$

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

Según las expresiones analíticas de La-font, ecs. 197-204, siendo:  
 Dentaduras sin ajuste o rodaje con  $ISO = 5$   
 $Kh_8 = (1.135 + .18 \cdot (b/d_1)^2 + .23 \cdot .001 \cdot b) \cdot 1.2$   
 $Kh_8 = 1.47474228099$

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

\*FACTOR DE VOLUMEN DE EJECUCIÓN  $C_4$  (por la expresión normal)  
 $C_4 = 10^{-6} \frac{b \cdot d_1^2}{Kh_8 \cdot Kh_9}$   
 $C_4 = 4.29932747011$

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

\*POTENCIA TRANSMISIBLE (en KW)  
 $P_t = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot C_6}{KB}$   
 $P_t = 533.531158014$   
 La Potencia necesaria era:  
 $P = 364$   
 Diseño válido:  $P_t > P$   
 ante fallo por fatiga superficial

Algebra Calc Other PrgnIO Clean Up

Condición aplicación método simplificado  
 $K_a \cdot F_t / b \geq 350 \text{ (N/mm)}$   
 $F_t = \frac{6}{\pi} \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{n_1 \cdot d_1} \text{ (en daN)}$   
 $F_t = 7165.41735132$   
 Se cumple la condición:  
 $1093.95684753 \geq 350$

Cálculo del mínimo valor de  $\sigma_{lim}$   
Según la ec. 217 de Lafont:

$$\sigma_{lim0} = \frac{1000 \cdot z_e \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot p \cdot k_b \cdot k_{H\alpha} \cdot k_{H\beta} \cdot (u+1)}{b \cdot n_1 \cdot \phi_2 \cdot \phi_3 \cdot \phi_6 \cdot u}}}{d_1}$$

$\sigma_{lim0} = 134.635132679$   
El material escogido es óptimo pues:  
 $\sigma_{lim} = 163 > \sigma_{lim0} = 134.635132679$

Hemos llegado a un diseño válido, la potencia es 533,531 frente a 527,423 Kw por los desajustes mínimos referidos anteriormente. Estamos trabajando con  $b = 131$  mm en lugar de 130 del libro.

Seguimos con el diseño frente al fallo por fatiga en la base del diente.

\*FACTOR  $K_{bf}$  DE SERVICIO ANTE FALLO POR ROTURA POR FATIGA EN LA BASE DEL DIENTE

Se recomienda un valor un 40 % superior a  $K_b$ , es decir:  $K_{bf} = K_b \cdot 1.40$

$K_{bf} = 2.8$

\*FACTOR  $CB_1$

$$CB_1 = 10^{-6} \cdot \pi / 6 \cdot Z_1 \cdot m_n^2 \cdot n_1$$

Se calcula directamente

$CB_1 = .507995532085$

\*RADIOS BASICOS  $rb_1, rb_2$   
 $rb = r \cdot \cos(\alpha_n) \quad (r_1, r_2)$

$rb_1 = 103.366188286$   
 $rb_2 = 310.098564859$

\*RADIOS DE CABEZA  $ra_1, ra_2$   
 $ra = r + m \cdot (a + x) = r + ha$   
 $r =$  radio primitivo referencia ( $r_1, r_2$ )  
 $a =$  addendo,  $x =$  desplazamiento ( $x_1, x_2$ )  
 $ha =$  altura de cabeza

$ra_1 = 122.9$   
 $ra_2 = 337.1$

La discrepancia de  $x_1$  es muy pequeña (0.29 frente a 0.28), fruto de la observación de la fig. 24. De ahí las diferencias con estos valores. Para el recubrimiento da lo mismo.

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon_\alpha$

$$\epsilon_\alpha = 1.63228370661$$

Como  $\epsilon_\alpha > 1$ , existe continuidad en la conducción, por lo menos en un par de dientes

\*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN NORMAL  $\epsilon_{\alpha n}$

$$\epsilon_{\alpha n} = \frac{\epsilon_\alpha}{(\cos(\delta_b))^2}$$

De la relación angular:  $\frac{\sin(\delta_b)}{\sin(\delta)} = \cos(\alpha_n)$   
se halla  $\delta_b$ :  $\delta_b = \sin^{-1}(\cos(\alpha_n) \cdot \sin(\delta))$   
 $\delta_b = 0$ .  
 $\epsilon_{\alpha n} = 1.63228370661$

\*RECUBRIMIENTO DEL SALTO  $\epsilon_\beta$

$$\epsilon_\beta = \frac{b \cdot \sin(\delta)}{m_n \cdot \pi}$$

$\epsilon_\beta = 0$ .

\*COEFICIENTE DEL ENGRANAJE HELICOIDAL  $\epsilon_\gamma$   
 $\epsilon_\gamma = \epsilon_\alpha + \epsilon_\beta$   
 $\epsilon_\gamma = 1.63228370661$

Finalmente el Factor  $CB_2$  es:

$$CB_2 = \frac{1}{y_\beta \cdot y_\epsilon \cdot \cos(\delta)}$$

$CB_2 = 1.40948509201$

La fig. 99 para hallar  $C_{B3}$  considero que es muy retorcida para obtener datos. Mi procedimiento creo que es más exacto (0,975 frente a 0,965)

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
*FACTOR CB3					
$CB3 = \frac{1}{K_v}$					
CB3 = .975823935525					

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
*FACTOR DE CABEZA DEL PERFIL NORMAL Yfs					
Según los datos tomados de la fig.:					
para $Z_{n1} = 22$ y $x_1 = .29$					
Yfs = 4.3664					
*FACTOR CB4					
CB4 = .229021619641					

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
*FACTOR LONGITUDINAL DE LA CARGA Kf8					
Kf8 = 1.40353093884					
*FACTOR TRANSVERSAL DE LA CARGA Kfα					
Kfα = 1					
CB5 = 93.3360258578					

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
*FACTOR CB6					
$CB6 = \sigma_{lim} \cdot Y_{st}$					
$\sigma_{lim}$ : límite admisible para la base del					
diente (ya seleccionado)					
Yst: coeficiente concentración de ten-					
sión para el dentado de la rueda de en-					
saco. Yst = 2.0					
CB6 = 100					

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
De acuerdo a la curva b) , con:					
m = 10					
Acero de Cementación					
CB7 = .927					

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
La potencia transmisible (en KW) es:					
$P_t = \frac{CB1 \cdot CB2 \cdot CB3 \cdot CB4 \cdot CB5 \cdot CB6 \cdot CB7}{K_{bf}}$					
Kbf					
Pt = 494.469303047					
La Potencia necesaria era:					
P = 364					
Diseño valido: $P_t > P$ ante fallo					
por fatiga en la base del diente					

Nos hemos aproximado a la potencia:  $P_t$  del libro 495,018 Kw. Como detalle de los datos calculados, una pantalla con todos los factores C y otras dos con datos geométricos adicionales.

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
Anchura: b = 131. , Módulo: m = 10					
Radio piñón,rueda: r1 = 110 , r2 = 330					
Dentado piñón,rueda: Z1 = 22 , Z2 = 66					
Potencia Nominal necesaria: P = 364					
Potencia fatiga superf.: Pt1 = 533.53115					
Seguridad fatiga sup. = 1.465					
Pot. fatiga base diente: Pt2 = 494.46930					
Seg. fatiga base diente = 1.358					

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
C1 (factor) = 173.180295029					
C2 (factor) = .21					
C3 (factor) = .929919518157					
C4 (factor) = 4.29932747011					
C5 (factor) = 7.33881811054					
C6 (factor) = 1					

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
ad (adendo) = 1					
de (dedendo) = 1.25					
rc (radio acuerdo cabeza) = .25					
ha1 (altura cabeza piñón) = 12.9					
ha2 (altura cabeza rueda) = 7.1					
hf1 (altura pie piñón) = 9.6					
hf2 (altura pie rueda) = 15.4					

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
gf (long. acercamiento) = 19.3274905157					
ga (long. alejamiento) = 28.8596698808					
gα (long. de engrane) = 48.1871603965					
Gf (desliz. al acercarse) = 2.4092461685					
Ga (desliz. al alejarse) = 5.37171493203					
G (deslizamiento total) = 7.78096110062					

La conclusión comparativa es que es imposible obtener unos resultados completamente exactos. De hecho no los hay, ni observando las figuras ni usando este programa que se basa en las mismas. De hecho, al hacer los problemas a mano si se repiten los cálculos probablemente se pondrán valores no concordantes de unas veces a otras. Esto es normal en este tipo de cálculos.



## 7.- LISTADO DEL CONJUNTO DE PROGRAMAS QUE INTEGRAN AUTOENG.

Debido a las limitaciones de memoria de la calculadora no es posible como he comprobado realizar un monoprograma más allá de 30 Kbytes. Es por ello que he fragmentado el programa en subprogramas con llamadas desde el programa principal Autoeng. El listado que aparece a continuación es el del programa Autoeng junto con todos los subprogramas. Tanto Autoeng como los subprogramas están en rojo, mientras que todas las llamadas internas a otros subprogramas se advierten en azul. El texto del programa está en negro. El programa, como se puede apreciar, es largo pero incorpora muchas prestaciones al cálculo de Engranajes por el método de Lafont. En total son 36 programas, algunos de ellos muy cortos, pero que están perfectamente integrados en Autoeng.

### Programa autoeng

#### autoeng()

```
Prgm
Lbl inicio
Try
Disp ""
ClrIO
setGraph("Axes","Off")
setGraph("Labels","Off")
setGraph("Grid","Off")
setMode("Angle","DEGREE")
setMode("Display Digits","FLOAT")
If getType(varpro)="NONE"
Goto inicio2
If varpro=1 Then
Goto pas1
ElseIf varpro=2 Then
Goto pas7
EndIf
Lbl inicio2
RclPic portada
Pause
Disp ""
ClrIO
Dialog
Title "Jose Manuel Gomez presenta..."
Text " "
Text "      A U T O E N G      1 . 1"
Text ""
Text "Cálculo y diseño AUTOmático ENGranajes"
Text "siguiendo el texto de Pilar Lafont :"
Text "'Cálculo Engranajes Paralelos UPM 97'"
Text ""
Text "ETS Ingenieros Industriales UNED"
Text "5°Cálculo,Construcción y Ensayo Máq.II"
Text "(c) 2005 José M. Gómez (Anteproyecto)"
EndDlog
Disp ""
ClrIO
maquina\matrimaq() @matrices cálculo
Disp "Elija cálculos a realizar"
If getType(varpro)="NONE"
```

```

PopUp {"Comprobar diseño (m conocido)", "Diseñar engranaje
(b,d1,m)"}, varpro
ClrIO
Disp "INTRODUZCA DATOS DE PROBLEMA"
Disp "Tipo Engranajes"
PopUp {"Una sola etapa", "Dos etapas"}, etapa
If etapa=1
PopUp {"Rectos", "Helicoidales"}, eng
If etapa=2 Then
1→iii
For iii, 1, 2
Output 60, 90, string(iii) & "a. etapa"
PopUp {"Rectos", "Helicoidales"}, #("eng" & string(iii))
EndFor
EndIf
ClrIO
If etapa=2 Then
Disp "Para 2 etapas, el módulo m(1) debe ser"
Disp "conocido, mientras que el módulo m(2)"
Disp "puede ser igual a m(1) o distinto"
Pause "Introduzca la relación entre m(1) y m(2)"
ClrIO
Disp "Relación entre módulos"
PopUp {"m(2)=m(1)", "m(2)≠m(1), m(2) conocido", "m(2)≠m(1), m(2) no
conocido"}, varm
Lbl mm1
ClrIO
Input "módulo m(1) ?", mm1
If getType(mm1) ≠ "NUM"
Goto mm1
If varm=1
mm1→mm
If varpro=1 and varm=2 Then
Lbl mm2
Input "módulo m(2) ?", mm
If getType(mm) ≠ "NUM"
Goto mm2
EndIf
If varm≠3
Disp "m(2) = m = " & string(mm)
EndIf
1→vaar1:1→vaar2:1→vaar3
If etapa=1 Then
{"Conocida", "No conocida"}→var
"1-[P,n1] "→iii
Else
{"Conocida
a'(II)", "a'(II)=Cnom(I)", "a'(II)>Cnom(I)", "Cnom(I)=Cnom(II)", "No
conocida"}→var
"1-[P,n] "→iii
EndIf
Disp "":ClrIO
Dialog
Title "Opciones generales de cálculo"
Text "Seleccione qué datos son conocidos"
Text ""
DropDown iii, {"Conocidos", "No conocidos"}, vaar1
Text ""
Text "2-[Adendo, Dedendo, Rad. acuerdo cabeza]"
DropDown "", {"Conocidos", "No conocidos"}, vaar2

```

```

Text ""
DropDown "3-[a':dist.centros]",var,vaar3
Text ""
EndDlog
Lbl opcion
ClrIO
Dialog
Title "Opciones generales de cálculo"
Text ""
Text "1-[VALORES CONOCIDOS DE Z1,Z2,u]"
Text "En caso de II etapas, Z1 y Z2 hacen re"
Text "ferencia a la 2a. de ellas"
DropDown "",{"[u]","[Z1,u]","[Z1,Z2]","[Z1,Z2,u]","[Z1] (solo 2
etapas)"},"var1
Text ""
DropDown "2-[MATERIAL] ",{"Lo conocemos ahora","Lo elegiremos
después"},"var2
Text ""
DropDown "3-[DESPLAZAMIENTOS] ",{"Conocemos x1,x2","Hallaremos
x1,x2"},"var3
EndDlog
If var1=5 and etapa=1
Goto opcion
Lbl material
If var2=1 Then
Ø→acero
maquina\material() @material engrane
Else
1→acero
EndIf
ClrIO
Disp "ENTRADA DE DATOS GENERALES"
If etapa=1 Then
Lbl z1z1
If var1≠1 Then
Input "Z1 (dientes Piñón)?",zz1
If getType(zz1)≠"NUM" or int(zz1)≠zz1
Goto z1z1
EndIf
Lbl z2z2
If var1=3 or var1=4 Then
Input "Z2 (dientes Rueda)?",zz2
If getType(zz2)≠"NUM" or int(zz2)≠zz2
Goto z2z2
approx(zz2/zz1)→uu
Disp "Coeficiente de transmisión u = Z2/Z1"
Disp "u = "&string(uu)
If vaar1=2
Pause
EndIf
Lbl uu
If var1=2 or var1=4 Then
Input "u (relación de transmisión) ?",uu
If getType(uu)≠"NUM"
Goto uu
If var1=4 and approx(zz2/zz1)≠uu Then
ClrIO
Disp " ATENCIÓN"
Disp "u introducida : "&string(uu)&" (dato)"
Disp "es incompatible con el valor obtenido"

```

```

Disp  "por la relación Z2/Z1 : "&string(approx(zz2/zz1))
Disp  "El dato para u es incorrecto"
Disp  "Se tomará:"
approx(zz2/zz1)->uu
Pause "Coeficiente transmisión: u = i = "&string(uu)
EndIf
EndIf
Lbl  modu
If varpro=1 or varpro=2 and vaar1=2 Then
If vaar1=2 Then
ClrIO
Disp  "No ha definido la potencia P ni la"
Disp  "velocidad angular n"
Disp  "Es necesario fijar el módulo m y probar"
Pause "valores de P y n que cumplan el diseño"
EndIf
ClrIO
Input  "m (módulo) ?",mm
If  getType(mm)≠"NUM"
Goto  modu
EndIf
Lbl  n1n1
If vaar1=1 Then
Input  "n1 (velocidad en rpm)?",nn1
If  getType(nn1)≠"NUM"
Goto  n1n1
EndIf
ElseIf etapa=2 Then
Lbl  zz1i
Input  "Z1 I (dientes Piñón etapa I)?",zz1i
If  getType(zz1i)≠"NUM" or int(zz1i)≠zz1i
Goto  zz1i
Lbl  zz2i
Input  "Z2 I (dientes Rueda etapa I)?",zz2i
If  getType(zz2i)≠"NUM" or int(zz2i)≠zz2i
Goto  zz2i
If var1≠1 Then
Lbl  zz1
Input  "Z1 II (dientes Piñón etapa II) ?",zz1
If  getType(zz1)≠"NUM" or int(zz1)≠zz1
Goto  zz1
EndIf
If var1=3 or var1=4 Then
Lbl  zz2
Input  "Z2 II (dientes Rueda etapa II) ?",zz2
If  getType(zz2)≠"NUM" or int(zz2)≠zz2
Goto  zz2
EndIf
If var1=2 or var1=4 Then
approx(zz2i/zz1i)->uui
approx(zz2/zz1)->uu
Disp  "Coef. Transmisión 1a. etapa u1 = "&string(uui)
If  getType(uu)="NUM" Then
Disp  "Coef. Transmisión 2a. etapa u = "&string(uu)
Else
Lbl  uuu
Input  "u (relación de transmisión) ?",uu
If  getType(uu)≠"NUM"
Goto  uuu
EndIf

```

```

EndIf
EndIf
If vaar1=1 Then
PopUp {"P (Potencia en KW) ?", "P (Potencia en CV) ?"}, var
If var=1
" en KW"→varq
If var=2
" en CV"→varq
Lbl ppp
Input "P (Potencia"&varq&")?", pp
If getType(pp)≠"NUM"
Goto ppp
If var=2 Then
part(expr(string(pp/1000)&"_hp"),1)→pp
Disp "La potencia P en KW será:"
Disp "P = "&string(pp)
Disp "donde 1 CV = 745.6998 W"
Disp ""
EndIf
Lbl nn
If etapa=2 Then
Input "n (velocidad en rpm)?", nn
If getType(nn)≠"NUM"
Goto nn
EndIf
EndIf
If getType(aan)="NONE" Then
Lbl aan
Input "an (áng. presión ref. normal)?", aan
If getType(aan)≠"NUM"
Goto aan
EndIf
If etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2 Then
ClrIO
Disp "¿Qué ángulos conocemos...?"
PopUp {"β (áng inclinación ref.)", "βb (áng inclin. base o hélice)", "Los dos: β y βb"}, var
ClrIO
If var=1 or var=3 Then
Lbl ββ
Input "β (áng inclinación ref.) ?", ββ
If getType(ββ)≠"NUM"
Goto ββ
EndIf
If var=2 or var=3 Then
Lbl ββb
Input "βb (áng inclin. base o hélice)?", ββb
If getType(ββb)≠"NUM"
Goto ββb
EndIf
Else
Ø→ββ
Disp "β (áng inclinación referencia) = Ø"
EndIf
If var3=1 Then
Lbl xx1
Input "x1 (desplazamiento en mm)?", xx1
If getType(xx1)≠"NUM"
Goto xx1
Lbl xx2

```

```

Input  "x2 (desplazamiento en mm)?",xx2
If  getType(xx2)≠"NUM"
Goto  xx2
EndIf
If vaar3=1 Then
Lbl  aaa
Input  "a' (distancia centros en mm) ?",aa_
If  getType(aa_)≠"NUM"
Goto  aaa
EndIf
If vaar2=1 Then
Lbl  adendo
Input  "adendo (factor de ha → altura cabeza) ?",aa
If  getType(aa)≠"NUM"
Goto  adendo
Lbl  dedendo
Input  "dedendo (factor de hf → altura pie) ?",dd
If  getType(dd)≠"NUM"
Goto  dedendo
Lbl  radioca
Input  "radio acuerdo cabeza (factor c→juego) ?",rr
If  getType(rr)≠"NUM"
Goto  radioca
EndIf
If var1=5 Then
maquina\ma1() @distancia centros,etc
EndIf
If vaar3=4 and etapa=2 Then
maquina\cnonma() @cálculos si aI=aII
ClrIO
If  varpro=1
Goto  pro1
If  varpro=2
Goto  pro7
EndIf
If varpro=1 Then
If  var1=2
approx(uu*zz1)→zz2
If  var1=1 Then
ClrIO
maquina\pinonma() @dentado pinón
EndIf
ClrIO
If  var1=1 or var1=2 Then
approx(uu*zz1)→zz2
EndIf
Goto  pro1
ElseIf varpro=2 Then
Goto  pro7
EndIf
Lbl  pro1
1→iii
For  iii,1,30
DelVar  #("fila"&string(iii))
EndFor
If  etapa=2 Then
"Z1 I = "&string(zz1i)→fila1
"Z2 I = "&string(zz2i)→fila2
If  eng1=1 Then
"I  etapa: Eng.Rectos"→fila3

```

```

Else
"I etapa: Eng.Helicoidales"→fila3
EndIf
"Z1 II = "&string(zz1)→fila4
"Z2 II = "&string(zz2)→fila5
"u(I) = u1 = "&string(approx(zz2i/zz1i))→fila6
"u(II) = u = "&string(uu)→fila7
"m(I) = "&string(mm1)→fila8
"m(II) = "&string(mm)→fila9
10→iii
If getType(xx1)≠"NONE" Then
"x1 = "&string(xx1)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
"x2 = "&string(xx2)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
If getType(pp)≠"NONE" Then
"n(I) = n = "&string(nn)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
"P = "&string(pp)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
"an = "&string(aan)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
If getType(ββ)≠"NONE" Then
"β = "&string(ββ)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
If getType(ββb)≠"NONE" Then
"β = "&string(ββb)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
If getType(ββ1)≠"NONE" Then
"β1 = "&string(ββ1)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
ElseIf etapa=1 Then
"Z1 = "&string(zz1)→fila1
"Z2 = "&string(zz2)→fila2
If eng=1
"1 sola etapa:Eng.Rectos"→fila3
If eng=2
"1 sola etapa:Eng.Helicoidales"→fila3
"u = "&string(uu)→fila4
"m = "&string(mm)→fila5
"an = "&string(aan)→fila6
"β = "&string(ββ)→fila7
If getType(xx1)≠"NONE" Then
"x1 = "&string(xx1)→fila8
"x2 = "&string(xx2)→fila9
10→iii
Else
8→iii
EndIf
EndIf
If getType(aa_)≠"NONE"
"a' = "&string(aa_)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
If getType(nn1)≠"NONE" Then
"n1 = "&string(nn1)→#("fila"&string(iii))

```

```

iii+1→iii
"P = "&string(pp)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
If getType(datmat)≠"NONE" Then
datmat&" "&datmat0→#("fila"&string(iii))
If      mid(#("fila"&string(iii)),1,30)≠mid(#("fila"&string(iii)),1,31)
Then
mid(#("fila"&string(iii)),31,100)→#("fila"&string(iii+1))
mid(#("fila"&string(iii)),1,30)→#("fila"&string(iii))
iii+2→iii
Else
iii+1→iii
EndIf
"ohlim = "&string(oohlim)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
"oflim = "&string(ooflim)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
If vaar2=1 Then
"Adendo = "&string(aa)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
"Dedendo = "&string(dd)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
"Radio acuerdo cabeza = "&string(rr)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
If etapa=2 and vaar3=1 Then
"a' = "&string(aa_)→#("fila"&string(iii))
ElseIf etapa=2 and vaar3=2 Then
"a' = Cnom1"→#("fila"&string(iii))
ElseIf etapa=2 and vaar3=3 Then
"a' > Cnom1"→#("fila"&string(iii))
ElseIf etapa=2 and vaar3=4 Then
"Cnom1=Cnom2"→#("fila"&string(iii))
EndIf
1→iii
For   iii,30,1,-1
If getType(#("fila"&string(iii)))="NONE" Then
""→#("fila"&string(iii))
EndIf
EndFor
Lbl  pas1
ClrIO
RclPic  portada
Toolbar
Title  "Datos1"
Item   fila1,pas1
Item   fila2,pas1
Item   fila3,pas1
Item   fila4,pas1
Item   fila5,pas1
Item   fila6,pas1
Item   fila7,pas1
Item   fila8,pas1
Item   fila9,pas1
Item   fila10,pas1
Item   fila11,pas1
Item   fila12,pas1
Title  "Datos2"

```



```

Item fila13,pas1
Item fila14,pas1
Item fila15,pas1
Item fila16,pas1
Item fila17,pas1
Item fila18,pas1
Item fila19,pas1
Item fila20,pas1
Item fila21,pas1
Item fila22,pas1
Item fila23,pas1
Item fila24,pas1
Title "Cálculos"
Item "Penetración en dentados",a1b
Item "Distancia centros nominal",a1
Item "Calcular radios de cabeza",a2
Item "Radios básicos",a3
Item "Engranajes (a cero o V)",a3b
Item "Condición no apuntamiento",a4
Item "Grado de recubrimiento  $\varepsilon\alpha$ ",a5
Item "Recubrimiento del salto  $\varepsilon\beta$ ",a6
Item "Coeficiente de engrane  $\varepsilon\gamma$ ",a7
Title "Valores calc",cal1
Title "Salir",bb
EndTBar
Lb1 bb
ClrIO
PopUp {"Salir y Borrar datos","Volver"},var
If var=1 Then
maquina\borramaq() @borra datos
Goto salir
Else
Goto inicio
EndIf
Lb1 a1b
maquina\penetmaq() @no-penetración
Goto pas1
Lb1 a1
ClrIO
maquina\a1maq() @dist. centros,etc.
Goto pas1
Lb1 a2
ClrIO
maquina\a2maq() @radios de cabeza
Goto pas1
Lb1 a3
ClrIO
maquina\a3maq() @radios básicos
Goto pas1
Lb1 a3b
ClrIO
maquina\engmaq() @eng a cero o V
Goto pas1
Lb1 a4
ClrIO
maquina\apunmaq() @no-apuntamiento
Goto pas1
Lb1 a5
maquina\a5maq() @recubrimientos
Goto pas1

```

```

Lb1 a6
Disp "*RECUBRIMIENTO DEL SALTO  $\varepsilon\beta$ "
Disp  $\varepsilon\beta = b \cdot \sin(\beta) / (m \cdot \pi)$ 
Disp ""
 $bb \cdot \sin(\beta\beta) / (mm \cdot \pi) \rightarrow \varepsilon\varepsilon\beta$ 
Disp " $\varepsilon\beta =$ " &string(approx( $\varepsilon\varepsilon\beta$ ))
Pause
Goto pas1
Lb1 a7
Disp "*COEFICIENTE DE ENGRANE  $\varepsilon\gamma$ "
Disp  $\varepsilon\gamma = \varepsilon\alpha + \varepsilon\beta$ 
Disp ""
 $\varepsilon\varepsilon\alpha + \varepsilon\varepsilon\beta \rightarrow \varepsilon\varepsilon\gamma$ 
Disp " $\varepsilon\gamma =$ " &string(approx( $\varepsilon\varepsilon\gamma$ ))
Pause
Goto pas1
Lb1 cal1
maquina\calmaq() @menú datos
Goto pas1
Lb1 pro7
ClrIO
Dialog
Text " "
Text "Introduzca la calidad ISO"
Text ""
DropDown "Calidad ISO ?", {"5","6","7","8"},iso
Text ""
EndDlog
iso+4→iso
If var1=1 and vaar3≠4 Then
Disp "Cálculo del dentado del piñón"
maquina\pinonmaq() @dentado piñón
EndIf
ClrIO
If (var1=1 or var1=2) and vaar3≠4 Then
approx(uu*zz1)→zz2
EndIf
If var1≠1 and vaar3≠4 or var1=1 and vaar3=4 Then
ClrIO
Disp "Comprobemos si existe penetración"
Disp "es decir, si con el dentado calculado"
Disp "la cabeza de la herramienta penetra en"
Disp "la base del diente dañándolo"
If getType(xx1)="NONE"
Disp "Calcularemos primero los desplazamientos"
Pause
ClrIO
If getType(zz2)="NONE"
uu*zz1→zz2
If getType(xx1)="NONE"
maquina\despmaq() @desplazamientos
ClrIO
maquina\penetmaq() @no-penetración
EndIf
Lb1 maq
maquina\maquimaq() @máq. acción-trabajo
ClrIO
Lb1 fiab
ClrIO
Disp "Seleccione la FIABILIDAD"

```

```

PopUp {"Grande, trabajo 24 h / Día","Normal, hasta 3 h /
Día","Normal, entre 8 y 10 h / Día"},fiab
Lbl tipoeng
maquina\engmaq() @eng. a cero o V
1→iii
For iii,1,30
DelVar #("fila"&string(iii))
EndFor
Lbl pas6
If etapa=2 Then
"Z1 I = "&string(zz1i)→fila1
"Z2 I = "&string(zz2i)→fila2
If eng1=1
"I etapa = Eng.Rectos "→fila3
If eng1=2
"I etapa = Eng.Helicoidales"→fila3
"Z1 II = "&string(zz1)→fila4
"Z2 II = "&string(zz2)→fila5
If eng2=1
"II etapa = Eng.Rectos "→fila6
If eng2=2
"II etapa = Eng.Helicoidales"→fila6
"u(I) = u1 = "&string(approx(zz2i/zz1i))→fila7
"u(II) = u = "&string(uu)→fila8
"x1 = "&string(xx1)→fila9
"x2 = "&string(xx2)→fila10
"αn = "&string(αn)→fila11
"β = "&string(β)→fila12
If getType(mm1)≠"NONE" Then
"m1 = "&string(mm1)→fila13
14→iii
Else
13→iii
EndIf
If getType(mm)≠"NONE" Then
"m = "&string(mm)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
If getType(ββ1)≠"NONE" Then
"β1 = "&string(ββ1)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
If getType(nn)≠"NONE" Then
"n(I) = n = "&string(nn)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
"P = "&string(pp)→#("fila"&string(iii))
iii+1→iii
EndIf
ElseIf etapa=1 Then
"Z1 = "&string(zz1)→fila1
"Z2 = "&string(zz2)→fila2
If eng=1
"1 sola etapa:Eng.Rectos"→fila3
If eng=2
"1 sola etapa:Eng.Helicoidales"→fila3
"u = "&string(uu)→fila4
"αn = "&string(αn)→fila5
"β = "&string(β)→fila6
"x1 = "&string(xx1)→fila7
"x2 = "&string(xx2)→fila8

```

```

If getType(nn1)≠"NONE" Then
  "n1 = "&string(nn1)→fila9
  "P = "&string(pp)→fila10
  11→iii
Else
  9→iii
EndIf
EndIf
If getType(mm)≠"NONE" Then
  "m = "&string(mm)→#("fila"&string(iii))
  iii+1→iii
EndIf
If getType(datmat)≠"NONE" Then
  datmat&" "&datmat0→#("fila"&string(iii))
  If      mid(#("fila"&string(iii)),1,30)≠mid(#("fila"&string(iii)),1,31)
  Then
    mid(#("fila"&string(iii)),31,100)→#("fila"&string(iii+1))
    mid(#("fila"&string(iii)),1,30)→#("fila"&string(iii))
    iii+2→iii
  Else
    iii+1→iii
  EndIf
  "ohlim = "&string(σohlim)→#("fila"&string(iii))
  iii+1→iii
  "oflim = "&string(σoflim)→#("fila"&string(iii))
  iii+1→iii
EndIf
Lb1 pasadat
If mid(string(maq1),1,1)="f" Then
  "Maq. Accionam. Choques Fuertes"→#("fila"&string(iii))
ElseIf mid(string(maq1),1,1)="m" Then
  "Maq. Accionam. Choques Medios"→#("fila"&string(iii))
ElseIf mid(string(maq1),1,1)="u" Then
  "Maq. Accionam. Choques Uniformes"→#("fila"&string(iii))
EndIf
iii+1→iii
If mid(string(maq2),1,1)="f" Then
  "Maq. Trabajo Choques Fuertes"→#("fila"&string(iii))
ElseIf mid(string(maq2),1,1)="m" Then
  "Maq. Trabajo Choques Medios"→#("fila"&string(iii))
ElseIf mid(string(maq2),1,1)="u" Then
  "Maq. Trabajo Choques Uniformes"→#("fila"&string(iii))
EndIf
iii+1→iii
If fiab=1 Then
  "Fiabilidad Grande (24H/día)"→#("fila"&string(iii))
ElseIf fiab=2 Then
  "Fiabilidad Normal (3H/día)"→#("fila"&string(iii))
ElseIf fiab=3 Then
  "Fiabilidad Normal (8-10 H/día)"→#("fila"&string(iii))
EndIf
iii+1→iii
"ISO = "&string(iso)→#("fila"&string(iii))
If vaar2=1 Then
  iii+1→iii
  "Adendo = "&string(aa)→#("fila"&string(iii))
  iii+1→iii
  "Dedendo = "&string(dd)→#("fila"&string(iii))
  iii+1→iii
  "Radio acuerdo cabeza = "&string(rr)→#("fila"&string(iii))

```

```

EndIf
If etapa=2 and vaar3=1 Then
iii+1→iii
"a' = "&string(aa_)→#("fila"&string(iii))
ElseIf etapa=2 and vaar3=2 Then
iii+1→iii
"a' = Cnom1"→#("fila"&string(iii))
ElseIf etapa=2 and vaar3=3 Then
iii+1→iii
"a' > Cnom1"→#("fila"&string(iii))
ElseIf etapa=2 and vaar3=4 Then
iii+1→iii
"Cnom1=Cnom2"→#("fila"&string(iii))
EndIf
1→iii
For iii,30,1,-1
If getType(#("fila"&string(iii)))="NONE" Then
""→#("fila"&string(iii))
EndIf
EndFor
Lbl pas7
ClrIO
ClrDraw
RclPic portada
Toolbar
Title "Dat1"
Item fila1,pas7
Item fila2,pas7
Item fila3,pas7
Item fila4,pas7
Item fila5,pas7
Item fila6,pas7
Item fila7,pas7
Item fila8,pas7
Item fila9,pas7
Item fila10,pas7
Item fila11,pas7
Item fila12,pas7
Title "Dat2"
Item fila13,pas7
Item fila14,pas7
Item fila15,pas7
Item fila16,pas7
Item fila17,pas7
Item fila18,pas7
Item fila19,pas7
Item fila20,pas7
Item fila21,pas7
Item fila22,pas7
Item fila23,pas7
Item fila24,pas7
Item fila25,pas7
Item fila26,pas7
Item fila27,pas7
Item fila28,pas7
Item fila29,pas7
Item fila30,pas7
Title "Fatiga Sup"
Item "Factor KB y Factor KA",kb
Item "Factor C1",c1

```

```

Item  "Factor C2",c2
Item  "Factor C3",c3
Item  "Factor C4",c4
Item  "Factor C5",c5
Item  "Factor C6",c6
Item  "Factor  $K_H$ ",ka
Item  "Obtener relaciones b/d1",bd1
Item  "Factor  $K_H\beta$ ",kh $\beta$ 
Item  "Potencia P1",p
Item  "Condición aplicabilidad",con
Title "Fat.Base Diente"
Item  "Factor Kbf",kbf
Item  "Factor CB1",cb1
Item  "Recubrimientos  $\epsilon\alpha, \epsilon\alpha_n, \epsilon\beta, \epsilon\gamma$ ", $\epsilon\alpha$ 
Item  "Factor CB2",cb2
Item  "Factor CB3",cb3
Item  "Factor CB4",cb4
Item  "Factor CB5",cb5
Item  "Factor CB6",cb6
Item  "Factor CB7",cb7
Item  "Potencia P2",pp
Item  "Resultado final",resulmaq
Item  "Valores calculados",cal2
Title "End►",bb
EndTBar
Lb1  kb
maquina\kamaq() @factores Ka-Kb
Goto pas7
Lb1  c1
maquina\c1maq() @factor C1
Goto pas7
Lb1  c2
maquina\c2maq() @factor C2
Goto pas7
Lb1  c3
ClrIO
maquina\c3maq() @factor C3
Goto pas7
Lb1  c4
ClrIO
maquina\c4maq() @factor C4
Goto pas7
Lb1  c5
maquina\c5maq() @factor C5
Goto pas7
Lb1  c6
maquina\c6maq() @factor C6
Goto pas7
Lb1  ka
ClrIO
Dialog
Text  "Dentadura con cargas normales"
Text  ""
Text  "Escoja opción (1) Ó (2)"
Text  ""
DropDown  "Elija tipo ",{"Tallada acero temple tot","Endurecida-
rectificada"},var1
Text  ""
EndDlog
If var1=1 and iso=6 Then

```

```

1→kkhα
ElseIf var1=1 and iso=7 and (etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1)
Then
1→kkhα
ElseIf var1=1 and iso=7 and (etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2)
Then
1.1→kkhα
ElseIf var1=1 and iso=8 and (etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1)
Then
1.1→kkhα
ElseIf var1=1 and iso=8 and (etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2)
Then
1.2→kkhα
ElseIf var1=2 and (iso=5 or iso=6) Then
1→kkhα
Else
Disp "La configuración de calidad ISO = "&string(iso)
Disp "para este tipo de dentadura no permite"
Disp "determinar Khα. Intente otra selección"
Pause :ClrIO
Goto kα
EndIf
Disp "*FACTOR DE DISTRIBUCIÓN TRANSVERSAL DE"
Disp "LA CARGA Khα"
Pause "Khα = "&string(kkhα)
Goto pas7
Lbl bd1
ClrIO
maquina\bd1maq() @cálculo de b,m
Goto pas7
Lbl khβ
maquina\khbmaq() @factor Khβ
Goto pas7
Lbl p
ClrIO
cc1*cc2*cc3*cc4*cc5*cc6/kkb→ppt
Disp "*POTENCIA TRANSMISIBLE (en KW) Pt1"
Output
10,35,"C1"&char(183)&"C2"&char(183)&"C3"&char(183)&"C4"&char(183)&"C5"
&char(183)&"C6"
Output 17,0,"Pt1 ="
Output 17,35,"-----"
Output 24,76,"KB"
If getType(ppt)≠"NUM" Then
Disp ""
Pause "Falta por definir factores C1...C6 y/o Kb"
ClrIO
Goto pas7
EndIf
Disp "Pt1 = "&string(ppt)
Disp "La Potencia necesaria era:"
Disp "P = "&string(pp)
If ppt>pp Then
Disp "Diseño válido: "&"Pt1"&" > "&"P"
Else
Disp "Diseño incorrecto: "&"Pt1"&" < "&"P"
EndIf
Disp "ante fallo por fatiga superficial"
Pause
ClrIO

```

```

If ppt>pp Then
If ppt/pp>1.8 Then
Disp "El diseño es óptimo pero está el engra-"
Disp "naje sobredimensionado pues:"
Disp "Pt1 / P > 1.8"
Disp ""
Pause "Pt1 / P = "&string(ppt/pp)
EndIf
Goto pas7
Else
If vaar1=1 Then
maquina\bd1maq() @cálculo de b,m
ElseIf vaar1=2 Then
ClrIO
Disp "El diseño no es válido con los valores"
Disp "introducidos para P y n1:"
Disp "P = "&string(pp)
Disp "n1 = "&string(nn1)
Disp ""
Disp "A continuación tiene la oportunidad de"
Disp "modificarlos"
Pause "Se considerará solo dicho cambio"
ClrIO
Disp "Deberá modificar los factores C1 y C3"
Disp "y volver a calcular la potencia a trans"
Disp "mitir. El problema entrará en una itera"
Disp "ción automática hasta encontrar el par"
Disp "P,n1 correcto"
Disp "Nota: pueden haber muchos pares correc-"
Pause "tos, esa es su elección"
ClrIO
maquina\kamaq() @factores Ka,Kb
ClrIO
maquina\c1maq() @factor C1
ClrIO
maquina\c3maq() @factor C3
EndIf
EndIf
Lbl con
ClrIO
Disp "Condición aplicación método simplificado"
Disp "Ka*Ft/b≥350 (N/mm)"
approx(6/(π)*1000000.*pp/(nn1*dd1))→fft
approx(kka*fft*10/bb)→con
Output 30,0,"Ft = "
Output 25,30,6/(π)
Output 30,40,char(183)
Output 30,45,10
Output 22,58,6
Output 30,62,char(183)
Output 30,70,"-----"
Output 22,82,"P"
Output 30,110,"(en daN)"
Output 38,70,"n1"&char(183)&"d1"
If getType(con)≠"NUM" Then
Disp ""
Disp "Falta por calcular b-d1 y/o Ka o bien"
Pause "no ha definido los datos de P y n1"
Goto pas7
EndIf

```



```

Disp  "Ft = "&string(fft)
Disp  ""
If con≥350 Then
Disp  "Se cumple la condición:"
Pause  string(cón)&" ≥ "&"350"
Else
Disp  "No se cumple la condición:"
Pause  string(con)&" < "&"350"
EndIf
ClrIO
Disp  "Cálculo del mínimo valor de σhlim"
Disp  "Según la ec. 217 de Lafont:"
Disp
σhlim0=√((6*1000000)*ze*(1/d1)*√(p*kb*kha*khβ*(u+1)/(b*n1*ç2*ç3*ç6*u))
zze*√(kkb*(pp/nn1)*(6/(π))*((uu+1)/uu)*1000000.*(kkhβ*kkha/(bb*dd1^2))
*(1/(cc2*cc3*cc6)))-σhlim0
If getType(σhlim0)≠"NUM" Then
Disp  "Falta por definir factores:"
Disp  "Ze, Kb, Khβ, Khα, C2, C3, C6 y/o"
Pause  "el cálculo de b y d1"
Goto  pas7
EndIf
Disp  "σhlim0 = "&string(σhlim0)
If acero=0 Then
If σhlim>σhlim0 Then
Disp  "El material escogido es Óptimo pues:"
Disp  "σhlim = "&string(σhlim)&" > "&"σhlim0 = "&string(σhlim0)
Else
Disp  "El material escogido presenta fallo:"
Disp  "σhlim = "&string(σhlim)&" < "&"σhlim0 = "&string(σhlim0)
EndIf
ElseIf acero=1 Then
Disp  "Busque un material con:"
Pause  "σhlim > "&string(σhlim0)
ClrIO
maquina\material() @material
EndIf
Pause
Goto  pas7
Lbl  kbf
ClrIO
Disp  "*FACTOR Kbf DE SERVICIO ANTE FALLO POR"
Disp  "ROTURA POR FATIGA EN LA BASE DEL DIENTE"
Disp  ""
Disp  "Se recomienda un valor un 40 % superior"
Disp  "a Kb, es decir: Kbf = Kb"&char(183)&"1.40"
1.4*kkb→kkbf
Disp  ""
If getType(kkbf)≠"NUM" Then
Pause  "Falta calcular Kb"
Goto  pas7
EndIf
Pause  "Kbf = "&string(kkbf)
Goto  pas7
Lbl  cb1
maquina\cb1maq() @factor CB1
Goto  pas7
Lbl  εα
maquina\eamaq() @recubrimientos
Goto  pas7

```

```

Lb1 cb2
maquina\cb2maq() @factor CB2
Goto pas7
Lb1 cb3
maquina\cb3maq() @factor CB3
Goto pas7
Lb1 cb4
maquina\cb4maq() @factor CB4
Goto pas7
Lb1 cb5
maquina\cb5maq() @factor CB5
Goto pas7
Lb1 cb6
maquina\cb6maq() @factor CB6
Goto pas7
Lb1 cb7
maquina\cb7maq() @factor CB7
Goto pas7
Lb1 pp
maquina\ppmaq() @potencia fallo II
Goto pas7
Lb1 resulmaq
maquina\resulmaq() @resultados
Goto pas7
Lb1 cal2
maquina\calmaq() @menú resultados
Goto pas7
Lb1 salir
DispHome
Else
ClrErr
Lb1 error
ClrIO
Output 0,0,"          A T E N C I Ó N"
Output 20,0,"Error en el programa por cierre indebido"
Output 30,0,"o fallo inesperado"
Output 40,0,"          P u e d e..."
Output 50,0,"1) Si ha llegado al Menú de resultados"
Output 60,0,"intente reactivar Autoeng"
Output 70,0,"2) Si tuvo la caída del programa antes"
Output 80,0,"de dicho menú, el programa deberá borrar"
Output 90,0,"todos los datos y reiniciar"
Pause
PopUp {"Intentar reactivar Autoeng","Borrar valores y reiniciar"},var
ClrIO
If var=2 Then
Output 40,0," El programa borrará todos los datos "
Output 50,0," para ejecutarse correctamente"
Output 60,0,""
maquina\borramaq() @borra datos
Output 70,0," Valores de datos previos borrados..."
Output 0,0,"PULSE UNA TECLA PARA REINICAR AUTOENG"
Pause
ClrIO
Goto inicio
Else
Goto inicio
EndIf
EndTry
EndPrgm

```

## Subprograma a1maq

### a1maq()

```

Prgm
ClrIO
Lbl a1
If var1=5 Then
If varm=2 or varm=3 Then
Disp "No sabemos Z2(II), ni u ni m(2)=m ≠ m(1)"
Else
Disp "No sabemos Z2(II), ni u pero m(2) = m(1)"
EndIf
Disp "En reductores:"
Disp "Z2(II) = Z2 > Z2(I) → Z2 > "&string(zz2i)
If (vaar3=1 or vaar3=2 or vaar3=3) and (varm=2 or varm=3) Then
Disp "Tenemos 3 incógnitas: m, Z2 y α'"
Disp "Modifique valores, pues no hay solución"
Disp "A continuación se borrarán todas las"
Disp "variables de este problema"
Disp "Salga del programa y vuelva e empezar"
maquina\borramaq()
Pause :ClrIO
Goto salir
DispHome
EndIf
EndIf
If var1=5
Pause :ClrIO
If getType(ββ)="NONE" and getType(ββb)="NUM" Then
Disp "*ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE REFERENCIA β"
Disp "De la ec. 62 de Lafont:"
Disp β=sin-1(sin(βb)/(cos(αn)))
approx(sin-1(sin(ββb)/(cos(αan))))→ββ
Pause "β = "&string(ββ)
ClrIO
EndIf
Disp "*DISTANCIA ENTRE CENTROS a' = r1' + r2'"
If etapa=1 Then
solve(mm=2*r1*cos(ββ)/zz1,r1)→rr1
solve(mm=2*r2*cos(ββ)/zz2,r2)→rr2
approx(part(rr1+rr2,2))→cnom
ElseIf etapa=2 Then
solve(mm1=2*r1*cos(ββ)/zz1i,r1)→r1i
solve(mm1=2*r2*cos(ββ)/zz2i,r2)→r2i
approx(part(r1i+r2i,2))→cnom1
solve(mm=2*r1*cos(ββ)/zz1,r1)→rr1
solve(mm=2*r2*cos(ββ)/zz2,r2)→rr2
approx(part(rr1+rr2,2))→cnom2
EndIf
Disp a'=(rb1+rb2)/(cos(α'))
Disp a'=(r1+r2)*(cos(α)/(cos(α'))))
Disp "a = Cnom = r1 + r2"
Output 75,0,r=m*z/2
Output 78,45,","
Output 74,60,r=rb/(cos(α))
Output 78,120,","
Output 80,135,r'=r
Output 80,170,char(183)

```

```

Output 74,180,cos( $\alpha$ )/(cos( $\alpha'$ ))
Pause :ClrIO
If etapa=1 Then
Disp  "*RADIOS PRIMITIVOS DE REFERENCIA r1,r2"
Disp  approx(rr1)
Disp  approx(rr2)
approx(part(rr1,2))→rr1
approx(part(rr2,2))→rr2
Disp  "a = Cnom = r1+r2 = "&string(cnom)
Disp  "*HOLGURA RADIAL"
Try
If aa_cnom Then
Disp  "a = a' → no hay holgura radial h"
ElseIf aa_cnom Then
Disp  "Existe holgura radial y vale:"
Disp  "h = a' - a = a' - Cnom"
EndIf
aa_cnom→hh
Pause  "h = "&string(hh)
ClrIO
If hh<0 Then
ClrIO
If getType(hhh_)≠"NONE" Then
Disp  "La holgura h<0 se debe a que el dentado"
Disp  "fallaba por penetración y fue corregido"
Pause  "A continuación se calcularán a' y  $\alpha'$ "
ClrIO
Else
ClrIO
Disp  "Ha introducido un valor para a' inco-"
Pause  "rrecto. Deberá introducir otro valor"
ClrIO
EndIf
Else
ClrErr
EndTry
ElseIf etapa=2 Then
Disp  "*RADIOS PRIMITIVOS REFERENCIA r1,r2"
Disp  "1a. Etapa"
Disp  string(approx(r1i))&" , "&string(approx(r2i))
If var1≠5 Then
approx(rr1)→rr1
approx(rr2)→rr2
EndIf
Disp  "2a. Etapa"
Disp  string(rr1|zz2=z2 and mm=m)&" , "&string(rr2|zz2=z2 and mm=m)
part(r1i,2)→r1i
part(r2i,2)→r2i
part(rr1,2)→rr1
part(rr2,2)→rr2
Disp  "*DISTANCIA CENTROS NOMINAL"
Disp  "a(1) = Cnom(1) = r1(1)+r2(1) = "&string(cnom1)
If var1=5
exact(cnom2)→cnom2
Pause  "a(2) = Cnom(2) = r1(2)+r2(2) = "&string(cnom2|zz2=z2 and mm=m)
ClrIO
EndIf
If var1=5 and etapa=2 and varm=1 Then
solve(cnom1=cnom2,zz2)|z2=zz2→ecua

```

```

Disp string(cnom1)&" = "&string(cnom2|zz2=z2 and mm=m)
part(ecua,2)→zz2
Disp "Resolviendo, queda: "
Disp "Dentado Rueda II etapa: Z2 = "&string(zz2)
approx(zz2/zz1)→uu
Disp "Coeficiente transmisión u:"
Pause "u = "&string(uu)
ClrIO
ElseIf var1=5 and etapa=2 and (varm=2 or varm=3) Then
solve(cnom1=cnom2 and zz2=zz2i,{mm})|z2=zz2→var
cnom1=cnom2|z2=zz2 and m=mm→ecua
part(part(var,1),2)→mm
solve(cnom1=cnom2 and z2=zz2i+1,{mm})→varr
part(part(varr,1),2)→mmm
If mmm<mm Then
m>mm→condi
1→condi1
Else
m<mm→condi
2→condi1
EndIf
Disp string(cnom1)&" = "&string(cnom2|zz2=z2 and mm=m and zz2>zz2i)
Disp "Resolviendo queda para m:"
Disp condi
If varm=2 or varm=3 Then
m≠mm1→condi2
Disp condi2
EndIf
Pause "Busquemos un módulo normalizado"
ClrIO
Disp "Normalización de m"
PopUp {"Serie I preferente","Series I & II","Series I & II &
III"},var
ClrIO
Output 40,0,"      Calculando m normalizado..."
1→iii
If condi1=1 Then
For iii,1,dim(expr("normam"&string(var)))
Try
If expr("normam"&string(var))[iii]<mm and
expr("normam"&string(var))[iii+1]≥mm Then
expr("normam"&string(var))[iii+1]→mm
If mm=mm1
expr("normam"&string(var))[iii+2]→mm
EndIf
Else
ClrErr
EndTry
EndFor
ElseIf condi1=2 Then
For iii,dim(expr("normam"&string(var))),1,-1
Try
If expr("normam"&string(var))[iii]>mm and
expr("normam"&string(var))[iii-1]≤mm Then
expr("normam"&string(var))[iii-1]→mm
If mm=mm1
expr("normam"&string(var))[iii-2]→mm
EndIf
Else
ClrErr

```

```

EndTry
EndFor
ClrIO
Disp "El módulo m normalizado es m = "&string(mm)
Disp "Despejando en:"
DelVar zz2
Disp ecua|mm=m and zz2=z2
part(solve(ecua,zz2)|mm=8,2)→zz2
Disp "Dentado rueda Z2 = "&string(zz2)
approx(zz2/zz1)→uu
Disp "Coef. de transmisión u = "&string(uu)
Disp "Aceptamos Z2, mientras que habrá que"
Disp "comprobar si m cumple el diseño"
Pause :ClrIO
EndIf
EndIf
If etapa=2 and var1≠5 Then
ClrIO
If cnom1>cnom2 Then
" > "→var
" superior "→iii
ElseIf cnom1<cnom2 Then
" < "→var
" inferior "→iii
ElseIf cnom1=cnom2 Then
" = "→var
" igual "→iii
EndIf
If vaar3=2 Then
Disp "Como Cnom(1) = "&string(cnom1)&var&"Cnom(2) = "&string(cnom2)
Disp "la 2a. etapa se montará a una distancia"
Disp "entre centros"&iii&"a su distancia "
Pause "entre centros nominal"
ClrIO
If iii=" inferior " Then
Disp "Pero esto no se puede dar, pues entonces:"
Disp "Como  $a' < Cnom \rightarrow r' < r$  y  $\alpha < \alpha'$ "
Disp "Se demuestra que es imposible porque:"
Disp  $\cos^{-1}(a'/cnom * \cos(\alpha n)) > 1$ 
Disp "El programa saldrá para que modifique"
Pause "los datos pertinentes"
Goto salir
EndIf
EndIf
Disp "*DISTANCIA ENTRE CENTROS a'=C Y SU RELA-"
Disp "CIÓN CON LA DE CENTROS NOMINAL a=Cnom"
Disp "La relación entre la distancia entre "
Disp "centros de las dos etapas era:"
If vaar3=1 Then
If (rr1+rr2)*cos(αn)>aa_ Then
Disp "El diseño es incorrecto, pues:"
Disp  $(r1+r2)*\cos(\alpha n) > a'$ 
Disp "Salga del programa y "
Pause "modifique el valor de a'"
Goto salir
EndIf
Pause "a'(2) = "&string(aa_)
ElseIf vaar3=2 Then
cnom1→aa_
cnom1-cnom2→hh

```

```

If (rr1+rr2)*cos(αan)>aa_ Then
Disp "El diseño es incorrecto, pues:"
Disp (r1+r2)*cos(αn)>a'
Disp "Salga del programa y "
Pause "modifique el valor de a'"
Goto salir
EndIf
Disp "a'(2) = Cnom(1) = "&string(aa_)
Pause "h (holgura) = Cnom1-Cnom2 → h = "&string(hh)
ElseIf vaar3=3 Then
Pause "a'(2) > Cnom(1) → a'(2) = Cnom(1) + h1"
ClrIO
Disp "Debe cuantificar la sobreholgura"
Input "h1 (sobreholgura) ?",hh1
ClrIO
cnom1+hh1→aa_
cnom1-cnomo2+hh1→hh
If (rr1+rr2)*cos(αan)>aa_ Then
Disp "El diseño es incorrecto, pues:"
Disp (r1+r2)*cos(αn)>a'
Disp "Salga del programa y "
Pause "modifique el valor de a'"
Goto salir
EndIf
Disp "a'(2) = Cnom(1) + h1 = "&string(aa_)
Disp "con h1 = "&string(hh1)
Disp "h (holgura) = Cnom1-Cnom2+h1"
Pause "h = "&string(hh)
ElseIf vaar3=4 Then
If cnomo1≠cnomo2 Then
Disp "Cnom1 = Cnom2"
Disp "Los cálculos indican que Cnom1 ≠ Cnom2"
Disp "El programa considerará que no hay re-"
Pause "lación entre centros a partir de ahora"
Goto vaar
EndIf
Disp "[a(I) = a(II)] = [Cnom1 = Cnom2] →"
Pause " → r1(I) + r2(I) = r1(II) + r2(II)"
ElseIf vaar3=5 Then
Disp "No conocemos a' ni ninguna relación"
Pause "Se calculará"
EndIf
EndIf
Lbl vaar
ClrIO
If getType(xx1)="NONE" Then
maquina\despmaq()
EndIf
Disp "*ÁNGULO PRESIÓN FUNCIONAMIENTO α' = αt'"
If getType(aa_)="NUM" Then
cos-1((rr1+rr2)*cos(αan)/aa_)→aat_
Disp α'=cos-1((r1+r2)*cos(α)/(a'))
Pause "α' = αt = "&string(aat_)
ElseIf getType(aa_)≠"NUM" and etapa=2 and (vaar3=1 or vaar3=4 or
vaar3=5) or getType(aa_)≠"NUM" and etapa=1 and vaar3=2 Then
Output 40,0,"Inv(α') = "
Output 33,60,2*(x1+x2)/(z1+z2)
Output 40,120,char(183)&"tan(α)+Inv(α)"
Output 80,0,"Calculando α'. Espere..."
zeros(2*((xx1+xx2)/(zz1+zz2))*tan(αan)+tan(αan)-αan-tan(α)+α,α)→var

```

```

1→iii
For iii,1,dim(var)
If var[iii]>10 and var[iii]<30
var[iii]→aat_
EndFor
Output 80,0," "
Output 60,0,"α' = αt' = "&string(aat_)
Disp "*DISTANCIA ENTRE CENTROS α' = C"
(rr1+rr2)*cos(αan)/(cos(aat_))→aa_
Pause "α' = "&string(aa_)
EndIf
If string(aat_)="undef" Then
Disp "Probablemente,definió incorrectamente α'"
Disp "pues (r1+r2)*cos(αn) > α'"
Disp "Salga del programa y redefina los datos"
Pause :ClrIO
maquina\borramaq()
Goto salir
EndIf
ClrIO
Disp "*RADIO PRIMITIVOS DE FUNCIONAMIENTO"
rr1*cos(αan)/(cos(aat_))→rr1_
rr2*cos(αan)/(cos(aat_))→rr2_
Disp "r1' y r2' PARA LA 2a. ETAPA"
Disp ""
Disp "r1' = "&string(rr1_)
Disp "r2' = "&string(rr2_)
Pause :ClrIO
If vaar3=4 and varm=3 and var1=5 Then
Disp "*RADIO r2 PRIMITIVO REFERENCIA II ETAPA"
Disp "r2 = "&string(rr2)
Disp ""
Disp "*DISTANCIA CENTROS NOMINAL II ETAPA"
Disp "α = "&string(cnom2)
Pause :ClrIO
EndIf
If etapa=2 Then
Disp "*VELOCIDAD GIRO EJE INTERMEDIO n1"
Disp "vb = w1"&char(183)&"r1'"&char(183)&"cos(α') = "
w2"&char(183)&"r2'"&char(183)&"cos(α') →"
Disp "→ n"&char(183)&"r1' = n1"&char(183)&"r2'"
Disp n1=n*r1(1)/(r2(1))
approx(nn*r1i/r2i)→nn1
Pause "n1 (rpm) (II etapa) = "&string(nn1)
EndIf
Goto salir2
Lbl salir
DispHome
Lbl salir2
EndPrgm

```

---

## Subprograma a2maq

**a2maq()**



```

Prgm
Disp "*RADIO DE CABEZA ra1,ra2"
Disp "La holgura radial era h = "&string(hh)
Output 70,0,"Si tiene holgura puede calcularla sin"
Output 80,0,"la misma. No obstante, si h = 0 no ha-"
Output 90,0,"brá holgura aunque ponga que la halla"
PopUp {"Con Holgura Radial","Sin holgura"},varx
ClrIO
If getType(xx1)="NONE" Then
Disp "A continuación calcularemos los despla-"
Disp "zamientos x1, x2..."
maquina\despmaq()
EndIf
If varx=1 Then
rr1+mm*(aa+xx1)+hh→rra1
rr2+mm*(aa+xx2)+hh→rra2
Disp "ra = r+m*(a+x)+h = r+ha+h"
ElseIf varx=2 Then
Disp "ra = r+m*(a+x) = r+ha"
rr1+mm*(aa+xx1)→rra1
rr2+mm*(aa+xx2)→rra2
EndIf
Disp "ra = radio de cabeza (ra1,ra2)"
Disp "r = radio primitivo referencia (r1,r2)"
Disp "a = addendo , x = desplazamiento (x1,x2)"
Disp "ha = altura de cabeza"
If varx=1 Then
Disp "*RADIO DE CABEZA CON HOLGURA RADIAL"
Else
Disp "*RADIO DE CABEZA SIN HOLGURA RADIAL"
EndIf
Disp "ra1 = "&string(approx(rra1))
Pause "ra2 = "&string(approx(rra2))
ClrIO
DelVar varx
EndPrgm

```

## Subprograma a3maq

### a3maq()

```

Prgm
If (etapa=1 and eng=2) or (etapa=2 and eng2=2) Then
Disp "*ÁNGULO DE PRESIÓN DE REFERENCIA TRANS-"
Disp "VERSAL  $\alpha_t$ "
Disp "De la ec. 64 de Lafont, hallamos  $\alpha_t$ :"
Output 40,0,cos( $\beta$ )=tan( $\alpha_n$ )/(tan( $\alpha_t$ ))
Output 46,100,"→"
Output 40,115, $\alpha_t$ =tan-1(tan( $\alpha_n$ )/(cos( $\beta$ )))
approx(tan-1(tan( $\alpha_n$ )/(cos( $\beta$ ))))→ $\alpha_{at}$ 
Disp ""
Pause " $\alpha_t$  = "&string( $\alpha_{at}$ )
ClrIO
Disp "*RADIOΣ BÁSICOS  $r_{b1}, r_{b2}$ "
Disp " $r_b=r*\cos(\alpha_t)$  ( $r_1, r_2$ )"
 $r_{r1}*\cos(\alpha_{at})$ → $r_{rb1}$ 
 $r_{r2}*\cos(\alpha_{at})$ → $r_{rb2}$ 
ElseIf (etapa=1 and eng=1) or (etapa=2 and eng2=1) Then
Disp "*RADIOΣ BÁSICOS  $r_{b1}, r_{b2}$ "
Disp " $r_b=r*\cos(\alpha_n)$  ( $r_1, r_2$ )"
 $r_{r1}*\cos(\alpha_n)$ → $r_{rb1}$ 
 $r_{r2}*\cos(\alpha_n)$ → $r_{rb2}$ 
EndIf
Disp ""
Disp " $r_{b1}$  = "&string(approx( $r_{rb1}$ ))
Pause " $r_{b2}$  = "&string(approx( $r_{rb2}$ ))
EndPrgm

```

---

## Subprograma a5maq

### a5maq()

```

Prgm
Disp  "*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon\alpha$ "
Disp  "Vea la ecuación con las flechas"
Disp  ""
Pause  expand(propFrac( $\epsilon\alpha$ =propFrac(1/(2 $\pi$ )*(z1* $\sqrt{((ra1/rb1)^2-1)+z2*\sqrt{((ra2/rb2)^2-1)-zt*tg(\alpha t)}$ )),{z1,z2}))
ClrIO
Disp  "*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon\alpha$ "
Disp  ""
1/(2 $\pi$ )*(zz1* $\sqrt{((rra1/rrb1)^2-1)+zz2*\sqrt{((rra2/rrb2)^2-1)-zzt*\tan(\alpha t)}$ ))|zzt=zz1+zz2+ $\epsilon\epsilon\alpha$ 
Disp  " $\epsilon\alpha$  = "&string(approx( $\epsilon\epsilon\alpha$ ))
Disp  ""
If  $\epsilon\epsilon\alpha > 1$  Then
Disp  "Como  $\epsilon\alpha > 1$ , existe continuidad en la"
Disp  "conducción, por lo menos en un par de"
Disp  "dientes"
ElseIf  $\epsilon\epsilon\alpha = 1$  Then
Disp  "Como  $\epsilon\alpha = 1$ , el contacto de un par de"
Disp  "dientes empieza cuando acaba el anterior"
ElseIf  $\epsilon\epsilon\alpha < 1$  Then
Disp  "Como  $\epsilon\alpha < 1$ , se rompe la continuidad del"
Disp  "movimiento, hay un intervalo paso-arco"
Disp  "de conducción en el que las ruedas no"
Disp  "conducen"
EndIf
Pause  :ClrIO
EndPrgm

```

---

## Subprograma apunmaq

### apunmaq()

```

Prgm
Lbl  apuntam
If getType(rra1)="NONE" Then
pause "Calcule antes los radios de cabeza"
goto salir
ElseIf getType(rrb1)="NONE" Then
pause "Calcule antes los radios básicos"
goto salir
ElseIf getType(rr)="NONE" Then
Disp  "No definió adendo, dedendo y radio de"
Disp  "cabeza. Defínalos ahora"
Disp  ""
Lbl  aa
Input "adendo (factor de ha) ?",aa
If getType(aa)!="NUM"
Goto aa
Lbl  dd
Input "dedendo (factor de hf) ?",dd
If getType(dd)!="NUM"
Goto dd
Lbl  rr
Input "radio acuerdo cabeza (factor de c) ?",rr
If getType(rr)!="NUM"
Goto rr

```

```

EndIf
clrIO
Disp "*APUNTAMIENTO PIÑÓN-RUEDA?"
Disp "Vea la ecuación con las flechas"
Pause propFrac(-2*tan-1(√(ra2/rb2-1))*π/180)-2*√(ra2/rb2-1)+π/z+4*x/z*tg(αn)+2*(tg(αt)-αt*π/180)>c/ra,{αt})
ClrIO
Disp "*APUNTAMIENTO PIÑÓN-RUEDA?"
If (etapa=1 and eng=1) or (etapa=2 and eng2=1) Then
αat=αan→condi
ElseIf (etapa=1 and eng=2) or (etapa=2 and eng2=2) Then
αat≠αan→condi
EndIf
If (etapa=1 and eng=1) or (etapa=2 and eng2=1) Then
Disp "(Se considera αt=αn)"
EndIf
π/zz1+4*xx1/zz1*tan(αan)+2*(tan(αat)-αat*π/180)-2*(√(rra12/rrb12-1)-tan-1(√(rra12/rrb12-1))*π/180)|condi→var1a
rr*mm/rra1→var1b
Disp ""
If var1a>var1b Then
Disp "No hay apuntamiento en piñón:"
Disp string(approx(var1a))&" > "&string(approx(var1b))
Else
Disp "Existe apuntamiento en piñón:"
Disp string(approx(var1a))&" < "&string(approx(var1b))
EndIf
π/zz2+4*xx2/zz2*tan(αan)+2*(tan(αat)-αat*π/180)-2*(√(rra22/rrb22-1)-tan-1(√(rra22/rrb22-1))*π/180)|condi→var2a
rr*mm/rra2→var2b
Disp ""
If var2a>var2b Then
Disp "No hay apuntamiento en rueda:"
Disp string(approx(var2a))&" > "&string(approx(var2b))
Else
Disp "Existe apuntamiento en rueda:"
Disp string(approx(var2a))&" < "&string(approx(var2b))
EndIf
Pause
ClrIO
If var1a<var1b or var2a<var2b Then
Disp "Existe un diseño no válido por apunta-"
Disp "miento que se intentará corregir median-"
Disp "te un desplazamiento para que a' sea"
Disp "igual a Cnom. Como se cumple:"
Disp "C = r1+x1"&char(183)&"m+r2+x2"&char(183)&"m = r1+r2+xt"&char(183)&"m"
Disp "pues xt = x1+x2, despejando queda:"
(aa-rr1-rr2)/mm→xxt
Disp "SUMA DE COEFICIENTES DE DESPLAZAMIENTO"
Pause "xt = "&string(xxt)
EndIf
ClrIO
If var1a<var1b and var2a>var2b Then
Disp "Al haber solo apuntamiento en piñón, el"
Disp "desplazamiento xt se aplica solo a x1"
xxt→xx1
0→xx2
Disp "x1 = "&string(xx1)
Pause "x2 = 0"

```

```

ElseIf var1a>var1b and var2a<var2b Then
Disp "Al haber solo apuntamiento en rueda, e1"
Disp "desplazamiento xt se aplica solo a x2"
xxt→xx2
Ø→xx1
Disp "x1 = Ø"
Pause "x2 = "&string(xx2)
ElseIf var1a<var1b and var2a<var2b Then
Disp "Al haber apuntamiento tanto en piñón"
Disp "como en rueda, se reparte xt entre"
Disp "x1 y x2"
xxt/2→xx1
xxt/2→xx2
Disp "x1 = "&string(xx1)
Pause "x2 = "&string(xx2)
EndIf
ClrIO
If var1a>var1b and var2a>var2b
Goto salir
Disp "Se calculan los nuevos RADIOS DE CABEZA"
Disp "ra = r + ha = r + m(a+x)"
rr1+mm*(aa+xx1)→rra1
rr2+mm*(aa+xx2)→rra2
Disp "ra1 = "&string(rra1)
Disp "ra2 = "&string(rra2)
Pause :ClrIO
Disp "A continuación se comprobará nuevamente"
Disp "la condición de apuntamiento"
Pause "Pulse 'ENTER' para seguir"
ClrIO
Goto apuntam
Lbl salir
EndPrg

```

---

## Subprograma bd1maq

### bd1maq()

```

Prgm
ClrIO
Lbl bd1
Try
If getType(ppt)≠"NONE" and ppt<pp and vaar1=1 Then
Goto iterar
EndIf
If getType(kkha)="NONE" Then
Disp "Debe calcular primero Kha"
Pause "Pulse 'ENTER' para continuar"
Goto salir
EndIf
Output 7Ø,Ø,"Tipo Acero para orientación en elección"
Output 8Ø,Ø,"de razón b/d1 según Niemann (fig.96)"
PopUp {"Normalizado HB<18Ø","Templado y Revenido",
HB>2ØØ","Cementado","Nitruado","Piñón en voladizo"},var
ClrIO
If var=1 Then
"b/d1≤1.6"→niemann

```

```

ElseIf var=2 Then
  "b/d1≤1.4"→niemann
ElseIf var=3 Then
  "b/d1≤1.1"→niemann
ElseIf var=4 Then
  "b/d1≤0.8"→niemann
ElseIf var=5 Then
  "b/d1≤0.7"→niemann
EndIf
Disp "La orientación de Niemann según el mate-"
Pause "rial es: "&niemann
ClrIO
Disp "Relaciones b/d1"
Disp ""
Disp "Con la fig. 95 de Lafont se obtiene b"
Disp "partiendo de C4, Khα, b/d1, ISO"
Disp "Esta gráfica doble logarítmica se ha"
Disp "calculado analíticamente, por lo que"
Disp "se calcula de forma directa"
Pause
ClrIO
1→iii
.75→bd1
bd1→#("bd1"&string(iii))
Disp "Khα="&string(kkhα)&", C4="&string(cc4)&",
b/d1≤"&string(part(expr(niemann),2))
Disp "Valores correctos de relación b/d1"
While part(expr(niemann),2)>bd1
Disp "b/d1="&string(bd1)
#("bd1"&string(iii))+.25→bd1
iii+1→iii
bd1→#("bd1"&string(iii))
EndWhile
iii-1→num
Disp "Valor incorrecto de relación: b/d1="&string(bd1)
Disp "(no cumple la recomendación de Niemann)"
Pause :ClrIO
@calculo de b
1→iii
For iii,1,num
#("bd1"&string(iii))→bd1
If vaar1=2
Goto conmod
ClrIO
If cc4≥.01 and cc4<.1 Then
1→c4min
2.8676415798139→pte
ElseIf cc4≥.1 Then
2→c4min
3.005→pte
EndIf
If kkhα=1 Then
If c4min=1 Then
.01→yo
ElseIf c4min=2 Then
.1→yo
EndIf
ElseIf kkhα=1.1 Then
If c4min=1 Then
.009→yo

```

```
ElseIf c4min=2 Then
.09→yo
EndIf
ElseIf kkhα=1.2 Then
If c4min=1 Then
.008→yo
ElseIf c4min=2 Then
.08→yo
EndIf
EndIf
If c4min=1 Then
If bd1=.75 and (iso=5 or iso=6) Then
18.5→xo
ElseIf bd1=.75 and iso=7 Then
19.2→xo
ElseIf bd1=.75 and iso=8 Then
19.8→xo
ElseIf bd1=1 and (iso=5 or iso=6) Then
23.5→xo
ElseIf bd1=1 and iso=7 Then
24.3→xo
ElseIf bd1=1 and iso=8 Then
25→xo
ElseIf bd1=1.25 and (iso=5 or iso=6) Then
28.2→xo
ElseIf bd1=1.25 and iso=7 Then
28.9→xo
ElseIf bd1=1.25 and iso=8 Then
29.7→xo
ElseIf bd1=1.5 and (iso=5 or iso=6) Then
32→xo
ElseIf bd1=1.5 and iso=7 Then
33→xo
ElseIf bd1=1.5 and iso=8 Then
34→xo
ElseIf bd1=1.75 and (iso=5 or iso=6) Then
37→xo
ElseIf bd1=1.75 and iso=7 Then
38→xo
ElseIf bd1=1.75 and iso=8 Then
39→xo
ElseIf bd1=2 and (iso=5 or iso=6) Then
43→xo
ElseIf bd1=2 and iso=7 Then
44→xo
ElseIf bd1=2 and iso=8 Then
45→xo
EndIf
ElseIf c4min=2 Then
If bd1=.75 and (iso=5 or iso=6) Then
42.5→xo
ElseIf bd1=.75 and iso=7 Then
44→xo
ElseIf bd1=.75 and iso=8 Then
45→xo
ElseIf bd1=1 and (iso=5 or iso=6) Then
51.5→xo
ElseIf bd1=1 and iso=7 Then
53.3→xo
ElseIf bd1=1 and iso=8 Then
```

```

54.8→xo
ElseIf bd1=1.25 and (iso=5 or iso=6) Then
60→xo
ElseIf bd1=1.25 and iso=7 Then
62→xo
ElseIf bd1=1.25 and iso=8 Then
64→xo
ElseIf bd1=1.5 and (iso=5 or iso=6) Then
70→xo
ElseIf bd1=1.5 and iso=7 Then
73→xo
ElseIf bd1=1.5 and iso=8 Then
76→xo
ElseIf bd1=1.75 and (iso=5 or iso=6) Then
80→xo
ElseIf bd1=1.75 and iso=7 Then
83.5→xo
ElseIf bd1=1.75 and iso=8 Then
87→xo
ElseIf bd1=2 and (iso=5 or iso=6) Then
92.5→xo
ElseIf bd1=2 and iso=7 Then
95.5→xo
ElseIf bd1=2 and iso=8 Then
98.5→xo
EndIf
EndIf
@valores pendiente
@((log(yy1)-log(yo))/(log(x1)-log(xo))→pte
@2.8676415798139→pte
@3.005→pte
@log(cc4)-log(yo)=(log(yy1)-log(yo))/(log(x1)-log(xo))*(log(b)-
log(xo)) recta de calculo
Lbl conmod
Disp "Con la relación: b/d1="&string(bd1)&" ("&string(iii)&)"
If vaar1=2
Goto conmod2
Disp "Recta asociada a fig.95:"
Disp factor(part(solve(log(cc4)-log(y0)=pte*(log(b)-log(x0)),b),1),x0)
Output 32,132," , xo="&string(xo)&" , "&yo="&string(yo)
Disp ""
solve(log(cc4)-log(yo)=pte*(log(b)-log(xo)),b)→#("b"&string(iii))
Lbl conmod2
Disp "El ancho del diente es:"
If vaar1=2 Then
#("bd1"&string(iii))*dd1→#("b"&string(iii))
Disp "b = "&string(#("b"&string(iii)))
Goto conmod3
EndIf
Disp "b = "&string(part(#("b"&string(iii)),2))&" ("&string(iii)&)"
part(#("b"&string(iii)),2)/(#("bd1"&string(iii))→#("d1"&string(iii))
Disp "El diámetro d1 es:"
Lbl conmod3
If vaar1=2 Then
Pause "d1 = "&string(dd1)&" (no varía)"
ClrIO
Goto conmod4
EndIf
Pause "d1 = "&string(#("d1"&string(iii)))&" ("&string(iii)&)"
Lbl conmod4

```



```

EndFor
ClrIO
Disp "Cálculo de b con volumen mínimo"
Disp  $v = \pi \cdot d_1^2 / 4 \cdot b$ 
{}→listavv
1→iii
For iii,1,num
If vaar1=2 Then
 $\pi \cdot dd_1^2 \cdot \#("b" \& \text{string}(iii)) \cdot 1.E^{-9/4} \rightarrow \#("vv" \& \text{string}(iii))$ 
Goto conmod5
EndIf
 $\pi \cdot (\#("d_1" \& \text{string}(iii)))^2 \cdot \text{part}(\#("b" \& \text{string}(iii)), 2) \cdot 1.E^{-9/4} \rightarrow \#("vv" \& \text{string}(iii))$ 
Lbl conmod5
augment(listavv, {#("vv" & string(iii))})→listavv
Disp "V"&string(iii)&" = "&string(#("vv"&string(iii)))
EndFor
1→iii
For iii,1,num
If min(listavv)=listavv[iii] Then
Lbl conmod5
If vaar1=2 Then
#("b"&string(iii))→bb
Goto conmod6
EndIf
part(#("b"&string(iii)),2)→bb
Lbl conmod6
Disp ""
Pause "El volumen mínimo es V"&string(iii)
ClrIO
Disp "Los cálculos dimensionales obtenidos son"
Disp ""
Disp "Anchura del diente:"
Disp "b = "&string(bb)&" ("&string(iii)&")"
If vaar1=2
Goto conmod7
#("d1"&string(iii))→dd1
Lbl conmod7
Disp ""
Disp "Diámetro del piñón:"
Disp "d1 = "&string(dd1)
EndIf
EndFor
Pause :ClrIO
If vaar1=2
Goto conmod8
Disp "Cálculo del módulo del piñón mn"
Disp  $mn = d_1 / z_1 \cdot \cos(\beta)$ 
approx(dd1/zz1*cos(ββ))→mm
Disp "mn = m = "&string(mm)
Disp ""
Disp "El Normalizado de m se hace con la fig.3"
Disp "Seleccione qué series normalizadas desea"
Disp "escoger para la elección de m"
Pause :ClrIO
Lbl iterar
If getType(ppt)≠"NONE" and ppt<pp and vaar1=1 Then
Disp "Como el diseño no es válido con m = "&string(mm)
Disp "se buscará un módulo superior normali-"
Disp "zado de la serie deseada, realizando"

```

```

Disp "una iteración hasta encontrar un valor"
Disp "correcto para evitar el fallo por fa-"
Pause "tiga superficial (picadura)"
ClrIO
mm+.1→mm
EndIf
Disp "Normalización de m"
PopUp {"Serie I preferente","Series I & II","Series I & II & III"},var
ClrIO
Output 40,0,"      Calculando m normalizado..."
1→iii
For iii,1,dim(expr("normam"&string(var)))
Try
If
    expr("normam"&string(var))[iii]<mm
    and
    expr("normam"&string(var))[iii+1]≥mm Then
    expr("normam"&string(var))[iii+1]→mm
EndIf
Else
ClrErr
EndTry
EndFor
Lbl conmod8
ClrIO
Disp "El módulo m normalizado es m = "&string(mm)
If vaar1=2 Then
Disp "Dimensiones del engranaje con m fijo"
Disp "mn = m = "&string(mm)
Disp "b = "&string(bb)
Disp "d1 = "&string(dd1)
Goto conmod9
EndIf
Disp "Nuevas dimensiones del engranaje b=cte"
approx(mm*zz1/(cos(ββ)))→dd1
Disp "mn = m = "&string(mm)
Disp "b = "&string(bb)
If ceiling(bb)-bb>.5 Then
int(bb)→bb
Else
ceiling(bb)→bb
EndIf
Disp "b (redondeado)= "&string(bb)
Pause "d1 = "&string(dd1)
dd1/2→rr1
ClrIO
Disp "Nueva relación b/d1 = "&string(bb/dd1)
Lbl conmod9
Disp "Nueva velocidad tang. vt1 = "&string(approx(π*nn1*dd1/60000))
Disp ""
If vaar1≠2 Then
Disp "A continuación se calculará nuevamente"
Pause "el factor C3"
ClrIO
maquina\c3maq()
EndIf
ClrIO
Disp "A continuación se calculará el"
Disp "factor Khβ y luego se calculará"
Pause "nuevamente el factor C4"
ClrIO
maquina\khbmaq()

```

```

ClrIO
maquina\c4maq()
Else
ClrErr
clio
Disp "No ha definido anteriormente variables:"
Disp "pruebe a calcular C4 o realice el cál-"
Disp "culo siguiendo el orden"
Disp "Si no definió al principio P ni n1,"
Pause "hágalo al iniciar el cálculo de C4"
ClrIO
EndTry
Lbl salir
EndPrgm

```

---

## Subprograma borramaq

### borramaq()

```

Prgm
1→iii
For iii,1,30
DelVar #("fila"&string(exact(iii)))
EndFor
1→iii
For iii,1,14
DelVar #("lista"&string(exact(iii)))
DelVar #("mat"&string(exact(iii)))
EndFor
DelVar aa,aa_,acero,b1,b2,b3,b4,bb,bd1,bd11,bd12,bd13,bd14,bd15,
c3iso5,c3iso7,c4min,cc1,cc2,cc3,cc4,cc5,cc6,ccb1,ccb2,ccb3,ccb4,ccb5,
ccb6,ccb7,cnom,cnom1,cnom2,con,condi,condi1,condi2,curva,dd,d11,d12,
d13,d14,d15,datmat,datmat0,datmat1,datmat2,datnie,datx1,datx2,daty1,
daty2,datz,dd1,ecua,ee1,ee2,eiii,eng,eng1,eng2,etapa,f1,f2,factorc3,
fallo1,fallo2,fc3,ff,fft,fiab,gaga,gfgf,gga,ggf,ggg,hh,hhh,hhh_,hh1,
iii,iji,iso,jjj,kk350,kka,kkb,kkbf,kkfa,kkfβ,kkhα,kkhβ,kkk,kkv,lista,
listavv,llef,matc2,maq1,maq2,maxvt1,mm,mm1,mmm,mmm1,mmm2,niemann,nn1,
normam1,normam2,normam3,nn,nn2,num,piñon,pp,ppt,pqt,pte,recta,resc3,
r1i,r2i,rr,rr1,rr2,rr1_,rr2_,rra1,rra2,rrb1,rrb2,tip01,tip011,tipozz1,
uu,uui,vaar1,vaar2,vaar3,var1a,var1b,var2a,var2b,varm,varp,v1,v2,v3,
v4,var,varr,var1,var2,var3,varpro,varq,vv1,vv2,vv3,vv4,vv5,vvt1,x1x1,
x110,x111,x112,x113,x114,x115,x116,x117,x118,x119,x120,x121,x122,x123,
x124,x125,x126,x127,x128,x129,x130,x135,x140,x145,x210,x211,x212,x213,
x214,x215,x216,x217,x218,x219,x220,x221,x222,x223,x224,x225,x226,x227,
x228,x229,x230,xo,xx,txt,xx1,xx11,xx2,xx20,xx21,xxx0,xxx01,xxx02,
xxx03,xxx04,xxx05,xxx06,xxx07,xxx08,xxx1,xxx2,xxx_01,xxx_02,xxx_03,
xxx_04,xxx_05,x,yfsmat0,yfsmat1,yo,yyfs,yyfs0,yyfs1,yyβ,yyε,zx1,zx2,
zz1,zz2,zze,zz1i,zz2i,zzn1,zzn11,zzn12,zzn2,zx,aa,aa_,aat,aat_,ββ,ββb,
ββ1,εεα,εεαn,εεβ,εεY,Y1,Y2,σσflim,σσhlim,σσhlim0
EndPrgm

```

## Subprograma c1maq

### c1maq()

```
Prgm
ClrIO
Disp  "*FACTOR C1"
If getType(nn1)="NONE" and etapa=2 Then
approx(nn*(zz1i/zz2i))→nn1
approx(zz2/zz1)→uu
ElseIf getType(uu)="NONE" Then
approx(zz2/zz1)→uu
EndIf
approx( $\pi/6$ *nn1*uu/(uu+1))→cc1
Output  15,0,"C1="
Output  10,20, $\pi/6$ 
Output  15,30,char(183)
Output  15,37,"n1"
Output  15,49,char(183)
Output  10,56,u/(u+1)
Disp  u=zz2/z1
Disp  ""
Disp  u=uu
Pause  "C1 = "&string(cc1)
EndPrgm
```

---

## Subprograma c2maq

### c2maq()

```
Prgm
ClrIO
Disp  "*FACTOR C2"
Output  15,0,"C2="
Output  10,20,1/(zh^2*ze^2*zβ^2)
Disp  "Aunque puede obtenerse por la ecuación,"
Disp  "se calcula por la fig. 89 de Lafont"
Disp  "El programa lo calcula con tablas deri-"
Disp  "vadas de dicha figura"
If ββ=0 Then
If aan=20 Then
0.21→cc2
ElseIf aan=25 Then
0.23→cc2
EndIf
Goto  pasac2
EndIf
1→iii
For  iii,1,30
If int(ββ)=iii Then
If aan=20 Then
matc2[iii,2]→cc2
ElseIf aan=25 Then
matc2[iii,3]→cc2
EndIf
EndIf
EndFor
Lbl  pasac2
Pause  "C2 = "&string(cc2)
EndPrgm
```

---

## Subprograma c3maq

### c3maq()

```

Prgm
Lbl c3
Disp  "*FACTOR DEPENDIENTE DE LA VELOCIDAD C3"
Output 17,0,"C3="
Output 10,20,"Zv²"
Output 17,20,"---"
Output 25,20,"Kv"
Disp  "Se hará por la fig. 90 de Lafont"
Disp  "con tablas de puntos para C3 obtenidas"
Disp  "tomando puntos de la misma"
Disp  "Zv=factor de velocidad"
Pause  "Kv=factor dinámico"
ClrIO
If getType(mm)="NONE" or getType(rr1)="NONE" Then
Disp  "No se sabe r1, suponemos vt1"
Input  "vt1 (en m/s) ?",vvt1
Else
approx(2*π*nn1/60*(rr1/1000))→vvt1
EndIf
ClrIO
Disp  "Tenemos:"
Disp  "vt1 = "&string(approx(vvt1))
Disp  "Z1  = "&string(approx(z1))
Disp  "ISO = "&string(approx(iso))
Disp  "De la fig. 90, se obtiene:"
If int(vvt1)=0 Then
If iso=5
0.9→cc3
If iso=7
0.81→cc3
EndIf
If iso=5
50→maxvt1
If iso=7
35→maxvt1
If zz1<20 or zz1>30 Then
"mediante extrapolación de la tabla"→resc3
ElseIf zz1=20 or zz1=25 or zz1=30 Then
"por lectura directa de la tabla"→resc3
Else
"mediante interpolación de la tabla"→resc3
EndIf
If zz1<20 or zz1>20 and zz1<25 Then
20→datx1
25→datx2
2→jjj
2→tipozz1
ElseIf zz1>30 or zz1>25 and zz1<30 Then
25→datx1
30→datx2
3→jjj
2→tipozz1
ElseIf zz1=20 Then
1→tipozz1
2→jjj
ElseIf zz1=30 Then
1→tipozz1
2→jjj

```

```

3→jjj
ElseIf zz1=40 Then
1→tipozz1
4→jjj
EndIf
1→iii
For iii,1,maxvt1
If int(vvt1)=iii Then
If tipozz1=1 Then
expr("c3iso"&string(iso))[iii,jjj]→cc3
Goto salc3
ElseIf tipozz1=2 Then
(zz1-datx1)*((expr("c3iso"&string(iso))[iii,jjj+1]-
expr("c3iso"&string(iso))[iii,jjj])/(datx2-
datx1))+expr("c3iso"&string(iso))[iii,jjj]→cc3
Goto salc3
EndIf
EndIf
EndFor
Lbl salc3
Disp "C3 (helicoidal)="&string(cc3)
Disp resc3
Pause "según los datos tomados de la fig."
ClrIO
If etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2 Then
Disp "Al ser el dentado helicoidal, el factor"
Disp "no se corrige"
Disp "C3 ="&string(cc3)
ElseIf etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1 Then
ClrIO
Disp "Como el dentado es recto se corrige por"
Disp "el factor de la tabla de la fig. 90 b:"
Disp factorc3
Disp "Interpolando con vvt1*zz1/100 = f ="
Disp(string(approx(vvt1*zz1/100)))
Disp "e ISO ="&string(iso)&" ,resulta:"
If iso=5 Then
2→iii
Else
3→iii
EndIf
If vvt1*zz1/100<1 Then
factorc3[iii,2]→fc3
Goto pasfc3
ElseIf vvt1*zz1/100>1 and vvt1*zz1/100<2 Then
2→jjj
ElseIf vvt1*zz1/100>2 and vvt1*zz1/100<4 Then
3→jjj
ElseIf vvt1*zz1/100>4 and vvt1*zz1/100<6 Then
4→jjj
ElseIf vvt1*zz1/100>6 and vvt1*zz1/100<8 Then
5→jjj
ElseIf vvt1*zz1/100>8 and vvt1*zz1/100<10 Then
6→jjj
ElseIf vvt1*zz1/100>10 Then
factorc3[iii,7]→fc3
Goto pasfc3
EndIf

```

```

(vvt1*zz1/100-factorc3[1,jjj])*(factorc3[iii,jjj+1]-
factorc3[iii,jjj])/(factorc3[1,jjj+1]-
factorc3[1,jjj])+factorc3[iii,jjj]→fc3
Lbl pasfc3
Disp "Factor corrector = "&string(fc3)
Pause :ClrIO
Disp "El factor C3 corregido será:"
Disp "C3=C3(helic)/factor"
cc3/fc3→cc3
Disp "C3="&string(cc3)
EndIf
Pause
EndPrgm

```

---

## Subprograma c4maq

### c4maq()

```

Prgm
Lbl c4
ClrIO
If getType(bb)="NONE" Then
kkb*pp/(cc1*cc2*cc3*cc5*cc6)→cc4
Disp "*FACTOR DE VOLUMEN DE EJECUCIÓN C4 "
Disp "(por la expresión de Potencia)"
Output 35,0,"C4 ="
Output 35,30,"-----"
Output 28,60,"Kb"&char(183)&"P"
Output
42,30,"C1"&char(183)&"C2"&char(183)&"C3"&char(183)&"C5"&char(183)&"C6"
If getType(cc4)≠"NUM" Then
Disp ""
Disp "Debe calcular primero C5 y/o C6"
Pause "No olvide tampoco: C1,C2,C3 ni Kb"
Goto salir
EndIf
Else
1E-006*bb*dd1^2/(kkhα*kkhβ)→cc4
Disp "*FACTOR DE VOLUMEN DE EJECUCIÓN C4 "
Disp "(por la expresión normal)"
Output 35,0,"C4 = 10"
Output 28,40,"-6"
Output 25,65,"b"&char(183)&"d1²"
Output 35,52,"-----"
Output 45,60,"Khβ"&char(183)&"Kha"
If getType(cc4)≠"NUM" Then
Disp ""
Disp "Debe calcular primero la relación b/d1"
Pause "para obtener b,d1 y/o factores Kha y Khβ"
Goto salir
EndIf
EndIf
Pause "C4 = "&string(cc4)
Lbl salir
EndPrgm

```

---

## Subprograma c5maq

### c5maq()

```

Prgm
ClrIO
Disp  "*FACTOR DE ELASTICIDAD Ze"
Output  26,0,"Ze ="
Output  20,30,1/(√(π*((1-γ1^2)/e1+(1-γ2^2)/e2)))
Disp  ""
Disp  "γ = módulo Poissón"
Disp  "e = E = módulo Joung"
Pause  :ClrIO
Disp  "Defina los parámetros para Ze"
Output  80,0,"E1 y E2 en daN/mm²"
PopUp  {"γ1=γ2=0.3 y E1=E2=207*10²","Definir γ1,γ2,E1,E2","Materiales
usuales"},var
If var=1 Then
60.169242279472→zze
ElseIf var=2 Then
Lbl  var2
Try
Dialog
Text  "Introduzca datos factor elasticidad Ze"
Text  ""
Request  "γ1-mód Poissón piñón",γγ1
Request  "γ2-mód Poissón rueda",γγ2
Request  "E1-mód Joung piñón",ee1
Request  "E2-mód Joung rueda",ee2
Text  ""
EndDlog
expr(γγ1)→γγ1:expr(γγ2)→γγ2:expr(ee1)→ee1:expr(ee2)→ee2
1/(√(π*((1-γγ1^2)/ee1+(1-γγ2^2)/ee2)))→zze
Else
ClrErr
Goto  var2
EndTry
ElseIf var=3 Then
PopUp  {"Piñón forja,rueda forja-moldeo","Piñón forja-moldeo,rueda
fundc"},var
If var=1
61→zze
If var=2
57→zze
EndIf
(σhlim/zze)^2→cc5
ClrIO
Disp  "*FACTOR DEL MATERIAL C5"
Output  30,0,"C5 = ----"
Output  15,60,"²"
Output  20,30,"σhlim"
Output  35,47,"²"
Output  40,30," Ze"
Disp  ""
Disp  "ZE = "&string(approx(zze))
Pause  "C5 = "&string(approx(cc5))
EndPrgm

```

---



## Subprograma c6maq

### c6maq()

```

Prgm
ClrIO
Disp  "*FACTOR DE EFECTOS VARIOS C6"
Disp  "C6 = Z12"&char(183)&"Zr2"&char(183)&"Zw2"&char(183)&"Zx2"
Disp  ""
Disp  "A continuación, seleccione los tipos de"
Disp  "materiales y sus tratamientos para se-"
Pause "leccionar el factor C6"
ClrIO
Disp  "(A) Piñón-rueda acero cementación, denta-"
Disp  "duras cementadas, templadas, rectificadas"
Disp  "(B) Piñón acero cementación, dentadura"
Disp  "cementada templada, rectificada."
Disp  "Rueda en acero tratado para HB≤300 y "
Disp  "talla posterior por generación"
Disp  "(C) Piñón y rueda acero tratados en la"
Disp  "masa y tallados después"
Pause "(D) Con rodaje posterior a la talla "
PopUp {"(A)", "(B)", "(C)", "(D)"}, var
If var=1 Then
1→cc6
ElseIf var=2 Then
0.88→cc6
ElseIf var=3 Then
0.72→cc6
ElseIf var=4 Then
0.81→cc6
EndIf
ClrIO
Disp  "*FACTOR DE EFECTOS VARIOS C6"
Disp  "C6 = Z12"&char(183)&"Zr2"&char(183)&"Zw2"&char(183)&"Zx2"
Disp  ""
Pause "C6 = "&string(cc6)
EndPrgm

```

---

## Subprograma cb1maq

### cb1maq()

```

Prgm
ClrIO
Disp  "*FACTOR CB1"
Output 14,45,"-6"
Output
20,58,char(183)&string( $\pi/6$ )&char(183)&"Z1"&char(183)&string(mn)
Output 14,118,2
Output 20,123,char(183)&string(n1)
Output 20,0,"CB1 = 10"
1E-006*( $\pi/6$ )*zz1*mm2*nn1→ccb1
Disp  ""
If getType(ccb1)≠"NUM" Then
Disp  "Falta calcular m mediante la relación"
Pause "b/d1 o bien no se ha definido el dato n1"
Goto sale
EndIf
Disp  "Se calcula directamente"
Disp  ""

```

```

Pause  "CB1 = "&string(ccb1)
Lb1  sale
EndPrgm

```

---

## Subprograma cb2maq

### cb2maq ( )

```

Prgm
ClrIO
Disp  "*FACTOR CB2"
Output  20,0,"CB2 = "
Output  15,35,1/(yε*yβ*cos(β))
Disp  ""
Disp  "En lugar de usar la fig. 98 de Lafont,"
Disp  "se emplean las relaciones analíticas pa"
Disp  "ra Yε y Yβ (ecs. 123-127)"
Disp  ""
Pause  :ClrIO
Disp  "*FACTOR DE CONDUCCIÓN Yε"
Output  20,0,"Yε = 0.25 +"
Output  15,70,"0"
Output  15,75,0.75/εan
0.25+0.75/εεan→yyε
If getType(yyε)≠"NUM" Then
Disp  ""
Disp  "Falta por calcular εan.Calcule los recu-"
Disp  "brimientos o determine m si no está cal-"
Pause  "culado mediante la relación b/d1"
Goto  sale
EndIf
Pause  "Yε = "&string(yyε)
ClrIO
Disp  "*FACTOR DE INCLINACIÓN Yβ"
Disp  "Teníamos:"
Disp  "εβ = "&string(εεβ)&" , β = "&string(ββ)
Output  40,0,"Como          , la ecuación es :"
If εεβ<1 and ββ<30 Then
Output  40,30,"εβ<1 y β<30"
Output  57,0,"Yβ = "
Output  50,27,1-εβ*β/120
1-εεβ*ββ/120→yyβ
ElseIf εεβ<1 and ββ≥30 Then
Output  40,30,"εβ<1 y β≥30"
Output  57,0,"Yβ = "
Output  50,27,1-0.25*εβ
1-0.25*εεβ→yyβ
ElseIf εεβ>1 and ββ<30 Then
Output  40,30,"εβ>1 y β<30"
Output  57,0,"Yβ = "
Output  50,27,1-β/120
1-ββ/120→yyβ
ElseIf εεβ>1 and ββ≥30 Then
Output  40,30,"εβ>1 y β≥30"
Disp  "Yβ = 0.75"
0.75→yyβ
EndIf
Pause  "Yβ = "&string(yyβ)
ClrIO
Disp  "Finalmente el Factor CB2 es :"

```

```

Output  20,0,"CB2 = "
Output  15,35,1/(yε*yβ*cos(β))
Disp   ""
1/(yyε*yyβ*cos(ββ))→ccb2
Pause  "CB2 = "&string(ccb2)
Lb1    sale
EndPrgm

```

## Subprograma cb3maq

### cb3maq()

```

Prgm
ClrIO
Disp  "*FACTOR CB3"
Disp  "Inverso del factor dinámico Kv"
Output  30,0,"CB3 = "
DelVar  a
Output  25,40,1/a
Output  38,38,"Kv"
Disp  "En lugar de usar la fig. 99 de Lafont,"
Disp  "se usarán las ecs. 130 y 130 bis y las"
Disp  "figuras 57 y 58 para K350, f, Kv y la"
Pause  "conversión ISO → DIN"
ClrIO
@factor K350 , eng=1 recto, eng=2 helic
If iso=5 and etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1 Then
(0.4+0.007936)/10→pte
ElseIf iso=6 and etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1 Then
(0.6+0.047619)/10→pte
ElseIf iso=7 and etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1 Then
0.9/(9+0.396825)→pte
ElseIf iso=8 and etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1 Then
0.9/(6+0.904762)→pte
ElseIf iso=5 and etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2 Then
(0.2+0.074603)/10→pte
ElseIf iso=6 and etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2 Then
(0.4+0.047619)/10→pte
ElseIf iso=7 and etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2 Then
(0.6+0.039683)/(8+0.349206)→pte
ElseIf iso=8 and etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2 Then
(0.6+0.039683)/(5+0.349206)→pte
EndIf
zz1*vvt1/100*√(uu^2/(uu^2+1))→xx
pte*xx→kk350
If getType(vvt1)≠"NUM" Then
Disp  ""
Disp  "Falta por determinar vt1. Calcule el"
Pause  "Factor C3 previamente"
Goto  sale
EndIf
If getType(con)≠"NUM" Then
Disp  ""
Disp  "Falta por determinar Ka, relación b/d1"
Pause  "o no se definió el dato para n1"
Goto  sale
EndIf
Disp  "*FACTOR K350 ,carga unitaria de:"
Disp  "Ka*Ft/b=350 N/mm (figs. 57 son rectas)"
Disp  "Se calculan por: y-y0=m*(x-x0), x0=y0=0"

```

```

Disp  y=k350,m=(y1-y0)/(x1-x0),x=z1*vt/100*sqrt(u^2/(u^2+1))
Pause  :ClrIO
Disp  "La pendiente m para ISO = "&string(iso)
Disp  "es: m = "&string(pte)
Disp  "La abscisa x: x = "&string(xx)
Disp  "El valor K350 es : k350 = m * x"
Pause  "K350 = "&string(kk350)
ClrIO
[[iso_,100,200,350,500,800,1200,1500,2000][5,2.3,1.39,1,0.85,0.71,0.63,
,0.6,0.57][6,2.73,1.52,1,0.79,0.61,0.51,0.47,0.43][7,3.01,1.61,1,0.76,
0.55,0.43,0.38,0.33][8,3.13,1.64,1,0.74,0.52,0.4,0.35,0.3]]>f1 @recto
[[iso_,100,200,350,500,800,1200,1500,2000][5,2.69,1.51,1,0.8,0.62,0.52,
,0.48,0.44][6,3.03,1.61,1,0.76,0.54,0.42,0.37,0.33][7,3.22,1.67,1,0.74,
,0.5,0.37,0.32,0.27][8,3.29,1.69,1,0.73,0.48,0.35,0.29,0.24]]>f2
@helic
If con<=100 or con>100 and con<200 Then
1->jjj
ElseIf con>=200 and con<350 Then
2->jjj
ElseIf con>=350 and con<500 Then
3->jjj
ElseIf con>=500 and con<800 Then
4->jjj
ElseIf con>=800 and con<1200 Then
5->jjj
ElseIf con>=1200 and con<1500 Then
6->jjj
ElseIf con>=1500 and con<2000 Then
7->jjj
EndIf
If etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1 or etapa=1 and eng=2 or
etapa=2 and eng2=2 and εεβ>1 Then
If etapa=1
eng->iii
If etapa=2
eng2->iii
(con-#("f"&string(exact(iii)))[1,jjj])*(#("f"&string(exact(iii)))[iso-
3,jjj+1]-#("f"&string(exact(iii)))[iso-
3,jjj])/(#("f"&string(exact(iii)))[1,jjj+1]-
#("f"&string(exact(iii)))[1,jjj]+#("f"&string(exact(iii)))[iso-
3,jjj])>ff
1+kk350*ff->kkv
Disp  "*FACTOR f CORRECTOR"
Disp  "De la tabla: (Pulse flechas para verla)"
If etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1
Pause  f1
If etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2
Pause  f2
ClrIO
Disp  "Para ISO = "&string(iso)&" con Ft/b*Ka = "&string(con)
Disp  "Interpolando de la tabla queda:"
Disp  "f = "&string(ff)
Disp  "Kv = 1 + K350*f"
Pause  "Kv = "&string(kkv)
ElseIf εεβ<1 and etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng2=2 Then
1->iii
For iii,1,2
(con-#("f"&string(exact(iii)))[1,jjj])*(#("f"&string(exact(iii)))[iso-
3,jjj+1]-#("f"&string(exact(iii)))[iso-
3,jjj])/(#("f"&string(exact(iii)))[1,jjj+1]-

```

```

#("f"&string(exact(iii)))[1,jjj])+#("f"&string(exact(iii)))[iso-
3,jjj]-#("ff"&string(exact(iii)))
EndFor
1+kk350*ff1→kkvα
1+kk350*ff2→kkvβ
Disp "Kvα = 1 + K350 * f(recto)"
Disp "Tabla para f (mueva flechas para verla)"
Pause f1
ClrIO
Disp "Como Ft/b*Ka = "&string(con)
Disp "De la tabla, interpolando, obtenemos :"
Disp "f(recto) = "&string(ff1)
Pause "Kvα = "&string(kkvβ)
ClrIO
Disp "Kvβ = 1 + K350 * f(helicoidal)"
Disp "Tabla para f (mueva flechas para verla)"
Pause f2
ClrIO
Disp "Como Ft/b*Ka = "&string(con)
Disp "De la tabla, interpolando, obtenemos :"
Disp "f(helicoidal) = "&string(ff2)
Pause "Kvβ = "&string(kkvβ)
ClrIO
Disp "Kv = Kvα - εβ * (Kvα - Kvβ)"
kkvα-εεβ*(kkvα-kkvβ)→kkv
Pause "Kv = "&string(kkv)
EndIf
ClrIO
Disp "*FACTOR CB3"
Output 20,0,"CB3 = "
DelVar a
Output 15,40,1/a
Output 28,38,"Kv"
1/kkv→ccb3
Pause "CB3 = "&string(ccb3)
Lbl sale
EndPrgm

```

---

## Subprograma cb4maq

### cb4maq()

```

Prgm
ClrIO
Disp "*FACTOR CB4 :Inverso del factor de"
Disp "cabeza del perfil normal Yfs"
Output 30,0,"CB4 = "
Output 25,40,1/aç
Output 38,38,"Yfs"
Disp "Tomamos puntos de la fig. 54a de Lafont"
Disp "para Yfs (perfil de referencia de altu-"
Pause "ra completa sin protuberancia)"
ClrIO
If getType(zzn1)="NONE" Then
Disp "N° dientes perfil normal equivalente Zn1"
Disp "(ec. 67 de Lafont)"
Disp zn=z/((cos(βb))^2*cos(β))
Disp "donde βb sale de ec. 62:"
Disp βb=sin⁻¹(sin(β)*cos(αn))

```

```

sin-1(sin(ββ)*cos(αα))→ββb
If etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng=2 Then
zz1→zzn1
zz2→zzn2
Else
approx(zz1/((cos(ββb))^2*cos(ββ)))→zzn1
approx(zz2/((cos(ββb))^2*cos(ββ)))→zzn2
EndIf
Disp "Zn1 = "&string(zzn1)
Pause "Zn2 = "&string(zzn2)
ClrIO
EndIf
@datos fig. 54a
[[x1,0][16.5,4.9][20,4.67][25,4.49][30,4.39][40,4.3][50,4.27][60,4.27]
]→xxx0
[[x1,0.1][14.3,4.87][16,4.74][20,4.54][25,4.42][30,4.35][40,4.29][50,4.
.28][60,4.3]]→xxx01
[[x1,0.2][12.3,4.85][16,4.59][20,4.46][25,4.37][30,4.32][40,4.29][50,4.
.29][60,4.3]]→xxx02
[[x1,0.3][10.3,4.83][12,4.67][15,4.51][18,4.42][20,4.38][25,4.33][30,4.
.31][40,4.3][50,4.31][60,4.33]]→xxx03
[[x1,0.4][8.3,4.81][10,4.63][12,4.51][16,4.38][20,4.33][25,4.31][30,4.
.3][40,4.31][50,4.33][60,4.35]]→xxx04
[[x1,0.5][7,4.68][9,4.51][11,4.41][14,4.34][17,4.3][20,4.29][25,4.29][
30,4.3][40,4.32][50,4.35][60,4.37]]→xxx05
[[x1,0.6][7.5,4.39][9,4.32][11,4.28][13,4.26][15,4.25][20,4.27][25,4.2
8][30,4.3][40,4.33][50,4.35][60,4.4]]→xxx06
[[x1,0.7][9,4.17][11,4.18][15,4.2][17,4.22][20,4.23][25,4.27][30,4.3][
40,4.33][50,4.39][60,4.42]]→xxx07
[[x1,0.8][11,4.07][15,4.14][20,4.21][30,4.31][40,4.35][50,4.39][60,4.4
3]]→xxx08
[[x1,-0.1][18.3,4.93][25,4.57][30,4.45][40,4.32][50,4.27][60,4.25]]→xx
x_01
[[20.3,4.98][25,4.7][30,4.52][40,4.36][50,4.28][60,4.24]]→xxx_02
[[x1,-0.3][23,5.02][30,4.63][40,4.41][50,4.28][60,4.24]]→xxx_03
[[x1,-0.4][24,5.09][30,4.73][40,4.47][50,4.33][60,4.24]]→xxx_04
[[x1,-0.5][26,5.15][30,4.9][40,4.55][50,4.39][60,4.28]]→xxx_05
If xx1≥0 and xx1<0.1 Then
xxx0→yfsmat0
xxx01→yfsmat1
0→xxx1
0.1→xxx2
ElseIf xx1≥0.1 and xx1<0.2 Then
xxx01→yfsmat0
xxx02→yfsmat1
0.1→xxx1
0.2→xxx2
ElseIf xx1≥0.2 and xx1<0.3 Then
xxx02→yfsmat0
xxx03→yfsmat1
0.2→xxx1
0.3→xxx2
ElseIf xx1≥0.3 and xx1<0.4 Then
xxx03→yfsmat0
xxx04→yfsmat1
0.3→xxx1
0.4→xxx2
ElseIf xx1≥0.4 and xx1<0.5 Then
xxx04→yfsmat0
xxx05→yfsmat1

```

```

0.4→xxx1
0.5→xxx2
ElseIf xx1≥0.5 and xx1<0.6 Then
xxx05→yfsmat0
xxx06→yfsmat1
0.5→xxx1
0.6→xxx2
ElseIf xx1≥0.6 and xx1<0.7 Then
xxx06→yfsmat0
xxx07→yfsmat1
0.6→xxx1
0.7→xxx2
ElseIf xx1≥0.7 and xx1≤0.8 Then
xxx07→yfsmat0
xxx08→yfsmat1
0.7→xxx1
0.8→xxx2
ElseIf xx1<0 and xx1≥-0.1 Then
xxx0→yfsmat0
xxx_01→yfsmat1
0→xxx1
-0.1→xxx2
ElseIf xx1<-0.1 and xx1≥-0.2 Then
xxx_01→yfsmat0
xxx_02→yfsmat1
-0.1→xxx1
-0.2→xxx2
ElseIf xx1<-0.2 and xx1≥-0.3 Then
xxx_02→yfsmat0
xxx_03→yfsmat1
-0.2→xxx1
-0.3→xxx2
ElseIf xx1<-0.3 and xx1≥-0.4 Then
xxx_03→yfsmat0
xxx_04→yfsmat1
-0.3→xxx1
-0.4→xxx2
ElseIf xx1<-0.4 and xx1≥-0.5 Then
xxx_04→yfsmat0
xxx_05→yfsmat1
-0.4→xxx1
-0.5→xxx2
ElseIf xx1>0.8 Then
xxx08→yfsmat0
xxx08→yfsmat1
0.8→xxx1
0.8→xxx2
ElseIf xx1<-0.5 Then
xxx_05→yfsmat0
xxx_05→yfsmat1
-0.5→xxx1
-0.5→xxx2
EndIf
1→iii
1→jjj
For jjj,0,1
For iii,1,rowDim("#("yfsmat"&string(exact(jjj))))
If int(zzn1)≤("#("yfsmat"&string(exact(jjj)))[iii,1]|x1=0 Then
#("yfsmat"&string(exact(jjj)))[iii,1]→datx1
#("yfsmat"&string(exact(jjj)))[iii-1,1]→datx2

```

```

#("yfsmat"&string(exact(jjj)))[iii,2]→daty1
#("yfsmat"&string(exact(jjj)))[iii-1,2]→daty2
zzn1→datz
(datz-datx1)*(daty2-daty1)/(datx2-
datx1)+daty1→#("yyfs"&string(exact(jjj)))
Goto sale
EndIf
EndFor
Lbl sale
EndFor
(xx1-xxx1)*(yyfs1-yyfs0)/(xxx2-xxx1)+yyfs0→yyfs
Disp "*FACTOR DE CABEZA DEL PERFIL NORMAL Yfs"
Disp "Según los datos tomados de la fig.:"
Disp "para Zn1 = "&string(zzn1)&" y x1 = "&string(xx1)
Disp "Yfs = "&string(yyfs)
Disp ""
Disp "*FACTOR CB4"
1/yyfs→ccb4
Pause "CB4 = "&string(ccb4)
EndPrgm

```

---

## Subprograma cb5maq

### cb5maq()

```

Prgm
ClrIO
Disp "*FACTOR CB5"
Output 17,0,"CB5 ="
Output 10,50,"b"
Output 17,35,"-----"
Output 25,30," Kfβ Kfα"
Output 25,54,char(183)
Disp ""
Disp "Aplicando la ec. 234 y siguiente:"
Disp "Kfβ = 0.15+0.85"&char(183)&"Khβ"
Disp "Kfα = Kha"
Pause :ClrIO
0.15+0.85*kkhβ→kkfβ
kkha→kkfa
If getType(kkfβ)≠"NUM" Then
ClrIO
Pause "Falta definir Khβ"
Goto sale
EndIf
If getType(kkfa)≠"NUM" Then
ClrIO
Pause "Falta definir Kha"
Goto sale
EndIf
Disp ""
ClrIO
Disp "*FACTOR LONGITUDINAL DE LA CARGA Kfβ"
Disp "Kfβ = "&string(kkfβ)
Disp ""
Disp "*FACTOR TRANSVERSAL DE LA CARGA Kfα"
Disp "Kfα = "&string(kkfa)
bb/(kkfβ*kkfa)→ccb5
If getType(ccb5)≠"NUM" Then
Disp ""

```



```

Pause  "Falta calcular b mediante relación b/d1"
Goto   sale
EndIf
Disp   ""
Pause  "CB5 = "&string(ccb5)
Lbl    sale
EndPrgm

```

---

## Subprograma cb6maq

### cb6maq()

```

Prgm
ClrIO
Disp  "*FACTOR CB6"
Disp  "CB6 = oflim"&char(183)&"Yst"
Disp  "oflim: límite admisible para la base del"
Disp  "diente (ya seleccionado)"
Disp  "Yst: coeficiente concentración de ten-"
Disp  "sión para el dentado de la rueda de en-"
Disp  "sayo, Yst = 2.0"
ooflim*2->ccb6
Pause  "CB6 = "&string(ccb6)
EndPrgm

```

---

## Subprograma cb7maq

### cb7maq()

```

Prgm
ClrIO
Disp  "*FACTOR CB7"
Disp  "CB7 = YðrelT"&char(183)&"YRrelT"&char(183)&"Yx"
Disp  "Se determina por la fig. 100 de Lafont"
Disp  "según los tipos de aceros:"
Disp  "curva a) Bonificados al Temple total"
Disp  "curva b) Endurecidos superf. (cementa-"
Disp  "dos, de bonificación, nitrurados)"
Pause  "curva c) Fundidos y de construcción"
ClrIO
If getType(mm)≠"NUM" Then
Disp  "Determine primero m mediante la relación"
Pause  "b/d1"
Goto   sale
EndIf
If datmat="Acero definido por usuario" Then
Disp  "Acero Definido por Usuario..."
PopUp  {"Al Temple total","Endurecido superficialmente","Fundido-
colado"},curva
ClrIO
If curva=1 Then
curvaa->curva
ElseIf curva=2 Then
curvab->curva
ElseIf curva=3 Then
curvac->curva
EndIf
ElseIf datmat="Acero Bonif. Templado y Revenido" or datmat="Acero
Bonif.Temple Sup. Inyección" Then
curvaa->curva

```

```

ElseIf datmat="Acero de Bonificación Normalizado" or datmat="Acero
Bonif.Nitruración al Baño" or datmat="Acero de Cementación" or
datmat="Acero de Nitruración Gaseosa" Then
curvab→curva
ElseIf datmat="Fundición" or datmat="Acero Fundido" or datmat="Acero
de Construcción" Then
curvac→curva
EndIf
If string(curva)=string(curvaa) Then
If 0<mm and mm≤5 Then
1→ccb7
ElseIf 5<mm and mm≤30 Then
1-0.011*(mm-5)→ccb7
ElseIf mm>30 Then
0.725→ccb7
EndIf
ElseIf string(curva)=string(curvab) Then
If 0<mm and mm≤5 Then
1→ccb7
ElseIf 5<mm and mm≤30 Then
1-0.0146*(mm-5)→ccb7
ElseIf mm>30 Then
0.635→ccb7
EndIf
ElseIf string(curva)=string(curvac) Then
If 0<mm and mm≤5 Then
1→ccb7
ElseIf 5<mm and mm≤25 Then
1-0.01925*(mm-5)→ccb7
ElseIf mm>25 Then
0.615→ccb7
EndIf
EndIf
Disp "De acuerdo a la curva "&mid(string(curva),6)&" ,con:"
Disp "m = "&string(mm)
Disp datmat
Disp ""
Pause "CB7 = "&string(ccb7)
Lbl sale
EndPrgm

```

---

## Subprograma calmaq

### calmaq()

```

Prgm
Lbl inicio
ClrIO
Output 40,0," Seleccione valores de resultados"
1→iii
For iii,1,15
DelVar #("lista"&string(exact(iii)))
EndFor
Disp ""
If etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1 Then
aan→aat
EndIf
If xx1=-xx2 and aan=20 Then
rr1→rr1_:rr2→rr2_:cnom→aa_:aat→aat_
EndIf

```

```

Try
If etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng=2 and  $\varepsilon\varepsilon\beta>1$  Then
bb* $\varepsilon\varepsilon\alpha/(\cos(\beta\beta b))\rightarrow llef$ 
ElseIf etapa=1 and eng=2 or etapa=2 and eng=2 and  $\varepsilon\varepsilon\beta\leq 1$  Then
bb/ $(\cos(\beta\beta b)*((4-\varepsilon\varepsilon\alpha)/3*(1-\varepsilon\varepsilon\beta)+\varepsilon\varepsilon\beta/\varepsilon\varepsilon\alpha))\rightarrow llef$ 
ElseIf etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng=1 Then
bb*(3/(4- $\varepsilon\varepsilon\alpha$ )) $\rightarrow llef$ 
EndIf
Else
ClrErr
EndTry
1 $\rightarrow iii$ 
If etapa=1 Then
"r1,r2,rb1,rb2,r1',r2',ra1,ra2" $\rightarrow \#$ ("lista"&string(exact(iii)))
[["r1 (rad.prim.ref.piñón)", "r2 (rad.prim.ref.rueda)", "rb1 (radio
básico piñón)", "rb2 (radio básico rueda)", "r1'
(rad.prim.func.piñón)", "r2' (rad.prim.func. rueda)", "ra1 (radio cabeza
piñón)", "ra2 (radio cabeza
rueda)"] [rr1,rr2,rrb1,rrb2,rr1_,rr2_,rra1,rra2]] $\rightarrow \#$ ("mat"&string(exact(
iii)))
iii+1 $\rightarrow iii$ 
If varpro=1 Then
"Z1,Z2,u,m,p,d1" $\rightarrow \#$ ("lista"&string(exact(iii)))
[["Z1 (dientes piñón)", "Z2 (dientes rueda)", "u (coef. transmisión)", "m
(módulo)", "p (paso)", "d1 (diámetro
piñón)"] [zz1,zz2,uu,mm,approx(mm* $\pi$ ),rr1*2]] $\rightarrow \#$ ("mat"&string(exact(iii))
)
ElseIf varpro=2 Then
"Z1,Z2,u,m,p,b,be,d1" $\rightarrow \#$ ("lista"&string(exact(iii)))
[["Z1 (dientes piñón)", "Z2 (dientes rueda)", "u (coef. transmisión)", "m
(módulo)", "p (paso)", "b (anchura dentado)", "be (anchura dentado
equiv.)", "d1 (diámetro
piñón)"] [zz1,zz2,uu,mm,approx(mm* $\pi$ ),bb,bb* $\varepsilon\varepsilon\alpha$ ,rr1*2]] $\rightarrow \#$ ("mat"&string(e
xact(iii)))
EndIf
iii+1 $\rightarrow iii$ 
If varpro=1 Then
"P,n1,a,a',x1,x2" $\rightarrow \#$ ("lista"&string(exact(iii)))
[["P (potencia nominal)", "n1 (velocidad giro)", "a (dist. centros
nominal)", "a' (dist. centros)", "x1 (desplazamiento piñón)", "x2
(desplazamiento
rueda)"] [pp,nn1,cnom,aa_,xx1,xx2]] $\rightarrow \#$ ("mat"&string(exact(iii)))
iii+1 $\rightarrow iii$ 
EndIf
ElseIf etapa=2 Then
"r1(I),r2(I),r1(II),r2(II)" $\rightarrow \#$ ("lista"&string(exact(iii)))
[["r1(I) (rad.prim.ref.piñón I)", "r2(I) (rad.prim.ref.rueda
I)", "r1(II) (rad.prim.ref.piñón II)", "r2(II) (rad.prim.ref.rueda
II)"] [r1i,r2i,rr1,rr2]] $\rightarrow \#$ ("mat"&string(exact(iii)))
iii+1 $\rightarrow iii$ 
"rb1,rb2,r1',r2',ra1,ra2" $\rightarrow \#$ ("lista"&string(exact(iii)))
[["rb1 (rad. básico piñón)", "rb2 (rad. básico rueda)", "r1'
(rad.prim.func.piñón)", "r2' (rad.prim.func.rueda)", "ra1 (radio cabeza
piñón)", "ra2 (radio cabeza
rueda)"] [rrb1,rrb2,rr1_,rr2_,rra1,rra2]] $\rightarrow \#$ ("mat"&string(exact(iii)))
iii+1 $\rightarrow iii$ 
"Z1(I),Z2(I),Z1(II),Z2(II)" $\rightarrow \#$ ("lista"&string(exact(iii)))
[["Z1(I) (dientes piñón I)", "Z2(I) (dientes rueda I)", "Z1(II) (dientes
piñón II)", "Z2(II) (dientes
rueda II)"] [zz1i,zz2i,zz1,zz2]] $\rightarrow \#$ ("mat"&string(exact(iii)))

```

```

iii+1→iii
"u(I&II),m(I&II),p(I&II),x1,x2"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["u(I) (coef. transmisión I)","u(II) (coef. transmisión II)","m(I)
(módulo I)","m(II) (módulo II)","p(I) (paso I)","p(II) (paso II)","x1
(desplazamiento piñón)","x2 (desplazamiento
rueda)"]][uu1,uu,mm1,mm,approx(mm1*π),approx(mm*π),xx1,xx2]]→#("mat"&st
ring(exact(iii)))
iii+1→iii
If varpro=1 Then
"P,n,n1,a(I),a(II),a'"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["P (potencia nominal)","n (velocidad giro I)","n1 (velocidad giro
II)","a(I) (distancia centros nominal I)","a(II) (distancia centros
nominal II)","a'(II) (distancia centros
II)"]][pp,nn,nn1,cnom1,cnom2,aa_]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
EndIf
EndIf
"Zn1,Zn2,rn1,rn2,le,lef"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["Zn1 (dientes perf.norm.piñón)","Zn2 (dientes perf.norm.rueda)","rn1
(radius perf.norm.piñón)","rn2 (radius perf.norm.rueda)","le (longitud
efectiva)","lef
(long.efect.contacto)"]][zzn1,zzn2,rr1/(cos(ββb))^2,rr2/(cos(ββb))^2,bb
*εεα/(cos(ββb)),llef]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
If varpro=2 Then
"C1,C2,C3,C4,C5,C6"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["C1 (factor)","C2 (factor)","C3 (factor)","C4 (factor)","C5
(factor)","C6
(factor)"]][cc1,cc2,cc3,cc4,cc5,cc6]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
"CB1,CB2,CB3,CB4,CB5,CB6,CB7"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["CB1 (factor)","CB2 (factor)","CB3 (factor)","CB4 (factor)","CB5
(factor)","CB6
(factor)","CB7
(factor)"]][ccb1,ccb2,ccb3,ccb4,ccb5,ccb6,ccb7]]→#("mat"&string(exact(i
ii)))
iii+1→iii
"Ka,Kb,Kbf,Kha,Khb,Kfa,Kfb,Kv"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["Ka (factor)","Kb (factor)","Kbf (factor)","Kha (factor)","Khb
(factor)","Kfa
(factor)","Kfb
(factor)","Kv
(factor)"]][kka,kkb,kkbf,kkha,kkhb,kkfa,kkfb,kkv]]→#("mat"&string(exact
(iii)))
iii+1→iii
"Ze,Y1,Y2,E1,E2,Yfs,Yst"→#("lista"&string(exact(iii)))
If getType(YY1)="NONE" Then
0.3→YY1
0.3→YY2
207*1000.→ee1
207*1000.→ee2
EndIf
[["Ze (factor)","Y1 (módulo Joung piñón)","Y2 (módulo Joung
rueda)","E1 (módulo elasticidad piñón)","E2 (módulo elasticidad
rueda)","Yfs
(factor)","Yst
(factor)"]][zze,YY1,YY2,ee1,ee2,yyfs,2]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
"n1,vt1,Ft,P,Pt1,Pt2"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["n1 (velocidad giro)","vt1 (velocidad tang. piñón)","Ft (esfuerzo
tangencial)","P (potencia nominal)","Pt1 (pot.fallo fat. superf)","Pt2
(pot.fallo fat.base
diente)"]][nn1,vvt1,fft,pp,ppt,pqt]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii

```

```

EndIf
"an,at,at',β,βb"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["an (áng.presión ref.normal)","at (áng.presión ref.transv.)","at'
(áng.presión func.transv)","β (áng.inclinación ref.)","βb
(áng.inclinación
de
base)"]][aan,aat,aat_,ββ,ββb]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
If string(exact(xx1))="0" and string(exact(xx2))="0" Then
"s,e,Sb,εα,εβ,εY"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["s (espesor diente)","e (hueco entre dientes)","Sb (salto circ.
básica)","εα (recubrimiento transversal)","εβ (recubrimiento del
salto)","εY (recubrimiento
helicoidal)"]][approx(mm*π/2),approx(mm*π/2),bb*tan(ββb),εεα,εεβ,εεY]]→
#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
"ad,de,rc,ha,hf,hw,c,ht"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["ad (factor adendo)","de (factor dedendo)","rc (radio acuerdo
cabeza)","ha (altura cabeza)","hf (altura pie)","hw (altura
trabajo)","c (juego en cabeza)","ht (altura
total)"]][aa,dd,rr,aa*mm,dd*mm,(aa+dd-
rr)*mm,rr*mm,(aa+dd)*mm]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
ElseIf string(exact(xx1))≠"0" or string(exact(xx2))≠"0" Then
"s1,s2,e1,e2,εα,εβ,εY"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["s1 (espesor piñón)","s2 (espesor rueda)","e1 (hueco piñón)","e2
(hueco rueda)","εα (recubrimiento transversal)","εβ (recubrimiento del
salto)","εY (recubrimiento
helicoidal)"]][mm*π/2+2*xx1*mm*tan(αan),mm*π/2+2*xx2*mm*tan(αan),mm*π/2-
2*xx1*mm*tan(αan),mm*π/2-
2*xx2*mm*tan(αan),εεα,εεβ,εεY]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
"ad,de,rc,ha1,ha2,hf1,hf2"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["ad (adendo)","de (dedendo)","rc (radio acuerdo cabeza)","ha1
(altura cabeza piñón)","ha2 (altura cabeza rueda)","hf1 (altura pie
piñón)","hf2 (altura
pie
rueda)"]][aa,dd,rr,mm*(aa+xx1),mm*(aa+xx2),mm*(dd-xx1),mm*(dd-
xx2)]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
EndIf
√(rra2^2-rrb2^2)-rr2_*sin(αat_)→ggf
√(rra1^2-rrb1^2)-rr1_*sin(αat_)→gga
1/(2*cos(αat_))*(1/rr1_+1/rr2_)*ggf^2→gfgf
1/(2*cos(αat_))*(1/rr1_+1/rr2_)*gga^2→gaga
1/(2*cos(αat_))*(1/rr1_+1/rr2_)*(gga^2+ggf^2)→gggg
"gf,ga,gα,Gf,Ga,G"→#("lista"&string(exact(iii)))
[["gf (long. acercamiento)","ga (long. alejamiento)","gα (long. de
engrane)","Gf (desliz. al acercarse)","Ga (desliz. al alejarse)","G
(deslizamiento
total)"]][ggf,gga,ggf+gga,gfgf,gaga,gggg]]→#("mat"&string(exact(iii)))
iii+1→iii
Lbl valores
If etapa=1 and varpro=1 Then
PopUp {lista1,lista2,lista3,lista4,lista5,lista6,lista7,lista8},var
ElseIf etapa=2 and varpro=1 Then
PopUp
{lista1,lista2,lista3,lista4,lista5,lista6,lista7,lista8,lista9,lista1
0},var
ElseIf etapa=1 and varpro=2 Then

```

```

PopUp
{lista1,lista2,lista3,lista4,lista5,lista6,lista7,lista8,lista9,lista1
0,lista11,lista12},var
ElseIf etapa=2 and varpro=2 Then
PopUp
{lista1,lista2,lista3,lista4,lista5,lista6,lista7,lista8,lista9,lista1
0,lista11,lista12,lista13,lista14},var
EndIf
ClrIO
1→iii
For iii,1,30
Output 40,0,"      VALORES CALCULADOS DEL PROBLEMA"
EndFor
ClrIO
1→iii
For iii,1,colDim("#mat"&string(exact(var)))
#("mat"&string(exact(var)))[2,iii]→jjj
If getType(jjj)="NUM" Then
Disp          #("mat"&string(exact(var)))[1,iii]&"          =
"&string("#mat"&string(exact(var)))[2,iii])
Else
Disp #("mat"&string(exact(var)))[1,iii]&" no definida"
EndIf
EndFor
Pause :ClrIO
PopUp {"Otros valores de resultados","Menú principal"},var
If var=1
Goto valores
Lbl sale
EndPrgm

```

---

## Subprograma cnonmaq

### **cnonmaq()**

```

Prgm
Lbl uu
If etapa=2 and eng1=2 Then
Disp "Introduzca para la 1a. etapa..."
Input "Ángulo inclinación ref.(hélice) ?",ββ1
ElseIf etapa=2 and eng1=1 Then
0→ββ1
EndIf
If var1=1 or var1=2 or var1=5 Then
If getType(uu)="NONE"
Input "Relación transmisión u ?",uu
If getType(uu)≠"NUM"
Goto uu
Else
approx(zz2/zz1)→uu
EndIf
ClrIO
0→zx
Disp "Eligió la relación: Cnom(I) = Cnom(II)"
Disp ""
Disp "r1[1] + r2[1] = r1[2] + r2[2]"
Disp ""
Disp m1/(2*cos(β))*(z1[1]+z2[1])=m2/(2*cos(β))*(z1[2]+z2[2])
If var1=1 Then

```

---

```

Pause
propFrac(z1[2]=cos( $\beta$ ) / (cos( $\beta$ 1)) * m1 * (z1[1] + z2[1]) / (m2 * (1 + u)), { $\beta$ 1,  $\beta$ })
ClrIO
EndIf
If varm=3 Then
Pause
propFrac(m[2]=cos( $\beta$ ) / (cos( $\beta$ 1)) * m1 * (z1[1] + z2[1]) / (z1[1] * (1 + u)), { $\beta$ 1,  $\beta$ })
EndIf
ClrIO
Lbl zz1
If var1=1 and getType(mm)="NUM" Then
approx(cos( $\beta$  $\beta$ ) / (cos( $\beta$  $\beta$ 1)) * mm1 * (zz1i + zz2i) / (mm * (1 + uu))) -> zz1
uu * zz1 -> zz2
Disp "El valor obtenido para Z1[2] es:"
Disp "Z1[2] = Z1 = "&string(zz1)
Disp "Z2[2] es: Z2=u*Z1 con u = "&string(uu)
Disp "Z2[2] = Z2 = "&string(zz2)
If int(zz1)/zz1#1 and int(zz2)/zz2#1 Then
If ceiling(zz1) - zz1 > 0.5 Then
int(zz1) -> zz1
Else
ceiling(zz1) -> zz1
EndIf
If ceiling(zz2) - zz2 > 0.5 Then
int(zz2) -> zz2
Else
ceiling(zz2) -> zz2
EndIf
approx(zz2/zz1) -> uu
Disp "Valores enteros redondeados"
Disp "Z1[2] = Z1 = "&string(zz1)
Disp "Z2[2] = Z2 = "&string(zz2)
Disp "Nuevo valor de u: u = "&string(uu)
EndIf
Pause :ClrIO
EndIf
If varm=3 and getType(zz1)="NONE" Then
approx(cos( $\beta$  $\beta$ ) / (cos( $\beta$  $\beta$ 1)) * mm1 * (zz1i + zz2i) / (zz1i * (1 + uu))) -> mm
Disp "El módulo que cumple la relación es:"
Disp "m = "&string(mm)
Disp ""
Disp "Buscaremos el módulo normalizado más"
Disp "parecido por encima y por debajo de la"
Pause "fig. 3 de Lafont. Elija la serie deseada"
ClrIO
mm + 0.01 -> mm
Disp "Normalización de m"
PopUp {"Serie I preferente", "Series I & II", "Series I & II & III"}, var
ClrIO
Output 40, 0, "Calculando m normalizado..."
1 -> iii
For iii, 1, dim(expr("normam"&string(var)))
Try
If expr("normam"&string(var))[iii] < mm and
expr("normam"&string(var))[iii+1] >= mm Then
expr("normam"&string(var))[iii+1] -> mmm1
EndIf
Else
ClrErr

```

```

EndTry
EndFor
1→iii
For iii,dim(expr("normam"&string(var))),1,-1
Try
If expr("normam"&string(var))[iii]<mm and
expr("normam"&string(var))[iii+1]≥mm Then
expr("normam"&string(var))[iii]→mmm2
EndIf
Else
ClrErr
EndTry
EndFor
If abs(mmm2-mm)<abs(mmm1-mm) Then
mmm2→mm
ElseIf abs(mmm2-mm)≥abs(mmm1-mm) Then
mmm1→mm
EndIf
ClrIO
Pause "El módulo m normalizado es m = "&string(mm)
ClrIO
If getType(zz1)="NONE"
Goto zz1
EndIf
If var1=2 Then
Disp "Se cumple..."
If varm=1
Disp z1[2]*(1+u)/(cos(β))=(z1[1]+z2[2])/(cos(β1))
If varm=2 or varm=3
Disp z1[2]*m2*(1+u)/(cos(β))=m1*(z1[1]+z2[2])/(cos(β1))
If zz1*mm*(1+uu)/(cos(ββ))=mm1*(zz1i+zz2i)/(cos(ββ1)) Then
Disp "La ecuación se cumple. Es válido:"
Disp "Cnom(I)=Cnom(II)"
1→zx
ElseIf var1=3 or var1=4 Then
Disp "Se cumple..."
If varm=1
Disp (z1[1]+z2[1])/(cos(β1))=(z1[2]+z2[2])/(cos(β1))
If varm=2 or varm=3
Disp m1*(z1[1]+z2[1])=m2*(z1[2]+z2[2])
If mm1*(zz1i+zz2i)=mm*(zz1+zz2) Then
Disp "La ecuación se cumple. Es válido:"
Disp "Cnom(I)=Cnom(II)"
1→zx
EndIf
EndIf
EndIf
If varm=1 and (var1=2 or var1=3 or var1=4) and zx=0 Then
Disp " Elija:"
Output 70,0,"No se cumple la relación."
Output 80,0,"No es válido: Cnom(I)≠Cnom(II)"
PopUp {"Quitar Cnom(I)=Cnom(II)","Borrar m y calcularlo","Empezar de nuevo"},var
ClrIO
If var=1 Then
PopUp {"a' conocida","a=Cnom(I)","a'>Cnom(I)","a' no conocida"},vaar3
If vaar3=4
5→vaar3
ElseIf var=2 Then
Disp "Borramos el valor del módulo m[2] y lo"

```



```

Pause "ajustamos para que cumpla Cnom1=Cnom2"
ClrIO
DelVar mm
Goto uu
ElseIf var=3 Then
Disp "Para cumplir la relación debería verificar"
Disp "la ecuación anterior pero para ello ha-"
Disp "bría que redefinir u,Z1(II),Z1(I),Z2(II)"
Disp "El programa saldrá borrando todas las"
Disp "variables. Pruebe a definir esa rela-"
Pause "ción para que se cumpla"
ClrIO
Goto salir
EndIf
Lbl salir
DispHome
EndIf
Lbl pasaz
EndPrgm

```

---

## Subprograma despmaq

### despmaq ( )

```

Prgm
ClrIO
Output 40,0,"      Calculando los desplazamientos"
Output 60,0,"      Espere..."
@desplazamientos
0→varβ
If getType(ββb)="NONE" and getType(ββ)="NUM" Then
approx(sin-1(sin(ββ)*cos(αan)))→ββb
1→varβ
EndIf
If getType(ββ)="NONE" and getType(ββb)="NUM" Then
approx(sin-1(sin(ββb)*cos(αan)))→ββ
2→varβ
EndIf
If etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1 Then
zz1→zzn1
zz2→zzn2
Else
approx(zz1/((cos(ββb))^2*cos(ββ)))→zzn1
approx(zz2/((cos(ββb))^2*cos(ββ)))→zzn2
EndIf
If zz1>45 or zzn1>45 or zz1<10 or zzn1<10 Then
ClrIO
Disp "No se han definido desplazamientos para"
Disp "piñones mayores de 45 dientes o menores"
Disp "de 10 dientes"
Disp "Intente con dentados en ese intervalo"
Disp "Para ello, defina Z1 según: 10<Z1<45"
Disp "Si el engranaje es helicoidal, recuerde"
Disp "que Zn1 deberá ser 10<Zn1<45, por lo"
Disp "que el intervalo de Z1 será distinto"
Pause :ClrIO
Goto salida
EndIf
If zz1+zz2<60 and zz1≥10 and zz1<30 Then

```

```

[[10,0.54][11,0.52][12,0.47][13,0.43][14,0.4][15,0.365][16,0.33][17,0.
31][18,0.28][19,0.26][20,0.23][21,0.21][22,0.175][23,0.16][24,0.135][2
5,0.11][26,0.08][27,0.06][28,0.04][29,0.025]]→x1x1
[[10,3,0][10,2.5,0.22][10,2,0.37][10,1.5,0.44][10,1.3,0.49][10,1.1,0.5
3]]→x210
[[11,3,-0.17][11,2.5,0.13][11,2,0.34][11,1.5,0.43][11,1.3,0.47][11,1.1
,0.51]]→x211
[[12,3,-0.26][12,2.5,0][12,2,0.27][12,1.5,0.39][12,1.3,0.43][12,1.1,0.
47]]→x212
[[13,3,-0.31][13,2.5,-0.125][13,2,0.17][13,1.5,0.35][13,1.3,0.4][13,1.
1,0.43]]→x213
[[14,3,-0.35][14,2.5,-0.18][14,2,0.1][14,1.5,0.32][14,1.3,0.36][14,1.1
,0.39]]→x214
[[15,3,-0.375][15,2.5,-0.24][15,2,0][15,1.5,0.26][15,1.3,0.32][15,1.1,
0.35]]→x215
[[16,2.8,-0.35][16,2.5,-0.27][16,2,-0.08][16,1.5,0.225][16,1.3,0.28][1
6,1.1,0.33]]→x216
[[17,2.6,-0.32][17,2.5,-0.29][17,2,-0.13][17,1.5,0.17][17,1.3,0.24][17
,1.1,0.3]]→x217
[[18,2.4,-0.29][18,2,-0.17][18,1.5,0.12][18,1.3,0.22][18,1.1,0.27]]→x2
18
[[19,2.22,-0.26][19,2,-0.22][19,1.5,0.06][19,1.3,0.17][19,1.1,0.23]]→x
219
[[20,2,-0.23][20,1.5,0][20,1.3,0.14][20,1.1,0.21]]→x220
[[21,1.8,-0.21][21,1.5,-0.04][21,1.3,0.1][21,1.1,0.18]]→x221
[[22,1.75,-0.18][22,1.5,-0.08][22,1.3,0.05][22,1.1,0.15]]→x222
[[23,1.65,-0.16][23,1.5,-0.13][23,1.3,0][23,1.1,0.125]]→x223
[[24,1.47,-0.13][24,1.3,-0.04][24,1.1,0.1]]→x224
[[25,1.34,-0.11][25,1.1,0.07]]→x225
[[26,1.25,-0.08][26,1.1,0.4]]→x226
[[27,1.17,-0.06][27,1.1,0]]→x227
[[28,1.1,-0.03]]→x228
[[29,1.06,-0.03]]→x229
[[30,1,0]]→x230
ElseIf zz1+zz2<60 and zz1>30 Then
0→xx1
0→xx2
ElseIf zz1+zz2≥60 Then
[[10,5,0.54][10,10,0.58]]→x110
[[11,5,0.53][11,10,0.57]]→x111
[[12,4,0.47][12,5,0.5][12,10,0.55]]→x112
[[13,3.7,0.44][13,4,0.45][13,5,0.48][13,10,0.53]]→x113
[[14,3.4,0.4][14,4,0.43][14,5,0.46][14,10,0.5]]→x114
[[15,3,0.37][15,4,0.42][15,5,0.45][15,10,0.48]]→x115
[[16,2.8,0.34][16,3,0.36][16,4,0.4][16,5,0.43][16,10,0.47]]→x116
[[17,2.6,0.32][17,3,0.34][17,4,0.38][17,5,0.42][17,10,0.46]]→x117
[[18,2.3,0.28][18,3,0.33][18,4,0.37][18,5,0.4][18,10,0.44]]→x118
[[19,2.25,0.26][19,3,0.32][19,4,0.36][19,5,0.38][19,10,0.43]]→x119
[[20,2,0.23][20,3,0.31][20,4,0.35][20,5,0.37][20,10,0.42]]→x120
[[21,2,0.225][21,3,0.29][21,4,0.33][21,5,0.36][21,10,0.4]]→x121
[[22,2,0.22][22,3,0.28][22,4,0.32][22,5,0.35][22,10,0.38]]→x122
[[23,2,0.21][23,3,0.275][23,4,0.31][23,5,0.33][23,10,0.37]]→x123
[[24,1.5,0.14][24,2,0.2][24,3,0.27][24,4,0.3][24,5,0.32][24,10,0.36]]→
x124
[[25,1.35,0.11][25,1.5,0.13][25,2,0.19][25,3,0.26][25,4,0.28][25,5,0.3
1][25,10,0.35]]→x125
[[26,1.3,0.1][26,1.5,0.13][26,2,0.18][26,3,0.26][26,4,0.28][26,5,0.3][
26,10,0.34]]→x126
[[27,1.2,0.07][27,1.4,0.12][27,1.5,0.13][27,2,0.18][27,3,0.245][27,4,0
.27][27,5,0.29][27,10,0.33]]→x127

```

```

[[28,1.1,0.04][28,1.2,0.075][28,1.5,0.13][28,2,0.17][28,3,0.24][28,4,0.265][28,5,0.28][28,10,0.32]]→x128
[[29,1.1,0.035][29,1.2,0.07][29,1.5,0.12][29,2,0.17][29,3,0.235][29,4,0.26][29,5,0.275][29,10,0.315]]→x129
[[30,1.1,0.03][30,1.2,0.07][30,1.5,0.12][30,2,0.17][30,3,0.23][30,4,0.26][30,5,0.275][30,10,0.31]]→x130
[[35,1.1,0.025][35,1.2,0.065][35,1.5,0.115][35,2,0.165][35,3,0.225][35,4,0.245][35,5,0.26][35,10,0.285]]→x135
[[40,1.1,0.025][40,1.2,0.06][40,1.5,0.11][40,2,0.16][40,3,0.215][40,4,0.23][40,5,0.245][40,10,0.27]]→x140
[[45,1.1,0.025][45,1.2,0.06][45,1.5,0.11][45,2,0.155][45,3,0.205][45,4,0.22][45,5,0.235][45,10,0.255]]→x145
EndIf
If zz1+zz2<60 Then
1→iii
For iii,1,rowDim(x1x1)
Try
If x1x1[iii,1]=int(zzn1) Then
x1x1[iii,1]→datx1
x1x1[iii+1,1]→datx2
x1x1[iii,2]→daty1
x1x1[iii+1,2]→daty2
zzn1→datz
Goto sale
EndIf
Else
ClrErr
EndTry
EndFor
Lbl sale
(datz-datx1)*(daty2-daty1)/(datx2-datx1)+daty1→xx1
1→jjj
1→iii
For jjj,0,1
For iii,1,rowDim("#x2"&string(exact(int(zzn1)+jjj)))
Try
If int(uu)≤#("x2"&string(exact(int(zzn1)+jjj)))[iii,2] Then
#("x2"&string(exact(int(zzn1)+jjj)))[iii,2]→datx1
#("x2"&string(exact(int(zzn1)+jjj)))[iii+1,2]→datx2
#("x2"&string(exact(int(zzn1)+jjj)))[iii,3]→daty1
#("x2"&string(exact(int(zzn1)+jjj)))[iii+1,3]→daty2
uu→datz
(datz-datx1)*(daty2-daty1)/(datx2-datx1)+daty1→#("xx2"&string(exact(jjj)))
EndIf
Else
ClrErr
EndTry
EndFor
EndFor
(zzn1-int(zzn1))*(xx21-xx20)/(int(zzn1)+1-int(zzn1))+xx20→xx2
ElseIf zz1+zz2≥60 and zz1≥10 and zz1<45 Then
DelVar zzn11,zzn12
If zzn1>30 and zzn1≤35 Then
30→zzn11
35→zzn12
ElseIf zzn1>35 and zzn1≤40 Then
35→zzn11
40→zzn12
ElseIf zzn1>40 and zzn1≤45 Then

```

```

40→zzn11
45→zzn12
Else
int(zzn1)→zzn11
int(zzn1)+1→zzn12
EndIf
1→var
Lbl vuelve
1→iii
For iii,1,rowDim("#x1"&string(exact(int("#zzn1"&string(var))))))
Try
If int(uu)<#("x1"&string(exact(int("#zzn1"&string(var))))))[iii,2]
Then
#("x1"&string(exact(int("#zzn1"&string(var))))))[iii-1,2]→datx1
#("x1"&string(exact(int("#zzn1"&string(var))))))[iii,2]→datx2
#("x1"&string(exact(int("#zzn1"&string(var))))))[iii-1,3]→daty1
#("x1"&string(exact(int("#zzn1"&string(var))))))[iii,3]→daty2
uu→datz
rowDim("#x1"&string(exact(int("#zzn1"&string(var))))))→iii
EndIf
Else
ClrErr
EndTry
EndFor
Lbl sale3
(datz-datx1)*(daty2-daty1)/(datx2-datx1)+daty1→#("xx1"&string(var))
If string(var)="2"
Goto sale4
2→var
Goto vuelve
Lbl sale4
If getType(zzn12)≠"NONE" Then
(zzn1-zzn11)*(xx12-xx11)/(zzn12-zzn11)+xx11→xx1
EndIf
~xx1→xx2
EndIf
Lbl salida
expr(mid(string(xx1),1,3))→xx1
If xx2>0
expr(mid(string(xx2),1,3))→xx2
If xx2<0
expr(mid(string(xx2),1,4))→xx2
ClrIO
Disp "Consultando la fig. 24 de Lafont que"
Disp "presenta gráficamente el sistema de co-"
Disp "rrección de dentaduras para equilibrar"
Disp "los desplazamientos específicos de pi-"
Disp "ñón y rueda, se tienen los siguientes"
Disp "resultados"
Disp "Los desplazamientos se han elaborado"
Disp "con tablas de datos basadas en la fig."
Pause "Pulse 'ENTER' para seguir"
ClrIO
Disp "N° dientes perfil normal equivalente Zn1"
Disp "(ec. 67 de Lafont)"
Disp  $z_n = z / ((\cos(\beta_b))^2 \cdot \cos(\beta))$ 
If varβ=1 Then
Disp "donde βb sale de ec. 62: βb = "&string(ββb)
Disp  $\beta_b = \sin^{-1}(\sin(\beta) \cdot \cos(\alpha_n))$ 
ElseIf varβ=2 Then

```

```

Disp  "donde  $\beta$  sale de ec. 62:  $\beta =$  "&string( $\beta$ )
Disp   $\beta = \sin^{-1}(\sin(\beta) * \cos(\alpha))$ 
ElseIf var $\beta = \emptyset$  Then
Disp  ""
EndIf
Disp  "Zn1 = "&string(zzn1)
Pause "Zn2 = "&string(zzn2)
ClrIO
If zz1+zz2<60 Then
Disp  "Z1 + Z2 < 60"
ElseIf zz1+zz2=60 Then
Disp  "Z1 + Z2 = 60"
Else
Disp  "Z1 + Z2 > 60"
EndIf
Output 0,80," , con Zn1 = "
Output 0,150,zzn1
Disp  "Z1 = "&string(zz1)& " , Z2 = "&string(zz2)& " , i =
"&string(uu)
If zz1+zz2<60 Then
Disp  "Corrección con variación entre ejes"
Disp  "X1 dado por curva AB"
Disp  "X2 dado por curva según i en interior"
Disp  "del triángulo ABA'. *DESPLAZAMIENTOS : "
Else
Disp  "Corrección sin variación entre ejes"
Disp  "X1 = - X2"
Disp  ""
Disp  "*DESPLAZAMIENTOS"
EndIf
Disp  "X1 = "&string(xx1)
Disp  "X2 = "&string(xx2)
Pause :ClrIO
DelVar var $\beta$ 
EndPrgm

```

## Subprograma eamaq

### eamaq()

```

Prgm
ClrIO
If getType(mm)≠"NUM" or getType(rr1)≠"NUM" Then
Disp  "El sistema detecta que no está calculado"
Disp  "el módulo m y/o r1,r2."
Disp  "Calcule la relación b/d1,"
Pause "y obtenga m para calcular recubrimientos"
Goto sale
EndIf
Disp  "*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\varepsilon\alpha$ "
Disp  "Previamente a calcular  $\varepsilon\alpha$ , se hallarán:"
Disp  "-los radios básicos rb1, rb2"
If getType(xx1)="NONE"
Disp  "-los desplazamientos x1, x2"
Disp  "-los radios de cabeza ra1, ra2"
Pause :ClrIO
Disp  "*RADIOS BÁSICOS rb1,rb2"
Disp  "rb=r*cos( $\alpha$ ) (r1,r2)"
approx(rr1*cos( $\alpha$ ))→rrb1
uu*rr1→rr2

```

```

approx(rr2*cos( $\alpha_n$ ))→rrb2
Disp ""
Disp "rb1 = "&string(approx(rrb1))
Pause "rb2 = "&string(approx(rrb2))
ClrIO
If getType(xx1)="NONE" Then
Disp "*DESPLAZAMIENTOS"
maquina\despmaq()
EndIf
Disp "*RADIOS DE CABEZA ra1,ra2"
Disp "ra = r+m*(a+x) = r+ha"
rr1+mm*(aa+xx1)→rra1
rr2+mm*(aa+xx2)→rra2
If vaar2=2 Then
1→aa
PopUp {"Addendo : a = 1","Otro valor para addendo"},var
If var=2 Then
Lb1 addendo
Input "Addendo a ?",aa
If getType(aa)≠"NUM"
Goto addendo
EndIf
EndIf
Disp "r = radio primitivo referencia (r1,r2)"
Disp "a = addendo , x = desplazamiento (x1,x2)"
Disp "ha = altura de cabeza"
Disp ""
Disp "ra1 = "&string(approx(rra1))
Pause "ra2 = "&string(approx(rra2))
ClrIO
Disp "*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon\alpha$ "
Disp "Vea la ecuación con las flechas"
Disp ""
Pause expand(propFrac( $\epsilon\alpha$ =propFrac( $1/(2*\pi)*(z1*\sqrt{((ra1/rb1)^2-1)+z2*\sqrt{((ra2/rb2)^2-1)-zt*tg(\alpha_t)})}$ ),{z1,z2}))
ClrIO
Disp "*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN FRONTAL  $\epsilon\alpha$ "
Disp ""
 $1/(2*\pi)*(zz1*\sqrt{((rra1/rrb1)^2-1)+zz2*\sqrt{((rra2/rrb2)^2-1)-zzt*tan(\alpha_t_)}|zzt=zz1+zz2-\epsilon\epsilon\alpha$ 
Disp " $\epsilon\alpha$  = "&string(approx( $\epsilon\epsilon\alpha$ ))
Disp ""
If  $\epsilon\epsilon\alpha > 1$  Then
Disp "Como  $\epsilon\alpha > 1$ , existe continuidad en la"
Disp "conducción, por lo menos en un par de"
Disp "dientes"
ElseIf  $\epsilon\epsilon\alpha = 1$  Then
Disp "Como  $\epsilon\alpha = 1$ , el contacto de un par de"
Disp "dientes empieza cuando acaba el anterior"
ElseIf  $\epsilon\epsilon\alpha < 1$  Then
Disp "Como  $\epsilon\alpha < 1$ , se rompe la continuidad del"
Disp "movimiento, hay un intervalo paso-arco"
Disp "de conducción en el que las ruedas no"
Disp "conducen"
EndIf
Pause :ClrIO
Disp "*GRADO RECUBRIMIENTO SECCIÓN NORMAL  $\epsilon\alpha_n$ "
Disp  $\epsilon\alpha_n = \epsilon\alpha / (\cos(\beta_b))^2$ 
Disp "De la relación angular: "
Output 35,140,sin( $\beta_b$ )/(sin( $\beta$ ))=cos( $\alpha_n$ )

```

```

Disp "se halla  $\beta_b$  : "
 $\sin^{-1}(\sin(\beta) \cdot \cos(\alpha_n)) \rightarrow \beta_b$ 
Output 58,85,  $\beta_b = \sin^{-1}(\sin(\beta) \cdot \cos(\alpha_n))$ 
Disp " $\beta_b =$ " &string(approx( $\beta_b$ ))
 $\varepsilon \alpha / (\cos(\beta_b))^2 \rightarrow \varepsilon \alpha_n$ 
Pause " $\varepsilon \alpha_n =$ " &string(approx( $\varepsilon \alpha_n$ ))
ClrIO
Disp "*RECUBRIMIENTO DEL SALTO  $\varepsilon \beta$ "
 $\varepsilon \beta = b \cdot \sin(\beta) / (\pi \cdot m_n)$ 
 $b_b \cdot \sin(\beta) / (\pi \cdot m_m) \rightarrow \varepsilon \varepsilon \beta$ 
Disp " $\varepsilon \beta =$ " &string( $\varepsilon \varepsilon \beta$ )
Disp ""
Disp "*COEFICIENTE DEL ENGRANAJE HELICOIDAL  $\varepsilon \gamma$ "
 $\varepsilon \gamma = \varepsilon \alpha + \varepsilon \beta$ 
 $\varepsilon \alpha + \varepsilon \varepsilon \beta \rightarrow \varepsilon \varepsilon \gamma$ 
Pause " $\varepsilon \gamma =$ " &string( $\varepsilon \varepsilon \gamma$ )
Lbl sale
EndPrgm

```

---

## Subprograma engmaq

### engmaq()

```

Prgm
ClrIO
If getType(xx1)="NONE"
maquina\despmaq()
If etapa=1 and eng=1 or etapa=2 and eng2=1 Then
 $\alpha_n \rightarrow \alpha_t$ 
EndIf
If  $xx1 = -xx2$  and  $\alpha_n = 20^\circ$  Then
 $rr1 \rightarrow rr1\_; rr2 \rightarrow rr2\_$ 
If etapa=1 Then
cnom  $\rightarrow aa\_$ 
 $\alpha_t \rightarrow \alpha_t\_$ 
EndIf
Disp "*ENGRANAJES A CERO"
Disp "-Circunferencias primitivas de referen-"
Disp "cia en contacto:"
Disp " $r = r' \rightarrow \alpha = \alpha' \rightarrow a = a'$ "
Disp "-Dentados normalizados con  $\alpha_n = 20^\circ$ "
Disp "-Desplazamiento dentado: cumple  $x1 = -x2$ "
Disp "-Espesor s = Hueco e, ya que m es la mis-"
Disp "ma en ambas ruedas"
Else
Disp "*ENGRANAJES EN V"
Disp "-Circunferencias primitivas de referen-"
Disp "cia no están en contacto:"
Disp " $r \neq r' \rightarrow \alpha \neq \alpha' \rightarrow a \neq a'$ "
If  $\alpha_n \neq 20^\circ$ 
Disp "-Dentado no normalizado para  $\alpha_n$ "
If  $xx1 \neq -xx2$  Then
Disp "-Desplazamiento dentado no cumple  $x1 = -x2$ "
Disp "-Espesor s  $\neq$  Hueco e, debido a  $x1 \neq -x2$ "
Disp "aunque m sea el mismo"
EndIf
EndIf
Pause :ClrIO
EndPrgm

```

---

## Subprograma kamaq

### kamaq()

```

Prgm
ClrIO
If vaar1=2 Then
mm*zz1→dd1
dd1/2→rr1
If etapa=1
"n1"→iii
If etapa=2
"n"→iii
Disp "Al principio no se definieron valores"
Disp "para P y "&iii
Disp "Introduzca valores o cambie los que"
Pause "introdujo antes"
ClrIO
PopUp {"Definir P y n1","Seguir"},var
If var=1 Then
Lbl pp
Input "Potencia P (Kw) ?",pp
If getType(pp)≠"NUM"
Goto pp
Lbl nn1
Input "Velocidad de giro n1 (rpm) ?",nn1
If getType(nn1)≠"NUM"
Goto nn1
EndIf
EndIf
ClrIO
Disp "*TÉRMINO Krh/Zn² según la fiabilidad:"
If fiab=1 Then
Disp "Krh/Zn² = "&"1.25"
1.25→var
ElseIf fiab=2 Then
Disp "Krh/Zn² = "&"0.80"
0.8→var
ElseIf fiab=3 Then
Disp "Krh/Zn² = "&"1.00"
1→var
EndIf
Disp "*FACTOR DE APLICACIÓN Ka"
Disp "Tiene en cuenta las sobrecargas dinámi-"
Disp "cas de fuerzas exteriores al engranaje"
Disp "según las características de la máq."
Disp "accionamiento y máq. de funcionamiento"
Pause "Ka = "&string(kka)
ClrIO
Disp "*FACTOR DE SERVICIO Kb"
var*kka→kkb
Output 20,0,"Kb="
Output 13,20,"Ka"
Output 13,32,char(183)
Output 13,40,"Krh"
Output 20,20,"-----"
Output 28,30,"Zn²"
Pause "Kb = "&string(kkb)
EndPrgm

```

---



## Subprograma khbmaq

### khbmaq ( )

```

Prgm
Lbl khβ
ClrIO
Disp "*FACTOR DE DISTRIBUCIÓN LONGITUDINAL DE"
Disp "LA CARGA Khβ"
If getType(bb)≠"NUM" or getType(dd1)≠"NUM" Then
Disp ""
Disp "Determine primero la relación b/d1 para"
Pause "obtener b y d1 y poder calcular Khβ"
Goto sale
EndIf
Output 18,80,"Dentaduras"
Output 65,0,"Para dentaduras endurecidas en la super-"
Output 75,0,"ficie: aceros cementados,... con ISO 5 ó 6"
Output 85,0,"Khβ se incrementa un 20 % en las ecs. de"
Output 95,0,"la 197 a la 204 de Lafont"
PopUp {"Sin ajuste o rodaje","Con rodaje o engranaje ajuste"},var
If var=1 Then
"Dentaduras sin ajuste o rodaje"→var
If iso=5 Then
(1.135+0.18*(bb/dd1)^2+0.23*0.001*bb)*1.2→kkhβ
"(1.135+.18*(b/d1)^2+.23*.001*b)*1.2"→kkk
ElseIf iso=6 Then
(1.15+0.18*(bb/dd1)^2+0.3*0.001*bb)*1.2→kkhβ
"(1.15+.18*(b/d1)^2+.3*.001*b)*1.2"→kkk
ElseIf iso=7 Then
1.17+0.18*(bb/dd1)^2+0.47*0.001*bb→kkhβ
"1.17+.18*(b/d1)^2+.47*.001*b"→kkk
ElseIf iso=8 Then
1.23+0.18*(bb/dd1)^2+0.61*0.001*bb→kkhβ
"1.23+.18*(b/d1)^2+.61*.001*b"→kkk
EndIf
ElseIf var=2 Then
"Dentaduras con rodaje-engranaje ajustado"→var
If iso=5 Then
(1.1+0.18*(bb/dd1)^2+0.115*0.001*bb)*1.2→kkhβ
"(1.1+.18*(b/d1)^2+.115*.001*b)*1.2"→kkk
ElseIf iso=6 Then
(1.11+0.18*(bb/dd1)^2+0.15*0.001*bb)*1.2→kkhβ
"(1.11+.18*(b/d1)^2+.15*.001*b)*1.2"→kkk
ElseIf iso=7 Then
1.12+0.18*(bb/dd1)^2+0.23*0.001*bb→kkhβ
"1.12+.18*(b/d1)^2+.23*.001*b"→kkk
ElseIf iso=8 Then
1.15+0.18*(bb/dd1)^2+0.31*0.001*bb→kkhβ
"1.15+.18*(b/d1)^2+.31*.001*b"→kkk
EndIf
EndIf
ClrIO
Disp "Según las expresiones analíticas de La-"
Disp "font, ecs. 197-204, siendo:"
Disp var
Disp "con ISO = "&string(iso)
Disp "Khβ ="&kkk
Pause "Khβ = "&string(kkhβ)
Lbl sale
EndPrgm

```

## Subprograma material

### material()

```

Prgm
Lb1 inicio
ClrIO
Output 80,40,"Elija el Material..."
PopUp {"Fundición","Acero Fundido","Acero de Construcción","Acero de
Bonificación","Acero de Cementación","Acero de Nitruración","Definido
por usuario"},tipo1
If tipo1=1 Then
"Fundición"->datmat
Output 80,20,"Elija la Fundición..."
PopUp {"Gris FG 20","Gris FG 26","Gris FG 35","Maleable Negra
F.2.A","Maleable Negra F.2.B","Grafito Esferoidal F.G.E 42-
12","Grafito Esferoidal F.G.E 60-2","Grafito Esferoidal F.G.E 80-
2","Grafito Esferoidal F.G.E 100-0"},tipo11
If tipo11=1 Then
"Gris FG 20"->datmat0
"σHlim=27 daN/mm², σFlim=5 daN/mm²"->datmat1
"Dureza HB=170, Rtm=6 μm"->datmat2
27→σohlim:5→σoflim
ElseIf tipo11=2 Then
"Gris FG 26"->datmat0
"σHlim=31 daN/mm², σFlim=6 daN/mm²"->datmat1
"Dureza HB=210, Rtm=6 μm"->datmat2
31→σohlim:6→σoflim
ElseIf tipo11=3 Then
"Gris FG 35"->datmat0
"σHlim=36 daN/mm², σFlim=8 daN/mm²"->datmat1
"Dureza HB=230, Rtm=6 μm"->datmat2
36→σohlim:8→σoflim
ElseIf tipo11=4 Then
"Maleable Negra F.2.A"->datmat0
"σHlim=36 daN/mm², σFlim=19 daN/mm²"->datmat1
"Dureza HB=140, Rtm=6 μm"->datmat2
36→σohlim:19→σoflim
ElseIf tipo11=5 Then
"Maleable Negra F.2.B"->datmat0
"σHlim=49 daN/mm², σFlim=23 daN/mm²"->datmat1
"Dureza HB=235, Rtm=6 Ó 7 μm"->datmat2
49→σohlim:23→σoflim
ElseIf tipo11=6 Then
"Grafito Esferoidal F.G.E.42-12"->datmat0
"σHlim=36 daN/mm², σFlim=20 daN/mm²"->datmat1
"Dureza HB=170, Rtm=6 Ó 7 μm"->datmat2
36→σohlim:20→σoflim
ElseIf tipo11=7 Then
"Grafito Esferoidal F.G.E.60-2"->datmat0
"σHlim=49 daN/mm², σFlim=22 daN/mm²"->datmat1
"Dureza HB=250, Rtm=6 Ó 7 μm"->datmat2
49→σohlim:22→σoflim
ElseIf tipo11=8 Then
"Grafito Esferoidal F.G.E.80-2"->datmat0
"σHlim=56 daN/mm², σFlim=23 daN/mm²"->datmat1
"Dureza HB=275, Rtm=6 Ó 7 μm"->datmat2
56→σohlim:23→σoflim
ElseIf tipo11=9 Then

```

```

"Grafito Esferoidal F.G.E.100-0"→datmat0
"σHlim=61 daN/mm², σFlim=24 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HB=300, Rtm=6 Ó 7 μm"→datmat2
61→σohlim:24→σoflim
EndIf
ElseIf tipo1=2 Then
"Acero Fundido"→datmat
Output 80,20,"Elija el Acero Fundido..."
PopUp {"F 8106","F 8109"},tipo11
If tipo11=1 Then
"F 8106"→datmat0
"σHlim=34 daN/mm², σFlim=15 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HB=150, Rtm=4 Ó 5 μm"→datmat2
34→σohlim:15→σoflim
ElseIf tipo11=2 Then
"F 8109"→datmat0
"σHlim=42 daN/mm², σFlim=17 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HB=175, Rtm=4 Ó 5 μm"→datmat2
42→σohlim:17→σoflim
EndIf
ElseIf tipo1=3 Then
"Acero de Construcción"→datmat
Output 80,20,"Elija el Acero de Construcción..."
PopUp {"F 1110","F 1130","F 1140","F 1150"},tipo11
If tipo11=1 Then
"F 1110"→datmat0
"σHlim=29 daN/mm², σFlim=17 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HB=125, Rtm=6 μm"→datmat2
29→σohlim:17→σoflim
ElseIf tipo11=2 Then
"F 1130"→datmat0
"σHlim=34 daN/mm², σFlim=19 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HB=150, Rtm=6 μm"→datmat2
34→σohlim:19→σoflim
ElseIf tipo11=3 Then
"F 1140"→datmat0
"σHlim=40 daN/mm², σFlim=20 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HB=180, Rtm=6 μm"→datmat2
40→σohlim:20→σoflim
ElseIf tipo11=4 Then
"F 1150"→datmat0
"σHlim=46 daN/mm², σFlim=22 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HB=208, Rtm=6 μm"→datmat2
46→σohlim:22→σoflim
EndIf
ElseIf tipo1=4 Then
Output 80,20,"Elija tratamiento empleado"
Output 90,20,"para el Acero de Bonificación..."
PopUp {"Normalizado F 1140","Templado y Revenido","Temple Sup. por inducción","Nitruración al Baño"},tipo1
Output 80,20,"Elija el Acero de Bonificación..."
If tipo1=1 Then
"Acero de Bonificación Normalizado"→datmat
"F 1140"→datmat0
"σHlim=59 daN/mm², σFlim=20 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=185, Rtm=3 μm"→datmat2
59→σohlim:20→σoflim
ElseIf tipo1=2 Then
"Acero Bonif. Templado y Revenido"→datmat
Output 80,20,"Elija el Acero de Bonificación..."

```

```

Output  90,20,"templado y revenido"
PopUp  {"F 1201","F 1250","F 1280"},tipo11
If tipo11=1 Then
"F 1201"→datmat0
"σHlim=65 daN/mm², σFlim=27 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=260, Rtm=3 μm"→datmat2
65→σohlim:27→σoflim
ElseIf tipo11=2 Then
"F 1250"→datmat0
"σHlim=67 daN/mm², σFlim=29 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=280, Rtm=3 μm"→datmat2
67→σohlim:29→σoflim
ElseIf tipo11=3 Then
"F 1280"→datmat0
"σHlim=77 daN/mm², σFlim=32 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=310, Rtm=3 μm"→datmat2
77→σohlim:32→σoflim
EndIf
ElseIf tipo1=3 Then
"Acero Bonif.Temple Sup. Inyección"→datmat
Output  80,20,"Elija el Acero de Bonificación..."
Output  90,20,"Temple Sup. a la llama por Inyección"
PopUp  {"F 1140","F 1201","F 1252"},tipo11
If tipo11=1 Then
"F 1140"→datmat0
"σHlim=110 daN/mm², σFlim=27 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=220(n),560(f), Rtm=3 μm"→datmat2
110→σohlim:27→σoflim
ElseIf tipo11=2 Then
"F 1201"→datmat0
"σHlim=128 daN/mm², σFlim=31 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=270(n),610(f), Rtm=3 μm"→datmat2
128→σohlim:31→σoflim
ElseIf tipo11=3 Then
"F 1252"→datmat0
"σHlim=136 daN/mm², σFlim=35 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=275(n),650(f), Rtm=3 μm"→datmat2
136→σohlim:35→σoflim
EndIf
ElseIf tipo1=4 Then
"Acero Bonif.Nitruración al Baño"→datmat
Output  80,20,"Elija el Acero de Bonificación..."
Output  90,20,"por Nitruración al Baño"
PopUp  {"F 1140","F 1250","F 1252"},tipo11
If tipo11=1 Then
"F 1140"→datmat0
"σHlim=110 daN/mm², σFlim=35 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=220(n),400(f), Rtm=3 μm"→datmat2
110→σohlim:35→σoflim
ElseIf tipo11=2 Then
"F 1250"→datmat0
"σHlim=122 daN/mm², σFlim=43 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=275(n),500(f), Rtm=3 μm"→datmat2
122→σohlim:43→σoflim
ElseIf tipo11=3 Then
"F 1252"→datmat0
"σHlim=122 daN/mm², σFlim=43 daN/mm²"→datmat1
"Dureza HV10=275(n),550(f), Rtm=3 μm"→datmat2
122→σohlim:43→σoflim
EndIf

```

```

EndIf
ElseIf tipo1=5 Then
  "Acero de Cementación"→datmat
  Output 80,20,"Elija el Acero de Cementación..."
  PopUp {"F 1516","F 1523","F 1560"},tipo11
  If tipo11=1 Then
    "F 1516"→datmat0
    "σHlim=163 daN/mm², σFlim=46 daN/mm²"→datmat1
    "Dureza HV10=270(n),HV1=720(f),Rtm=3 μm"→datmat2
    163→σσhlim:46→σσflim
  ElseIf tipo11=2 Then
    "F 1523"→datmat0
    "σHlim=163 daN/mm², σFlim=40 daN/mm²"→datmat1
    "Dureza HV10=270(n),HV1=720(f),Rtm=3 μm"→datmat2
    163→σσhlim:40→σσflim
  ElseIf tipo11=3 Then
    "F 1560"→datmat0
    "σHlim=163 daN/mm², σFlim=50 daN/mm²"→datmat1
    "Dureza HV10=400(n),HV1=740(f),Rtm=3 μm"→datmat2
    163→σσhlim:50→σσflim
  EndIf
  ElseIf tipo1=6 Then
    "Acero de Nitruración Gaseosa"→datmat
    "F 1711"→datmat0
    "σHlim=140 daN/mm², σFlim=50 daN/mm²"→datmat1
    "Dureza HV10=320(n),HV1=700(f),Rtm=3 μm"→datmat2
    140→σσhlim:50→σσflim
  ElseIf tipo1=7 Then
    Disp "Defina los valores σHlim y σFlim"
    "Acero definido por usuario"→datmat
    ""→datmat0
    ""→datmat2
    Input "σhlim (daN/mm²)?",σσhlim
    Input "σflim (daN/mm²)?",σσflim
    "σHlim=&string(exact(σσhlim))&"
    σFlim=&string(exact(σσflim))&" daN/mm²"→datmat1
  EndIf
  ClrIO
  Disp "MATERIAL EMPLEADO"
  Disp datmat&" "&datmat0
  Disp datmat1
  Disp datmat2
  Disp "σFlim: límite fatiga superficial"
  Disp "σHlim: límite fatiga tensión Base Diente"
  Disp "Rtm: rugosidad media"
  Disp "Durezas: HB (Brinell) , HV (Vickers)"
  Pause "HV1 (carga 1 Kg) , HV10 (carga 10 Kg)"
  PopUp {"Aceptar material","Probar otro"},var
  If var=2
    Goto inicio
  EndPrgm

```

daN/mm²,

## Subprograma maquimaq

### maquimaq()

```

Prgm
Lbl maq
ClrIO
Output 0,0," Cálculo del FACTOR DE APLICACIÓN KA"
Output 10,0,"Seleccione las características de trans-"
Output 20,0,"misión de cada una de las máquinas"
Output 30,0,"según transmisión uniforme, de choques"
Output 40,0,"medios o de choques uniformes"
Output 50,0,"Busque la máquina adecuada según las"
Output 60,0,"descripciones y cuando la haya encontra-"
Output 70,0,"do, pulse Aceptar. Cuando lo haya hecho"
Output 80,0,"en las dos máq., pulse en 'Seguir'"
Toolbar
Title "Máq. Accionamiento"
Item "Uniforme",uni1
Item "Choques Medios",med1
Item "Choques Fuertes",fuer1
Title "Máq. Trabajo"
Item "Uniforme",uni2
Item "Choques Medios",med2
Item "Choques Fuertes",fuer2
Title "Seguir",sal
EndTBar
Lbl uni1
ClrIO
Disp "Motor eléctrico"
Disp "Turbina vapor"
Pause "Turbina gas"
PopUp {"Aceptar","Otro tipo"},var
If var=1
uni1→maq1
Goto maq
Lbl med1
ClrIO
Disp "Motor combustión interna cilindros 4-6"
Pause "Turbina de agua"
PopUp {"Aceptar","Otro tipo"},var
If var=1
med1→maq1
Goto maq
Lbl fuer1
ClrIO
Disp "Motores combustión interna 1-3 cilindros"
PopUp {"Aceptar","Otro tipo"},var
If var=1
fuer1→maq1
Goto maq
Lbl uni2
ClrIO
Disp "Generadores eléctricos"
Disp "Transportadores ligeros (elevadores,cin-"
Disp "tas tornillos sin fin)"
Disp "Turbosoplantes y turbocompresores"
Disp "Agitadores y mezcladores líquidos homo-"
Disp "geneos"
Disp "Bombas centrífugas materiales líquidos"
Pause "Escaleras mecánicas"

```

```

PopUp {"Aceptar","Otro tipo"},var
If var=1
uni2→maq2
Goto maq
Lbl med2
ClrIO
Disp "Agitadores y mezcladores productos no"
Disp "homogéneos"
Disp "Equipos maquinaria elevación"
Disp "Transportadores pesados (elevadores,"
Disp "cintas,cangilones,...)"
Disp "Grandes ventiladores"
Disp "Bombas de pistones múltiples,bombas de"
Pause "distribución"
ClrIO
Disp "Compresores de émbolo con volante de"
Disp "impulsión"
Disp "Laminadores continuos y vías de rodillos"
Disp "Hornos giratorios"
Disp "Vibradores"
Pause "Máq. textil y similar"
PopUp {"Aceptar","Otro tipo"},var
If var=1
med2→maq2
Goto maq
Lbl fuer2
ClrIO
Disp "Prensas de embutidos, Cizallas"
Disp "Laminadores Blooming"
Disp "Líneas de rodillos blooming-slabbing"
Disp "Amasadores y laminadores de goma,"
Disp "calandrias"
Pause "Palas mecánicas,excavadoras,trituradoras"
ClrIO
Disp "Centrifugadores pesados"
Disp "Grandes bombas de émbolos"
Disp "Volcadores siderúrgicos, molinos"
Disp "Grandes compresores de émbolo sin "
Disp "volante de inercia"
Pause "Punzonadoras"
PopUp {"Aceptar","Otro tipo"},var
If var=1
fuer2→maq2
Goto maq
Lbl sal
If getType(maq1)="NONE" or getType(maq2)="NONE" Then
ClrIO
Disp "No se han definido correctamente las"
Disp "máquinas de accionamiento y/o de trabajo"
Pause "Selecciónelas , y pulse 'Aceptar'"
ClrIO:Goto maq
EndIf
If (maq1=uni1 or maq1=med1 or maq1=fuer1) and (maq2=uni2 or maq2=med2
or maq2=fuer2) Then
If string(maq1)=string(uni1) Then
If string(maq2)=string(uni2) Then
1→kka
ElseIf string(maq2)=string(med2) Then
1.25→kka
ElseIf string(maq2)=string(fuer2) Then

```

```

1.75→kka
EndIf
ElseIf string(maq1)=string(med1) Then
If string(maq2)=string(uni2) Then
1.25→kka
ElseIf string(maq2)=string(med2) Then
1.5→kka
ElseIf string(maq2)=string(fuer2) Then
2→kka
EndIf
ElseIf string(maq1)=string(fuer1) Then
If string(maq2)=string(uni2) Then
1.5→kka
ElseIf string(maq2)=string(med2) Then
1.75→kka
ElseIf string(maq2)=string(fuer2) Then
2.25→kka
EndIf
EndIf
EndIf
EndPrgm

```

## Subprograma matrimaq

### matrimaq()

Prgm

```

[[0,0.21,0.23][1,0.215,0.235][2,0.22,0.245][3,0.23,0.25][4,0.236,0.259]
][5,0.243,0.263][6,0.25,0.27][7,0.254,0.275][8,0.258,0.28][9,0.26,0.28
2][10,0.264,0.285][11,0.268,0.288][12,0.27,0.29][13,0.273,0.293][14,0.
275,0.295][15,0.277,0.297][16,0.278,0.298][17,0.279,0.299][18,0.28,0.3
][19,0.28,0.301][20,0.281,0.302][21,0.282,0.306][22,0.285,0.308][23,0.
288,0.31][24,0.29,0.312][25,0.291,0.316][26,0.296,0.32][27,0.3,0.322][
28,0.302,0.326][29,0.306,0.328][30,0.31,0.33]]→matc2 @puntos C2
[[1,0.9,0.9,0.9][2,0.92,0.912,0.905][3,0.93,0.92,0.91][4,0.935,0.925,0
.913][5,0.938,0.926,0.915][6,0.941,0.928,0.916][7,0.943,0.929,0.917][8
,0.947,0.93,0.918][9,0.95,0.93,0.918][10,0.95,0.93,0.916][11,0.951,0.9
3,0.915][12,0.952,0.929,0.914][13,0.953,0.928,0.913][14,0.953,0.928,0.
912][15,0.953,0.928,0.911][16,0.953,0.926,0.91][17,0.953,0.926,0.909][
18,0.952,0.925,0.908][19,0.951,0.924,0.907][20,0.95,0.923,0.906][21,0.
95,0.922,0.904][22,0.95,0.921,0.902][23,0.949,0.92,0.9][24,0.948,0.919
,0.896][25,0.946,0.918,0.894][26,0.943,0.917,0.893][27,0.941,0.916,0.8
9][28,0.939,0.914,0.887][29,0.937,0.912,0.885][30,0.935,0.91,0.883][31
,0.933,0.91,0.881][32,0.931,0.906,0.878][33,0.93,0.901,0.875][34,0.929
,0.9,0.872][35,0.928,0.898,0.87][36,0.926,0.894,0.868][37,0.924,0.89,0
.866][38,0.922,0.886,0.864][39,0.921,0.884,0.862][40,0.92,0.882,0.859]
[41,0.918,0.88,0.854][42,0.914,0.878,0.85][43,0.91,0.877,0.847][44,0.9
06,0.876,0.843][45,0.903,0.875,0.838][46,0.9,0.872,0.836][47,0.898,0.8
7,0.834][48,0.895,0.866,0.832][49,0.892,0.863,0.831][50,0.89,0.86,0.83
]]→c3iso5 @puntos C3 iso 5
[[1,0.81,0.81,0.81][2,0.83,0.827,0.821][3,0.84,0.835,0.83][4,0.862,0.8
45,0.835][5,0.871,0.855,0.842][6,0.88,0.862,0.847][7,0.887,0.868,0.851
][8,0.895,0.872,0.854][9,0.9,0.875,0.855][10,0.902,0.877,0.856][11,0.9
03,0.877,0.856][12,0.904,0.877,0.854][13,0.902,0.876,0.853][14,0.902,0
.875,0.852][15,0.901,0.874,0.85][16,0.9,0.873,0.848][17,0.9,0.872,0.84
3][18,0.899,0.871,0.841][19,0.896,0.87,0.839][20,0.894,0.868,0.837][21
,0.892,0.866,0.835][22,0.889,0.863,0.832][23,0.886,0.86,0.829][24,0.88
4,0.854,0.825][25,0.882,0.85,0.821][26,0.88,0.847,0.818][27,0.878,0.84
4,0.815][28,0.876,0.84,0.808][29,0.874,0.837,0.803][30,0.872,0.834,0.7

```



```

98][31,0.87,0.831,0.793][32,0.868,0.83,0.789][33,0.865,0.829,0.785][34
,0.86,0.824,0.78][35,0.85,0.82,0.775]]→c3iso7 @puntos C3 iso 7
[[f,1,2,4,6,8,10][iso5,1,1.03,1.07,1.1,1.14,1.17][iso7,1.05,1.08,1.14,
1.19,1.23,1.27]]→factorc3 @factor C3 recto
{0.12,0.16,0.2,0.25,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.25,1.5,2,2.5,3,4,5
,6,8,10,12,16,20,25,32,40,50}→normam1 @m serie I
{0.12,0.14,0.16,0.18,0.2,0.22,0.25,0.28,0.3,0.35,0.4,0.45,0.5,0.55,0.6
,0.65,0.7,0.75,0.8,0.85,0.9,0.95,1,1.125,1.25,1.375,1.5,1.75,2,2.25,2.
5,2.75,3,3.5,4,4.5,5,5.5,6,7,8,9,10,11,12,14,16,18,20,22,25,28,32,36,4
0,45,50}→normam2 @m serie II
{0.12,0.14,0.16,0.18,0.2,0.22,0.25,0.28,0.3,0.35,0.4,0.45,0.5,0.55,0.6
,0.65,0.7,0.75,0.8,0.85,0.9,0.95,1,1.125,1.25,1.375,1.5,1.75,2,2.25,2.
5,2.75,3,3.25,3.5,3.75,4,4.25,4.5,4.75,5,5.25,5.5,5.75,6,6.5,7,8,9,10,
11,12,14,16,18,20,22,25,27,28,30,32,36,39,40,42,45,50}→normam3 @m
serie III
[[32,60,29,55,25,50,22,45][30,50,27,45,25,40,20,35][26,45,23,40,21,35,
18,30][24,40,21,35,19,31,18,26][21,32,19,29,16,25,14,22]]→piñon
@orientación Niemann u=1,2,4,8
EndPrgm

```

## Subprograma penetmaq

### penetmaq()

```

Prgm
Lbl inicio
ClrIO
If getType(xx1)="NONE" Then
Disp "No se han definido los desplazamientos"
Disp "x1,x2"
Disp "A continuación se calcularán previamente"
Output 90,0,"(Pulse 'ENTER' para continuar)"
Pause
maquina\despmaq()
Goto inicio
EndIf
If getType(aan)="NONE" Then
Disp "Introduzca el dato..."
Lbl an
Input "an (áng. presión ref. normal)?",aan
If getType(aan)≠"NUM" or int(aan)≠aan
Goto an
ClrIO
EndIf
Disp "No existirá penetración si:"
Output 10,0,z/(1-x)≥2/(sin(α))^2
Output 9,0," Z "
Output 16,0,"----"
Output 22,0," 1-x "
approx(2*(1-xx1)/(sin(aan))^2)→zx1
approx(2*(1-xx2)/(sin(aan))^2)→zx2
Disp ""
Disp "Piñón: Z1 ≥ "&string(zx1)
If zz1≥zx1 Then
Disp "No Penetración pues "&string(zz1)& " ≥ "&string(zx1)
Else
Disp "Penetración pues "&string(zz1)& " < "&string(zx1)
EndIf
Disp "Rueda: Z2 ≥ "&string(zx2)
If zz2≥zx2 Then

```

```

Disp  "No Penetración pues "&string(zz2)&" ≥ "&string(zx2)
Else
Disp  "Penetración pues "&string(zz2)&" < "&string(zx2)
EndIf
Pause
ClrIO
If zz1<zx1 or zz2<zx2 Then
1→hhh_
If  zz1<zx1 and zz2<zx2
"Modifique Z1 y Z2"→iji
If  zz1<zx1 and zz2>zx2
"Modifique Z1"→iji
If  zz1>zx1 and zz2<zx2
"Modifique Z2"→iji
Disp  "Al existir penetración, debe modificar"
Disp  "el dentado para un diseño correcto"
Disp  "pues un dentado con penetración presenta"
Pause  "fallo. "&iji
DelVar  iji,iii
ClrIO
If zz1<zx1 and zz2>zx2 Then
{"Mantener u","Mantener Z2"}→var
zz1→iii:zx1→kkk:"piñón"→hhh:"Z1"→iji
ElseIf zz1>zx1 and zz2<zx2 Then
{"Mantener u","Mantener Z1"}→var
zz2→iii:zx2→kkk:"rueda"→hhh:"Z2"→iji
EndIf
If zz1<zx1 and zz2>zx2 or zz1>zx1 and zz2<zx2 Then
Lbl  zz
Dialog
Title  "Modificación del dentado por penetración"
Text  "
Text  "Elija un valor que cumpla:"
Text  iji&" ≥ "&string(kkk)
Text  ""
Request  iji&" (dientes "&hhh&")?",iii
Text  ""
DropDown  "Seleccione: ",var,jjj
Text  ""
EndDlog
Try
expr(iii)→iii
Else
ClrErr
Goto  zz
EndTry
If  getType(iii)≠"NUM" or int(iii)≠iii
Goto  zz
If  iii<kkk
Goto  zz
If  mid(iji,2,2)="1"
iii→zz1
If  jjj=1
approx(zz1*uu)→zz2
If  mid(iji,2,2)="2"
iii→zz2
If  jjj=1
approx(zz2/uu)→zz1
If  jjj=1 Then
Disp  "Nuevos dentados"

```

```

Disp  "Z1 = "&string(zz1)
Disp  "Z2 = "&string(zz2)
Pause "u = "&string(uu)
EndIf
If jjj=2 Then
approx(zz2/zz1)->uu
Disp  "Nuevo Coeficiente Transmisión u"
Disp  "u = "&string(uu)
Disp  "Dentados"
Disp  "Z1 = "&string(zz1)
Pause "Z2 = "&string(zz2)
EndIf
ElseIf zz1<zx1 and zz2<zx2 Then
Lbl  zz2
Dialog
Title "Modificación del dentado por penetración"
Text  "
Text  "Elija valores que cumplan:"
Text  ""
Text  "Z1 ≥ "&string(zx1)
Request "Z1 (dientes piñón) ?",zz1
Text  ""
Text  "Z2 ≥ "&string(zx2)
Request "Z2 (dientes rueda) ?",zz2
Text  ""
EndDlog
Try
expr(zz1)->zz1:expr(zz2)->zz2
Else
ClrErr
Goto  zz2
EndTry
If  getType(zz1)≠"NUM" or int(zz1)≠zz1
Goto  zz2
If  getType(zz2)≠"NUM" or int(zz2)≠zz2
Goto  zz2
If  zz1<zx1 or zz2<zx2
Goto  zz2
approx(zz2/zz1)->uu
Disp  "Nuevos dentados"
Disp  "Z1 = "&string(zz1)
Disp  "Z2 = "&string(zz2)
Disp  "Nuevo Coeficiente Transmisión u"
Pause "u = "&string(uu)
EndIf
ClrIO
If int(zz1)≠zz1 or int(zz2)≠zz2 Then
Disp  "Redondeo de dentados a n° enteros"
If int(zz1)≠zz1 Then
If ceiling(zz1)-zz1>0.5 Then
int(zz1)->zz1
Else
ceiling(zz1)->zz1
EndIf
EndIf
If int(zz2)≠zz2 Then
If ceiling(zz2)-zz2>0.5 Then
int(zz2)->zz2
Else
ceiling(zz2)->zz2

```

```

EndIf
EndIf
approx(zz2/zz1)->uu
Disp "Dentados normalizados"
Disp "Z1 = "&string(zz1)
Disp "Z2 = "&string(zz2)
Disp "Coeficiente Transmisión u"
Pause "u = "&string(uu)
ClrIO
EndIf
ClrIO
Disp "Comprobación final de no penetración"
Disp "El programa volverá a presentar la con-"
Disp "dición de no penetración para que com-"
Disp "pruebe si la cumple"
Disp "Repita todos los cálculos desde el prin"
Disp "cipio pues el dentado y/o el coeficiente"
Disp "de transmisión han variado y lo ante-"
Disp "rior no es válido"
Pause "Pulse cualquier tecla para continuar"
ClrIO
Goto inicio
EndIf
ClrIO
EndPrgm

```

---

## Subprograma pinonmaq

### pinonmaq()

```

Prgm
ClrIO
DelVar v1,v2,v3,v4,datx1,datx2
If getType(datmat)="NONE" Then
Disp "No se ha definido el material. Necesita"
Disp "elegir un material para obtener el"
Pause "dentado. A continuación podrá elegirlo"
ClrIO
maquina\material()
ClrIO
EndIf
Disp "Cálculo del dentado del piñón"
If datmat="Acero definido por usuario" Then
Disp "Acero Definido por Usuario..."
{"Templado-Endurecido HB<230","Templado-Endurecido
HB<300","Fundiciones","Nitrurado","Cementado"}->tipoacer
Dialog
Title "Orientación de Niemman: fig. 97 de Lafont"
Text " Elección del n° de dientes Z1 "
Text ""
Text ""
DropDown "Acero ? ",tipoacer,var3
Text ""
Request "Relación transm. u ?",uu
Text ""
DropDown "Valor Intervalo ? ",{"Central","El más pequeño"},var2
Text ""
EndDlog
ClrIO
ElseIf datmat="Acero de Bonificación Normalizado" Then

```

```

"Templado o endurecidos HB<230"→datnie
1→var3
ElseIf datmat="Acero Bonif. Templado y Revenido" or datmat="Acero
Bonif.Temple Sup. Inyección" Then
"Templado o endurecidos HB<300"→datnie
2→var3
ElseIf datmat="Fundición" or datmat="Acero Fundido" or datmat="Acero
de Construcción" Then
"Fundiciones"→datnie
3→var3
ElseIf datmat="Acero Bonif.Nitruración al Baño" or datmat="Acero de
Nitruración Gaseosa" Then
"Nitrurado"→datnie
4→var3
ElseIf datmat="Acero de Cementación" Then
"Cementado"→datnie
5→var3
EndIf
If datmat≠"Acero definido por usuario" Then
Lbl orienta
Dialog
Title "Orientación de Niemman: fig. 97 de Lafont"
Text " Elección del n° de dientes Z1 "
Text ""
Text ""
Text "Acero "&datnie
Text ""
Request "Relación transm. u ?",uu
Text ""
DropDown "Valor Intervalo ? ",{"Central","El más pequeño"},var2
Text ""
EndDlog
EndIf
Try
expr(uu)→uu
Else
ClrErr
Goto orienta
EndTry
If uu=1 Then
If var2=1 Then
piñon[var3,1]→v1
piñon[var3,2]→v2
approx((v1+v2)/2)→zz1
ElseIf var2=2 Then
piñon[var3,1]→zz1
piñon[var3,2]→v2
EndIf
ElseIf uu>1 and uu<2 Then
If var2=1 Then
piñon[var3,1]→v1
piñon[var3,2]→v2
piñon[var3,3]→v3
piñon[var3,4]→v4
(v1+v2)/2→daty1
(v3+v4)/2→daty2
ElseIf var2=2 Then
piñon[var3,1]→daty1
piñon[var3,2]→v2
piñon[var3,3]→daty2

```

```

piñon[var3,2]→v4
EndIf
1→datx1
2→datx2
(uu-datx1)*(daty2-daty1)/(datx2-datx1)+daty1→zz1
ElseIf uu=2 Then
If var2=1 Then
piñon[var3,3]→v1
piñon[var3,4]→v2
(v1+v2)/2→zz1
ElseIf var2=2 Then
piñon[var3,3]→zz1
piñon[var3,4]→v2
EndIf
ElseIf uu>2 and uu<4 Then
If var2=1 Then
piñon[var3,3]→v1
piñon[var3,4]→v2
piñon[var3,5]→v3
piñon[var3,6]→v4
(v1+v2)/2→daty1
(v3+v4)/2→daty2
ElseIf var2=2 Then
piñon[var3,3]→daty1
piñon[var3,4]→v2
piñon[var3,5]→daty2
piñon[var3,6]→v4
EndIf
2→datx1
4→datx2
(uu-datx1)*(daty2-daty1)/(datx2-datx1)+daty1→zz1
ElseIf uu=4 Then
If var2=1 Then
piñon[var3,5]→v1
piñon[var3,6]→v2
(v1+v2)/2→zz1
ElseIf var2=2 Then
piñon[var3,5]→zz1
piñon[var3,6]→v2
EndIf
ElseIf uu>4 and uu<8 Then
If var2=1 Then
piñon[var3,5]→v1
piñon[var3,6]→v2
piñon[var3,7]→v3
piñon[var3,8]→v4
(v1+v2)/2→daty1
(v3+v4)/2→daty2
ElseIf var2=2 Then
piñon[var3,5]→daty1
piñon[var3,6]→v2
piñon[var3,7]→daty2
piñon[var3,8]→v4
EndIf
4→datx1
8→datx2
(uu-datx1)*(daty2-daty1)/(datx2-datx1)+daty1→zz1
ElseIf uu=8 Then
If var2=1 Then
piñon[var3,7]→v1

```

```

piñon[var3,8]→v2
(v1+v2)/2→zz1
ElseIf var2=2 Then
piñon[var3,7]→zz1
piñon[var3,8]→v2
EndIf
EndIf
Disp "Para el tipo de acero seleccionado :"
Disp datnie
If (uu=1 or uu=2 or uu=4 or uu=8) and getType(v1)="NONE" Then
Disp "con u = "&string(uu)&" → ("&string(zz1)&".."&string(v2)&")"
ElseIf (uu=1 or uu=2 or uu=4 or uu=8) and getType(v1)≠"NONE" Then
Disp "con u = "&string(uu)&" → ("&string(v1)&".."&string(v2)&")"
ElseIf (uu≠1 or uu≠2 or uu≠4 or uu≠8) and getType(v1)="NONE" Then
Disp "con u = "&string(datx1)&" →
("&string(daty1)&".."&string(v2)&")"
Disp "con u = "&string(datx2)&" →
("&string(daty2)&".."&string(v4)&")"
ElseIf (uu≠1 or uu≠2 or uu≠4 or uu≠8) and getType(v1)≠"NONE" Then
Disp "con u = "&string(datx1)&" → ("&string(v1)&".."&string(v2)&")"
Disp "con u = "&string(datx2)&" → ("&string(v3)&".."&string(v4)&")"
EndIf
If var2=1 Then
Disp "en el valor central del intervalo"
Else
Disp "en el valor más pequeño del intervalo"
EndIf
If uu=1 or uu=2 or uu=4 or uu=8 Then
Disp "resulta : "
Else
Disp "resulta, con u = "&string(uu)&" : "
EndIf
approx(zz1)→zz1
Disp "Z1 = "&string(zz1)
If int(zz1)=zz1 Then
uu*zz1→zz2
Pause "El valor de Z2 es: Z2 = "&string(zz2)
Goto salir
EndIf
If ceiling(zz1)-zz1>0.5 Then
int(zz1)→zz1
Else
ceiling(zz1)→zz1
EndIf
Pause "Redondeando, queda: Z1 = "&string(zz1)
ClrIO
uu*zz1→zz2
If int(zz2)≠zz2 Then
Disp "El valor de Z2 es: Z2 = "&string(zz2)
If ceiling(zz2)-zz2>0.5 Then
int(zz2)→zz2
Else
ceiling(zz2)→zz2
EndIf
Disp "Redondeando a n° entero queda: Z2 = "&string(zz2)
EndIf
If zz2/zz1≠uu Then
Disp "El coeficiente de transmisión dado como"
Disp "dato era u = "&string(uu)
Disp "Debido a los redondeos hechos a Z1-Z2"

```

```

Disp "el coeficiente ha variado ligeramente y"
zz2/zz1→uu
Pause "queda: u = "&string(uu)
EndIf
Lbl salir
ClrIO
Disp "Comprobemos si existe penetración"
Disp "es decir, si con el dentado calculado"
Disp "la cabeza de la herramienta penetra en"
Disp "la base del diente dañándolo"
If getType(xx1)="NONE"
Disp "Calcularemos primero los desplazamientos"
Pause
ClrIO
If getType(xx1)="NONE"
maquina\despmaq()
ClrIO
maquina\penetmaq()
Lbl salir2
EndPrgm

```

---

## Subprograma ppmaq

```

ppmaq()
Prgm
ClrIO
ccb1*ccb2*ccb3*ccb4*ccb5*ccb6*ccb7/kkbf→pqt
If getType(pqt)≠"NUM" Then
Disp "Falta por definir factores CB1...CB7"
Pause "y/o Kbf"
ClrIO
Goto sale
EndIf
Disp "*POTENCIA TRANSMISIBLE (en KW) Pt2"
Output
10,35,"CB1"&char(183)&"CB2"&char(183)&"CB3"&char(183)&"CB4"&char(183)&
"CB5"&char(183)&"CB6"&char(183)&"CB7"
Output 17,0,"Pt2 ="
Output 17,35,"-----"
Output 24,1000,"Kbf"
Disp "Pt2 = "&string(pqt)
Disp "La Potencia necesaria era:"
Disp "P = "&string(pp)
If pqt>pp Then
Disp "Diseño válido: "&"Pt2"&" > "&"P ante fallo "
Else
Disp "Diseño incorrecto: "&"Pt2"&" < "&"P ante fallo "
EndIf
Pause "por fatiga en la base del diente"
ClrIO
Lbl sale
EndPrgm

```

---



## Subprograma resulmaq

### resulmaq()

```

Prgm
ClrIO
If getType(bb)≠"NUM" or getType(mm)≠"NUM" or getType(pp)≠"NUM" or
getType(ppt)≠"NUM" or getType(pqt)≠"NUM" Then
Disp "Cálculo incompleto. Hay variables sin"
Pause "calcular. Complete el cálculo"
Goto sale
EndIf
ClrIO
"D I S E Ñ O   G E O M É T R I C O"→lista
Output 40,0,lista
1→iii
1→jjj
For iii,1,2
For jjj,1,34
Output 40, jjj, mid(lista,1, jjj)
EndFor
EndFor
ClrIO
1→iii
For iii,1,20
Output 40,20, lista
EndFor
ClrIO
Disp "Anchura: b = "&string(bb)&" , Módulo: m = "&string(mm)
Disp "Radio piñón,rueda: r1 = "&string(exact(rr1))&" , r2 =
"&string(exact(rr2))
Disp "Dentado piñón,rueda: Z1 = "&string(exact(zz1))&" , Z2 =
"&string(exact(zz2))
Disp "Potencia Nominal necesaria: P = "&string(pp)
Disp "Potencia fatiga superf.: Pt1 = "&string(ppt)
ppt/pp→fallo1
expr(mid(string(fallo1),1,5))→fallo1
Disp "Seguridad fatiga sup. = "&string(fallo1)
Disp "Pot. fatiga base diente: Pt2 = "&string(pqt)
pqt/pp→fallo2
expr(mid(string(fallo2),1,5))→fallo2
Disp "Seg. fatiga base diente = "&string(fallo2)
Pause
Lbl sale
EndPrgm

```

---

## Subprograma shlimaq

### shlimaq()

```

Prgm
Lbl khβ
ClrIO
Disp "Calculamos previamente khβ"
maquina\khbmaq()
Lbl con
ClrIO
Disp "Cálculo del valor de ohlim"
Disp "Según la ec. 217 de Lafont:"
Disp
ohlim=√((6*1000000)*ze*(1/d1)*√(p*kb*kha*khβ*(u+1)/(b*n1*ç2*ç3*ç4*u))

```

```

zze*sqrt(kkb*(pp/nn1)*(6/(pi))*((uu+1)/uu)*10000000.*(kkh*kkh/(bb*dd1^2))
*(1/(cc2*cc3*cc6))) -> soshlim0
Disp "ohlim = "&string(soshlim0)
Pause "Busque material con ese límite máximo"
ClrIO
maquina\material()
PopUp {"Aceptar material","Buscar otro material"},var
ClrIO
If var=1 and soshlim>soshlim0 Then
Disp "El material es correcto, pues"
Disp "ohlim = "&string(soshlim)&" > "&string(soshlim0)
ElseIf var=1 and soshlim<soshlim0 Then
Disp "El material no vale, pues"
Disp "ohlim = "&string(soshlim)&" < "&string(soshlim0)
ElseIf var=2 Then
Goto con
EndIf
Pause
EndPrgm

```

## 8.- DESCRIPCIÓN DE CÓMO SE OBTUVIERON LOS DATOS DE ALGUNAS DE LAS GRÁFICAS Y TABLAS DEL TEXTO DE LAFONT. JUSTIFICACIONES.

### Cálculo de $Y_{FS}$ .

Se obtuvo de la fig. 54 de Lafont, pág. 96. Se construyeron una serie de tablas basadas en la observación de dicha gráfica, tablas que se introdujeron en la calculadora.

Las tablas (según el desplazamiento y el nº dentado normal equivalente) son:

<b>X=0</b>							
<b>Z<sub>n</sub></b>	16,5	20	25	30	40	50	60
<b>Y<sub>FS</sub></b>	4,9	4,67	4,49	4,39	4,3	4,27	4,27

X=0.1								
Zn	14,3	16	20	25	30	40	50	60
YFS	4.87	4.74	4.54	4.42	4.35	4.29	4.28	4.30

X=0.2								
Zn	12,3	16	20	25	30	40	50	60
YFS	4.85	4.59	4.46	4.37	4.32	4.29	4.29	4.30

X=0,3										
Zn	10,3	12	15	18	20	25	30	40	50	60
YFS	4.83	4.67	4.51	4.42	4.38	4.33	4.31	4.30	4.31	4.33

X=0,4										
Zn	8,3	10	12	16	20	25	30	40	50	60
YFS	4.81	4.63	4.51	4.38	4.33	4.31	4.30	4.31	4.33	4.35

X=0,5											
Zn	7	9	11	14	17	20	25	30	40	50	60
Y <sub>FS</sub>	4,68	4,51	4,41	4,34	4,30	4,29	4,29	4,30	4,32	4,35	4,37

X=0,6											
Zn	7,5	9	11	13	15	20	25	30	40	50	60
Y <sub>FS</sub>	4,39	4,32	4,28	4,26	4,25	4,27	4,28	4,30	4,33	4,35	4,40

X=0,7											
Zn	9	11	15	17	20	25	30	40	50	60	
Y <sub>FS</sub>	4,17	4,18	4,20	4,22	4,23	4,27	4,30	4,33	4,39	4,42	

X=0,8											
Zn	11	15	20	30	40	50	60				
Y <sub>FS</sub>	4,07	4,14	4,21	4,31	4,35	4,39	4,43				

X=-0,1						
Zn	18,3	25	30	40	50	60
Y <sub>FS</sub>	4,93	4,57	4,45	4,32	4,27	4,25

X=-0,2						
Zn	20,3	25	30	40	50	60
Y <sub>FS</sub>	4,98	4,70	4,52	4,36	4,28	4,24

X=-0,3					
Zn	23	30	40	50	60
Y <sub>FS</sub>	5,02	4,63	4,41	4,28	4,24

X=-0,4				
Zn	24	30	40	50
Y <sub>FS</sub>	5,09	4,73	4,47	4,33

X=-0,5				
Zn	26	30	40	50
Y <sub>FS</sub>	5,15	4,90	4,55	4,39

Este factor  $Y_{FS}$ , como ya se ha dicho, sirve para calcular el factor  $C_{B4}$ . El programa calcula los valores en base a interpolaciones lineales entre 2 valores contiguos. A primera vista parece impensable, pero si se observan en la figura los tramos comprendidos entre dos valores, se apreciará que en todos se pueden asimilar a tramos rectos, por lo que es viable aplicar las interpolaciones, por lo que se puede calcular para toda la gama de valores. La elección de los tramos rectos fue la acertada para poder llevar a cabo los cálculos. Para algunos valores de desplazamientos fueron necesarios más datos que para otros, depende de la curva en cuestión.

### Cálculo de $C_{B7}$ .

La figura 100 de Lafont es de tramos rectos y es muy fácil de determinar. Según la expresión de la ecuación de la recta tangente, para el tramo no horizontal:

$$y - y_0 = m \cdot (x - x_0) , \text{ con } m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

Tomamos los puntos iniciales los mismos para las 3 rectas:  $x_0 = 5$  ,  $y_0 = 1$ .

a) Curva a:  $x_1 = 30$  ,  $y_1 = 0,725$  ,  $m = -0,0110$

Si  $0 < m < 5 \rightarrow C_{B7} = 1,0$

Si  $5 \leq m \leq 30 \rightarrow C_{B7} = 1 - 0,0110 \cdot (m - 5)$

Si  $m > 30 \rightarrow C_{B7} = 0,725$

b) Curva b:  $x_1 = 30$  ,  $y_1 = 0,635$  ,  $m = -0,0146$

Si  $0 < m < 5 \rightarrow C_{B7} = 1,0$

Si  $5 \leq m \leq 30 \rightarrow C_{B7} = 1 - 0,0146 \cdot (m - 5)$

Si  $m > 30 \rightarrow C_{B7} = 0,635$

c) Curva c:  $x_1 = 25$  ,  $y_1 = 0,615$  ,  $m = -0,01925$

Si  $0 < m < 5 \rightarrow C_{B7} = 1,0$

Si  $5 \leq m \leq 25 \rightarrow C_{B7} = 1 - 0,01925 \cdot (m - 5)$

Si  $m > 30 \rightarrow C_{B7} = 0,615$

### Cálculo de $C_3$ .

Para calcular el factor  $C_3$  helicoidal, se toman puntos de la figura 90 a, para las calidades ISO 5 y 7. Aunque en otra parte de este trabajo se dijo que únicamente se podrían trabajar las calidades 5,6,7,8, de hecho, solamente se podrían calcular problemas con ISO 5 y 7 precisamente por este cálculo. No obstante, se ha mantenido la posibilidad de usar las otras dos calidades por si se pudiera usar otra alternativa.

Las tablas de puntos se construirán para cada una de las dos calidades, según la velocidad tangencial del piñón y los dentados del piñón 20, 25 y 30, que recogen las bandas interiores donde está definido el factor  $C_3$ . En caso de que el dentado se salga de las bandas se extrapolará, mientras que si está en el interior de la banda, se interpolará. Dada la gran cantidad de puntos tomados, se pueden establecer relaciones lineales que liguen los datos para obtener el factor.

Factor $C_3$ helicoidal ISO 5			
$V_{t1}$	$Z_1=20$	$Z_1=25$	$Z_1=30$
0	0,9	0,9	0,9
1	0,9	0,9	0,9
2	0,92	0,912	0,905
3	0,93	0,92	0,91
4	0,935	0,925	0,913
5	0,938	0,926	0,915
6	0,941	0,928	0,916
7	0,943	0,929	0,917
8	0,947	0,930	0,918
9	0,95	0,930	0,918
10	0,95	0,930	0,916
11	0,951	0,930	0,915
12	0,952	0,929	0,914
13	0,953	0,928	0,913
14	0,953	0,928	0,912
15	0,953	0,928	0,911
16	0,953	0,926	0,910
17	0,953	0,926	0,909

<b>Factor C3 helicoidal ISO 5 (continuación)</b>			
<b><math>v_{t1}</math></b>	<b><math>Z_1=20</math></b>	<b><math>Z_1=25</math></b>	<b><math>Z_1=30</math></b>
18	0,952	0,925	0,908
19	0,951	0,924	0,907
20	0,950	0,923	0,906
21	0,950	0,922	0,904
22	0,950	0,921	0,902
23	0,949	0,920	0,900
24	0,948	0,919	0,896
25	0,946	0,918	0,894
26	0,943	0,917	0,893
27	0,941	0,916	0,890
28	0,939	0,914	0,887
29	0,937	0,912	0,885
30	0,935	0,910	0,883
31	0,933	0,910	0,881
32	0,931	0,906	0,878
33	0,930	0,901	0,875
34	0,929	0,900	0,872
35	0,928	0,898	0,870
36	0,926	0,894	0,868
37	0,924	0,890	0,866
38	0,922	0,886	0,864
39	0,921	0,884	0,862
40	0,920	0,882	0,859
41	0,918	0,880	0,854
42	0,914	0,879	0,850
43	0,910	0,877	0,847
44	0,906	0,876	0,843
45	0,903	0,875	0,838
46	0,900	0,872	0,836
47	0,898	0,870	0,834
48	0,895	0,866	0,832
49	0,892	0,863	0,831
50	0,890	0,860	0,830

<b>Factor C3 helicoidal ISO 7</b>			
<b><math>v_{t1}</math></b>	<b><math>Z_1=20</math></b>	<b><math>Z_1=25</math></b>	<b><math>Z_1=30</math></b>
0	0,81	0,81	0,81
1	0,81	0,81	0,81
2	0,83	0,827	0,821
3	0,84	0,835	0,830
4	0,862	0,845	0,835
5	0,871	0,855	0,842
6	0,88	0,862	0,847
7	0,887	0,868	0,851
8	0,895	0,872	0,854
9	0,90	0,875	0,855
10	0,902	0,877	0,856
11	0,903	0,877	0,856
12	0,904	0,877	0,854
13	0,902	0,876	0,853
14	0,902	0,875	0,852
15	0,901	0,874	0,85
16	0,90	0,873	0,848

<b>Factor C3 helicoidal ISO 7 (continuación)</b>			
<b><math>v_{t1}</math></b>	<b><math>Z_1=20</math></b>	<b><math>Z_1=25</math></b>	<b><math>Z_1=30</math></b>
17	0,90	0,872	0,843
18	0,899	0,871	0,841
19	0,896	0,87	0,839
20	0,894	0,868	0,837
21	0,892	0,866	0,835
22	0,889	0,863	0,832
23	0,886	0,86	0,829
24	0,884	0,854	0,825
25	0,882	0,85	0,821
26	0,880	0,847	0,818
27	0,878	0,844	0,815
28	0,876	0,84	0,808
29	0,874	0,837	0,803
30	0,872	0,834	0,798
31	0,87	0,831	0,793
32	0,868	0,83	0,789
33	0,865	0,829	0,785
34	0,86	0,824	0,78
35	0,85	0,82	0,775

### Cálculo de $C_2$ .

Se basa en la figura 89, donde existe una banda entre los dos valores de  $\alpha_n$ . El programa permite calcular otros valores interpolando o extrapolando los valores dados, por lo que se pueden calcular valores fuera de la banda.

<b>Factor <math>C_2</math></b>		
<b><math>\beta^\circ</math></b>	<b><math>\alpha_n=20^\circ</math></b>	<b><math>\alpha_n=25^\circ</math></b>
0	0,21	0,23
1	0,215	0,235
2	0,22	0,245
3	0,23	0,25
4	0,236	0,259
5	0,243	0,263
6	0,25	0,27
7	0,254	0,275
8	0,258	0,28
9	0,26	0,282
10	0,264	0,285
11	0,268	0,288
12	0,27	0,29
13	0,273	0,293
14	0,275	0,295
15	0,277	0,297
16	0,278	0,298
17	0,279	0,299
18	0,28	0,30
19	0,28	0,301
20	0,281	0,302
21	0,282	0,306
22	0,285	0,308

<b>Factor <math>C_2</math> (continuación)</b>		
$\beta^\circ$	$\alpha_n = 20^\circ$	$\alpha_n = 25^\circ$
23	0,288	0,310
24	0,290	0,312
25	0,291	0,316
26	0,296	0,320
27	0,300	0,322
28	0,302	0,326
29	0,306	0,328
30	0,310	0,330

### Cálculo de b mediante la figura 95.

Esta gráfica es logarítmica doble. En ordenadas tenemos el factor  $C_4$ , mientras que en abscisas tenemos el valor de b, que se obtiene gracias a las rectas  $b/d_1$ . Además las ordenadas dependen del factor  $K_{h\alpha}$ , por lo que tendrán que hacerse todas las combinaciones posibles para obtener los resultados analíticos.

La recta se calcula mediante:

$$\log C_4 - \log y_0 = \left( \frac{\log y_1 - \log y_0}{\log x_1 - \log x_0} \right) (\log b - \log x_0)$$

donde la ecuación anterior es la ecuación de la recta tangente, siendo el paréntesis central la pendiente. Esta pendiente se calcula, por ejemplo, tomando 2 puntos a la recta  $b/d_1 = 0,75$  para  $0,01 < C_4 < 0,1$  con ISO 5-5\*-6-6\*-7\*-8\* (con raya continua).

Estos puntos son:

$x_0 = 18,5$ ,  $y_0 = 0,01$ ,  $x_1 = 30$ ,  $y_1 = 0,04$  y la pendiente:  $m = 2,8676418$ .

De esta forma, como todas las rectas son paralelas bastará tomar  $x_0$  correspondiente a  $y_0 = 0,01$  (en el intervalo  $0,01 < C_4 < 0,1$ ), o bien  $y_0 = 0,1$  (para  $C_4 > 0,1$ ), obteniendo una ecuación de b en función de  $C_4$  para cada una de las rectas. Voy a referir únicamente el caso para  $K_{h\alpha} = 1$ . Para los otros dos casos registrados de  $K_{h\alpha}$  en la gráfica (1,10 - 1,20), solamente se ha trasladado la escala vertical. En los primeros casos pondré la ecuación analítica para b, que se obtiene despejando en la ecuación anterior con los datos de los puntos. La pendiente para el caso  $C_4 > 0,1$  es:  $m = 3,005$  aproximadamente. Como se observa, en cada caso lo único que hacemos es variar  $x_0$ , que es la abscisa por debajo de la recta que es fácil de tomar.

<b><math>K_{h\alpha} = 1</math>, <math>y_0 = 0,01</math> para <math>0,01 &lt; C_4 &lt; 0,1</math> con <math>m = 2,8676418</math></b>			
<b><math>b/d_1 = 0,75</math></b>			
$x_0 = 18,5$	$b = 92,174 \cdot C_4^{0,349}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 19,2$	$b = 95,662 \cdot C_4^{0,349}$	**	ISO 7
$x_0 = 19,8$	$b = 98,651 \cdot C_4^{0,349}$	***	ISO 8

<b><math>K_{h\alpha} = 1</math>, <math>y_0 = 0,01</math> para <math>0,01 &lt; C_4 &lt; 0,1</math> con <math>m = 2,8676418</math></b>			
<b><math>b/d_1 = 1,00</math></b>			
$x_0 = 23,5$	$b = 117,086 \cdot C_4^{0,349}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 24,3$	$b = 121,072 \cdot C_4^{0,349}$	**	ISO 7
$x_0 = 25,0$	$b = 124,560 \cdot C_4^{0,349}$	***	ISO 8

$K_{H\alpha} = 1, y_0 = 0,01$ para $0,01 < C_4 < 0,1$ con $m = 2,8676418$			
$b/d_1 = 1,25$			
$x_0 = 28,2$	$b = 140,503.C_4^{0,349}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 28,9$	$b = 143,991.C_4^{0,349}$	**	ISO 7
$x_0 = 29,7$	$b = 147,977.C_4^{0,349}$	***	ISO 8

$K_{H\alpha} = 1, y_0 = 0,01$ para $0,01 < C_4 < 0,1$ con $m = 2,8676418$			
$b/d_1 = 1,50$			
$x_0 = 32$	$b = 159,436.C_4^{0,349}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 33$	$b = 164,419.C_4^{0,349}$	**	ISO 7
$x_0 = 34$	$b = 169,401.C_4^{0,349}$	***	ISO 8

$K_{H\alpha} = 1, y_0 = 0,01$ para $0,01 < C_4 < 0,1$ con $m = 2,8676418$			
$b/d_1 = 1,75$			
$x_0 = 37$	$b = 184,348.C_4^{0,349}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 38$	$b = 189,331.C_4^{0,349}$	**	ISO 7
$x_0 = 39$	$b = 194,313.C_4^{0,349}$	***	ISO 8

$K_{H\alpha} = 1, y_0 = 0,01$ para $0,01 < C_4 < 0,1$ con $m = 2,8676418$			
$b/d_1 = 2$			
$x_0 = 43$	$b = 214,243.C_4^{0,349}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 44$	$b = 219,225.C_4^{0,349}$	**	ISO 7
$x_0 = 45$	$b = 224,313.C_4^{0,349}$	***	ISO 8

$K_{H\alpha} = 1, y_0 = 0,1$ para $C_4 > 0,1$ con $m = 3,005$			
$b/d_1 = 0,75$			
$x_0 = 42,5$	$b = 91,447.C_4^{0,333}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 44$	$b = 94,674.C_4^{0,333}$	**	ISO 7
$x_0 = 45$	$b = 96,826.C_4^{0,333}$	***	ISO 8

$K_{H\alpha} = 1, y_0 = 0,1$ para $C_4 > 0,1$ con $m = 3,005$			
$b/d_1 = 1$			
$x_0 = 51,5$	$b = 110,812.C_4^{0,333}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 53,5$	$b = 115,115.C_4^{0,333}$	**	ISO 7
$x_0 = 54,8$	$b = 117,912.C_4^{0,333}$	***	ISO 8

$K_{H\alpha} = 1, y_0 = 0,1$ para $C_4 > 0,1$ con $m = 3,005$			
$b/d_1 = 1,25$			
$x_0 = 60$	$b = 129,101.C_4^{0,333}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 62$	$b = 133,404.C_4^{0,333}$	**	ISO 7
$x_0 = 64$	$b = 137,708.C_4^{0,333}$	***	ISO 8

$K_{H\alpha} = 1, y_0 = 0,1$ para $C_4 > 0,1$ con $m = 3,005$			
$b/d_1 = 1,50$			
$x_0 = 70$	$b = 150,618.C_4^{0,333}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 73$	$b = 157,073.C_4^{0,333}$	**	ISO 7
$x_0 = 76$	$b = 163,528.C_4^{0,333}$	***	ISO 8

$K_{H\alpha} = 1, y_0 = 0,1$ para $C_4 > 0,1$ con $m = 3,005$			
$b/d_1 = 1,75$			
$x_0 = 80$	$b = 172,135.C_4^{0,333}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 83,5$	$b = 179,666.C_4^{0,333}$	**	ISO 7
$x_0 = 87$	$b = 187,197.C_4^{0,333}$	***	ISO 8



<b><math>K_{H\alpha} = 1</math>, <math>y_0 = 0,1</math> para <math>C_4 &gt; 0,1</math> con <math>m = 3,005</math></b>			
<b><math>b/d_1 = 2,00</math></b>			
$x_0 = 92,5$	$b = 199,031 \cdot C_4^{0,333}$	*	ISO 5,6
$x_0 = 95,5$	$b = 205,486 \cdot C_4^{0,333}$	**	ISO 7
$x_0 = 98,5$	$b = 211,941 \cdot C_4^{0,333}$	***	ISO 8

### Cálculo del factor $K_v$ .

Primero se calcula el factor  $K_{350}$  de las figuras 57a y 57c de Lafont. Las gráficas son rectas. En ordenadas se tiene  $K_{350}$  mientras que en abscisas se tiene:

$$\frac{Z_1 \cdot v_t}{100} \cdot \sqrt{\frac{u^2}{u^2 + 1}}$$

De la ecuación de la recta tangente:

$$y - y_0 = m \cdot (x - x_0), \text{ con } m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

tomamos dos puntos. El primer punto es común a todas las rectas:

$$x_0 = 0, y_0 = 0$$

La ecuación de la recta puede simplificarse a:

$$y = m \cdot x \quad \text{--->} \quad K_{350} = m \cdot \frac{Z_1 \cdot v_t}{100} \cdot \sqrt{\frac{u^2}{u^2 + 1}}$$

Cada cuadrado de las figuras reseñadas miden 6,3 x 6,3 mm. De acuerdo a esto, podemos tomar cada punto ( $x_1$ ,  $y_1$ ) siguiendo la regla de 3 siguiente:

$$x_1 = 1 \cdot \text{medida } x'_1 / 6,3, \quad y_1 = 0,1 \cdot \text{medida } y'_1 / 6,3$$

donde la medida de  $x'_1$  es la que se toma a partir de la unidad de medida anterior de la escala.

Los cálculos para  $m$  son los tabulados a continuación:

ISO	Engranaje RECTO	Engranaje HELICOIDAL
5	$m = \frac{0,4 + 0,007936}{10} \approx 0,0408$	$m = \frac{0,2 + 0,074603}{10} \approx 0,0275$
6	$m = \frac{0,6 + 0,0047619}{10} \approx 0,0648$	$m = \frac{0,4 + 0,047619}{10} \approx 0,0448$
7	$m = \frac{0,9}{9 + 0,396825} \approx 0,0958$	$m = \frac{0,6 + 0,039683}{8 + 0,349206} \approx 0,1181$
8	$m = \frac{0,9}{6 + 0,904762} \approx 0,1303$	$m = \frac{0,6 + 0,039683}{5 + 0,349206} \approx 0,1181$

De esta forma,  $K_{350}$  queda definido directamente sabiendo la pendiente de cada recta.

Ahora se procede a calcular el factor  $f$  de las figuras 57 b y 57 d. La conversión ISO a DIN la he realizado siguiendo la figura 58, así:

ISO	DIN
5	5,5
6	7
7	8,4
8	9,3

Rellenamos la tabla para las normas ISO, teniendo en cuenta que se han realizado por interpolación con respecto a las de las tablas 57b y 57d.

<b><math>F_t/b \cdot K_A</math> (N/mm) RECTO</b>								
<b>ISO</b>	<b>≤100</b>	<b>200</b>	<b>350</b>	<b>500</b>	<b>800</b>	<b>1200</b>	<b>1500</b>	<b>2000</b>
5	2,30	1,39	1,0	0,85	0,71	0,63	0,60	0,57
6	2,73	1,52	1,0	0,79	0,61	0,51	0,47	0,43
7	3,01	1,61	1,0	0,76	0,55	0,43	0,38	0,33
8	3,13	1,64	1,0	0,74	0,52	0,40	0,35	0,30

<b><math>F_t/b \cdot K_A</math> (N/mm) HELICOIDAL</b>								
<b>ISO</b>	<b>≤100</b>	<b>200</b>	<b>350</b>	<b>500</b>	<b>800</b>	<b>1200</b>	<b>1500</b>	<b>2000</b>
5	2,69	1,51	1,0	0,80	0,62	0,52	0,48	0,44
6	3,03	1,61	1,0	0,76	0,54	0,42	0,37	0,33
7	3,22	1,67	1,0	0,74	0,50	0,37	0,32	0,27
8	3,29	1,69	1,0	0,73	0,48	0,35	0,29	0,24

Si el engranaje es recto o helicoidal con  $\varepsilon_\beta > 1$ , se toma:

$$K_V = 1 + K_{350} \cdot f$$

mientras que si es helicoidal con  $\varepsilon_\beta < 1$ , se considera:

$$K_V = K_{V\alpha} - \varepsilon_\beta \cdot (K_{V\alpha} - K_{V\beta}),$$

donde  $K_{V\alpha}$  y  $K_{V\beta}$  son los factores calculados para engranaje recto y helicoidal, como si se tratara cada uno independientemente por el primer caso.

### Cálculo de los desplazamientos $x_1$ y $x_2$ .

Se considera la figura 24 de Lafont, donde necesitamos  $Z_{n1}$  e  $i$ . Se toman tablas basadas en los puntos tomados de dicha figura.

<b><math>Z_1 + Z_2 &lt; 60</math>, <math>x_1</math> dado por la curva AB de la figura.</b>		
<b><math>x_1</math></b>	<b><math>Z_1</math></b>	<b><math>i</math></b>
0,54	10	Independiente de su valor (sólo depende de la curva)
0,52	11	
0,47	12	
0,43	13	
0,40	14	
0,365	15	
0,33	16	
0,31	17	

<b><math>Z_1+Z_2 &lt; 60</math>, <math>x_1</math> dado por la curva AB de la figura. (continuación)</b>		
$x_1$	$Z_1$	$i$
0,28	18	Independiente de su valor (sólo depende de la curva)
0,26	19	
0,23	20	
0,21	21	
0,175	22	
0,16	23	
0,135	24	
0,11	25	
0,08	26	
0,06	27	
0,04	28	
0,025	29	
0	30	

Z <sub>1</sub> +Z <sub>2</sub> < 60, x <sub>2</sub> dado por la curva interior ABA' según i de la figura.														
x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i
0	10	3	-0,17	11	3	-0,26	12	3	-0,31	13	3	-0,35	14	3
0,22		2,5	0,13		2,5	0		2,5	0,13		2,5	-0,18		2,5
0,37		2	0,34		2	0,27		2	0,17		2	0,10		2
0,44		1,5	0,43		1,5	0,39		1,5	0,35		1,5	0,32		1,5
0,49		1,3	0,47		1,3	0,43		1,3	0,40		1,3	0,36		1,3
0,53		1,1	0,51		1,1	0,47		1,1	0,43		1,1	0,39		1,1
x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i
-0,38	15	3	-0,35	16	2,8	-0,32	17	2,6	-0,29	18	2,4	-0,26	19	2,2
-0,24		2,5	-0,27		2,5	-0,29		2,5	-0,17		2	-0,22		2
0		2	-0,08		2	-0,13		2	0,12		1,5	0,06		1,5
0,26		1,5	0,23		1,5	0,17		1,5	0,22		1,3	0,17		1,3
0,32		1,3	0,28		1,3	0,24		1,3	0,27		1,1	0,23		1,1
0,35		1,1	0,33		1,1	0,30		1,1	-		-	-		-
Z <sub>1</sub> +Z <sub>2</sub> < 60, x <sub>2</sub> dado por la curva interior ABA' según i de la figura.														
x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i
-0,23	20	2	-0,21	21	1,8	-0,18	22	1,8	-0,16	23	1,7	-0,13	24	1,5
0		1,5	-0,04		1,5	-0,08		1,5	-0,13		1,5	-0,04		1,3
0,14		1,3	0,1		1,3	0,05		1,3	0		1,3	0,1		1,1
0,21		1,1	1,1		1,1	0,15		1,1	0,13		1,1	-		-
x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i	x <sub>2</sub>	Z <sub>n1</sub>	i
-0,11	25	1,3	-0,08	26	1,25	-0,06	27	1,2	-0,03	28	1,1	-0,03	29	1,1
0,07		1,1	0,4		1,1	0		1,1	-		-	-		-

<b><math>Z_1+Z_2 \geq 60</math>, <math>x_1 = -x_2</math> dado según i en la figura.</b>														
$x_1$	$Z_{n1}$	$i$	$x_1$	$Z_{n1}$	$i$	$x_1$	$Z_{n1}$	$i$	$x_1$	$Z_{n1}$	$i$	$x_1$	$Z_{n1}$	$i$
0,58	10	10	0,57	11	10	0,55	12	10	0,53	13	10	0,50	14	10
0,54		5	0,53		5	0,50		5	0,48		5	0,46		5
-		-	-		-	0,47		4	0,45		4	0,43		4
-		-	-		-	-		-	0,44		3,7	0,40		3,4

<b><math>Z_1 + Z_2 \geq 60</math>, <math>x_1 = -x_2</math> dado según i en la figura. (continuación)</b>														
$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i
0,48	15	10	0,47	16	10	0,46	17	10	0,44	18	10	0,43	19	10
0,45		5	0,43		5	0,42		5	0,40		5	0,38		5
0,42		4	0,40		4	0,38		4	0,37		4	0,36		4
0,37		3	0,36		3	0,34		3	0,33		3	0,32		3
			0,34		2,8	0,32		2,6	0,28		2,3	0,26		2,2
$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i
0,42	20	10	0,40	21	10	0,38	22	10	0,37	23	10	0,36	24	10
0,37		5	0,36		5	0,35		5	0,33		5	0,32		5
0,35		4	0,33		4	0,33		4	0,31		4	0,30		4
0,31		3	0,29		3	0,28		3	0,27		3	0,27		3
0,23		2	0,23		2	0,22		2	0,21		2	0,20		2
-		-	-		-	-		-	-		-	0,14		1,5
$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i
0,35	25	10	0,34	26	10	0,33	27	10	0,32	28	10	0,31	29	10
0,31		5	0,30		5	0,29		5	0,28		5	0,27		5
0,28		4	0,28		4	0,27		4	0,26		4	0,26		4
0,26		3	0,26		3	0,25		3	0,24		3	0,23		3
0,19		2	0,18		2	0,18		2	0,17		2	0,17		2
0,13		1,5	0,13		1,5	0,13		1,5	0,13		1,5	0,12		1,5
0,11		1,3	0,10		1,3	0,12		1,4	0,08		1,2	0,07		1,2
-		-	-		-	0,07		1,2	0,04		1,1	0,03		1,1
$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	$x_1$	$Z_{n1}$	i	30 ≤ $Z_{n1}$ ≤ 45 : se interpola linealmente de 5 en 5 porque las curvas se asemejan a rectas.		
0,31	30	10	0,29	35	10	0,27	40	10	0,26	45	10			
0,27		5	0,26		5	0,24		5	0,24		5			
0,26		4	0,24		4	0,23		4	0,23		4			
0,23		3	0,22		3	0,21		3	0,20		3			
0,17		2	0,16		2	0,16		2	0,15		2			
0,12		1,5	0,11		1,5	0,11		1,5	0,11		1,5			
0,07		1,2	0,06		1,2	0,06		1,2	0,06		1,2			
0,03		1,1	0,02		1,1	0,02		1,1	0,02		1,1			

Después de la ardua y nada divertida observación de las figuras y su tedioso traspase a la calculadora, se logra automatizar el cálculo evitando las engorrosas recurrencias a las gráficas para obtener los resultados. Creo que el trabajo ha merecido la pena.