

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DESARROLLO DE UNA INTERFAZ GRÁFICA EN MALTAB PARA
DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS**

DISEÑO Y SELECCIÓN DE ENGRANES RECTOS

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

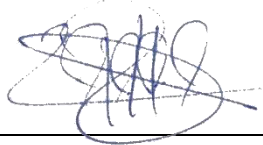
KEVIN DANIEL LATACUNGA GUSHCASHANA

DIRECTOR: JONATHAN GABRIEL LOOR BAUTISTA

DMQ, agosto 2022

CERTIFICACIONES

Yo, KEVIN DANIEL LATACUNGA GUISHCASHANA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Kevin Daniel Latacunga Guishcashana

Kevin.latacunga@epn.edu.ec

Kevinlatacunga19@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por KEVIN DANIEL LATACUNGA GUISHCASHANA, bajo mi supervisión.

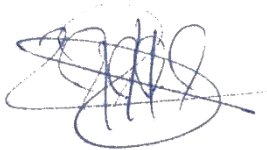


Jonathan Gabriel Loor Bautista
DIRECTOR

jonathan.loor@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



KEVIN DANIEL LATACUNGA GUISHCASHANA

DEDICATORIA

Este presente trabajo de integración curricular dedico a mis padres Carlos Latacunga y María Guishcashana, quienes han sido mi fuente de inspiración y ejemplo a seguir, si bien ellos no presentan estudios avanzados, ambos se han sacrificado a diario para poder apoyarme moral y económicamente en el transcurso de mi formación académica.

A mis hermanos Diego y Pamela quienes siempre me brindaron sabios consejos, mucha comprensión y cariño en todo momento.

Kevin D.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mis padres quienes se están sacrificando día a día para poder apoyarme económicamente en mi etapa de formación, pues ambos han sido de gran importancia para poder cumplir una de mis metas planteadas en la vida.

Agradezco a mis hermanos en especial a Diego quien me ha sido un ejemplo para seguir durante mi estadía en la universidad. También agradezco a todos los docentes que formaron parte de mi formación académica, quienes me impartieron información de gran utilidad para el campo laboral.

Agradezco a mis compañeros de clase, pero en especial Edwin Salazar quien, si bien ya no forma parte de la universidad, ha sido un amigo que me ha apoyado a diario durante mi formación académica.

Kevin D.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1. Engranés	3
1.4.2. Materiales empleados para fabricación de engranes	4
1.4.3. Tipos de engranes	4
1.4.4. Engranés rectos.....	4
1.4.4.1. Uso de los engranes rectos.....	5
1.4.4.2. Ventajas.....	5
1.4.4.3. Desventajas	6
1.4.4.4. Variables de los engranes rectos	6
1.4.4.5. Círculo de paso.....	6
1.4.4.6. Módulo.....	7
1.4.4.7. Paso circular	7
1.4.4.8. Paso diametral	7
1.4.4.9. Diámetro de paso.....	7
1.4.4.10. Diámetro primitivo	7
1.4.4.11. Diámetro exterior	7

1.4.4.12. Diámetro interior	7
1.4.4.13. Altura de cabeza del diente.....	8
1.4.4.14. Altura del diente	8
1.4.4.15. Espesor del diente	8
2 METODOLOGÍA.....	9
2.1 Identificación de variables y modelos matemáticos.....	10
Ecuación de flexión de Lewis.....	14
2.2 Diseño de la interfaz gráfica	15
2.2.1. Pantalla principal.....	15
2.2.2. Sistemas de unidades.....	15
2.2.3. Diseño de engranes rectos en unidades del sistema internacional	16
2.2.4. Ventanas de cálculo en unidades del sistema internacional.....	17
2.2.5. Diseño de engranes rectos en unidades del sistema inglés	22
2.2.6. Ventanas de cálculo en unidades del sistema inglés	23
2.3 Desarrollo de la programación de la interfaz gráfica	26
2.3.1. Programación de la pantalla ventana principal.....	26
2.3.2. Programación de la ventana sistema de unidades	27
2.3.3. Programación de la ventana datos iniciales SI.....	27
2.3.4. Programación de la primera ventana de cálculo SI	28
2.3.5 Programación de ventana de datos de diseño y selección SI	31
2.3.6. Programación de la segunda ventana de cálculo SI.....	32
2.3.7. Programación de la tercera ventana de cálculo SI	34
2.3.8. Programación de la cuarta ventana de cálculo.....	36
2.3.3. Programación de la ventana datos iniciales Sistema inglés	37
2.3.4. Programación de la primera ventana de cálculo S. Inglés.....	38
2.3.5 Programación de ventana de datos de diseño y selección S. Ingles	40
2.3.6. Programación de la segunda ventana de cálculo S. Inglés	42
2.3.7. Programación de la tercera ventana de cálculo S. Inglés.....	43
2.3.8. Programación de la cuarta ventana de cálculo S. Ingles	45

2.3.9. Programación de ventanas de ayuda.....	47
2.4 Creación del archivo ejecutable (.exe).....	47
Requerimientos mínimos del sistema	50
3 RESULTADOS	51
3.1 Archivo ejecutable (.exe)	51
3.2 Instalación del software	51
3.3 Pruebas y Análisis de Resultados.....	52
4 Conclusiones	53
5 Recomendaciones	55
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
7 ANEXOS.....	58
Anexo I. CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD	58
Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular	61

RESUMEN

El trabajo de integración curricular corresponde a la creación de una interfaz gráfica para el diseño y selección de engranes rectos a través del complemento de MatLab llamado "App Designer". Como su nombre lo indica a través de esta interfaz gráfica se puede realizar el diseño de engranes rectos y su respectiva selección a través de catálogos normalizados que se encuentran vigentes en el mercado.

Para iniciar el trabajo de integración curricular, primero se buscó en libros, foros, sitios web, entre otros, todos los datos referentes a engranes, como son: tipos, características, usos, ventajas, desventajas, material para su fabricación, entre otros.

Una vez investigada la información con respecto a engranes se profundiza haciendo énfasis en los engranes rectos para lo cual se buscó en libros, sitios web catálogos, entre otros, diferentes modelos matemáticos para el cálculo de engranes rectos, así como también cuales son las variables necesarias para su respectiva selección.

Después, se procedió a buscar información sobre el uso, funcionamiento y programación del complemento de MatLab "App Designer", una vez investigado lo anterior mencionado se procedió a la creación de la interfaz gráfica y a la par la programación de cada ventana.

Una vez realizado el diseño y programación de la interfaz gráfica se lo convirtió en un ejecutable (.exe) en el complemento de MatLab llamado App Compiler, para que se pueda instalar en cualquier ordenador, aunque no posea MatLab.

Finalmente, se realizaron videos explicativos acerca de la correcta instalación y funcionamiento de la interfaz gráfica, donde se obtuvieron los mismos resultados que em el ejercicio planteado analíticamente por el libro de Shigley.

PALABRAS CLAVE: Engranes rectos, MatLab, App Designer, interfaz gráfica.

ABSTRACT

The curricular integration work corresponds to the creation of a graphical interface for the design and selection of spur gears through the MatLab complement called "App Designer". As its name indicates, through this graphical interface, the design of spur gears and their respective selection can be carried out through standardized catalogs that are current in the market.

To start the work of curricular integration, we first searched in books, forums, websites, among others, all the data referring to gears, such as: types, characteristics, uses, advantages, disadvantages, material for their manufacture, among others.

Once the information regarding gears has been investigated, it is deepened, emphasizing spur gears, for which it was searched in books, catalog websites, among others, different mathematical models for the calculation of spur gears, as well as what are the necessary variables. for their respective selection.

Then, we proceeded to search for information on the use, operation and programming of the MatLab "App Designer" complement, once the aforementioned was investigated, we proceeded to the creation of the graphical interface and at the same time the programming of each window.

Once the graphical interface was designed and programmed, it was converted into an executable (.exe) in the MatLab complement called App Compiler, so that it can be installed on any computer, even if it does not have MatLab.

Finally, explanatory videos were made about the correct installation and operation of the graphical interface, where the same results were obtained as in the exercise proposed analytically by Shigley's book.

KEYWORDS: Spur gears, MatLab, App Designer, graphic interface.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El trabajo de integración curricular consiste en desarrollar una interfaz gráfica en el App Designer de MatLab, el mismo que tiene como finalidad el cálculo de las variables necesarias para el diseño y selección de engranes de dientes rectos, como son el número de dientes, el paso entre ellos, diámetro primitivo y externo, entre otras.

Para la obtención de las ecuaciones implementadas en la interfaz gráfica, se recurrió a libros como de diseño de ingeniería mecánica de Shigley (2008), Mecánica de Materiales de Beer Johnston (2009), y Mecánica de materiales de James Gere (2010).

La interfaz gráfica cuenta con una secuencia de ventanas, las mismas que se van ejecutando en secuencia según los datos de entrada que disponga el usuario al momento, y de esta forma permitirle tener los datos de diseño de los engranes de dientes rectos, los mismos que pueden ser seleccionados de los diferentes catálogos normalizados que se encuentran en el mercado. Además, cada ventana cuenta con una opción de regresar a la ventana anterior, por lo que, si uno de los datos de las variables ingresadas se desconoce, no se necesite volver a ejecutar la interfaz gráfica desde el inicio.

La ventana donde el usuario ingresa los datos se encuentra debidamente programada, tanto en sus valores de entrada como de salida, de manera que el usuario solo se limite a colocar la información que conoce y posteriormente presionar el botón de calcular para que los valores de salida aparezcan y pueda dirigirse a catálogos. Para el ingreso de los datos ha limitado en los rangos, de manera que no se pueda introducir valores negativos o como también números nulos, porque como se sabe no existe un elemento mecánico como tal.

La interfaz gráfica desarrollada es amigable con el usuario, presentando una guía detallada con las instrucciones a seguir para el ingreso de los datos requeridos en el diseño de los engranes de dientes rectos, con lo cual se tendrá como valores de salida las variables que permitan en primera instancia diseñar, para posteriormente seleccionar el elemento mecánico de catálogos normalizados existentes en el mercado.

Este proyecto optimiza el tiempo de diseño para el usuario, que en este caso son estudiantes de la carrera de electromecánica que están cursando la materia de elementos de máquinas, ya que a través de la interfaz gráfica pueden diseñar engranes rectos de manera fácil y sencilla, y de igual forma podrán comprobar si sus cálculos son correctos.

Una vez diseñada y programada la interfaz gráfica se procedió a crear un ejecutable (.exe) a través del complemento de MatLab llamado Application Compiler, el cual tiene como finalidad hacer que la interfaz gráfica sea una aplicación muy aparte de MatLab, En otras palabras, lo que quiere decir es que el usuario no necesariamente necesita tener el software MatLab instalado en su ordenador para poder hacer uso de la interfaz gráfica.

1.1 Objetivo General

Desarrollar una interfaz gráfica en MatLab para el diseño y selección de engranes rectos.

1.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las variables y modelos matemáticos que intervienen en el diseño y selección de engranes de dientes rectos.
2. Diseñar la interfaz gráfica en el appdesigner de MatLab tomando en cuenta las variables de entrada y salida para el diseño de engranes rectos.
3. Desarrollar la programación en MatLab de la interfaz gráfica para el diseño y selección de engranes de dientes rectos.
4. Crear el ejecutable de la interfaz gráfica para el diseño y selección de elementos mecánicos.

1.3 Alcance

En este proyecto se presenta la propuesta para el desarrollo de una interfaz gráfica que permita diseñar y seleccionar engranes rectos, teniendo en cuenta los modelos matemáticos que intervienen en el diseño de los engranes de dientes rectos. Esta interfaz gráfica permitirá realizar el diseño de los engranes rectos a partir de las variables de entrada, y los cálculos los realizará a través de la programación interna desarrollada en el complemento App Designer de MatLab, la misma que podrá ser exportada en un ejecutable (.exe) independiente de MatLab con el uso del complemento Application Compiler. Finalmente, se adjuntarán los catálogos normalizados existentes en el mercado para proceder con la selección de los engranes rectos diseñados, pudiendo tener el elemento mecánico según los requerimientos a ser usados.

En este proyecto se recurre a delimitar el número de dientes en 12, ya que según Shigley (2008) los engranes con dientes menores a 12 sufren una pérdida de potencia, así como

tambien sus límites inferiores ya que no puede haber valores negativos en el cálculo de ningún elemento mecánico, o como tambien no puede existir un engrane recto con 0 dientes en su estructura.

Para que el usuario pueda instalar el ejecutable se creará un video explicativo, en el cual se indique los pasos a seguir para la correcta instalación de la interfaz gráfica, indicando como bajarla desde la nube hasta que sea un acceso directo en un ordenador de escritorio o portátil.

Para comprobar el correcto funcionamiento de la interfaz gráfica diseñada se procederá a crear un video, en el cual se resolverá un ejercicio del libro de Shigley (2008) en la interfaz gráfica diseñada, en el cual el ejercicio propuesto en el libro va a estar resuelto para apearse a datos validos de una fuente confiable.

1.4 Marco teórico

1.4.1. Engranés

Son juegos de ruedas de forma cilíndrica que disponen de unos elementos salientes llamados dientes [1]. Al juntar dos o más de estas ruedas, estas encajan entre sí de manera que, en momento de aplicar fuerzas en el eje tangencial de una, los demás engranes se arrastran al sentido contrario de la fuerza aplicada como se lo puede apreciar en la figura 1.1.

Los trenes de engranes son sistemas muy robustos, en los cuales permite la transferencia de altas potencias entre ejes paralelos, perpendiculares, oblicuos, entre otros. Aunque su principal desventaja es que son muy ruidosos [1].

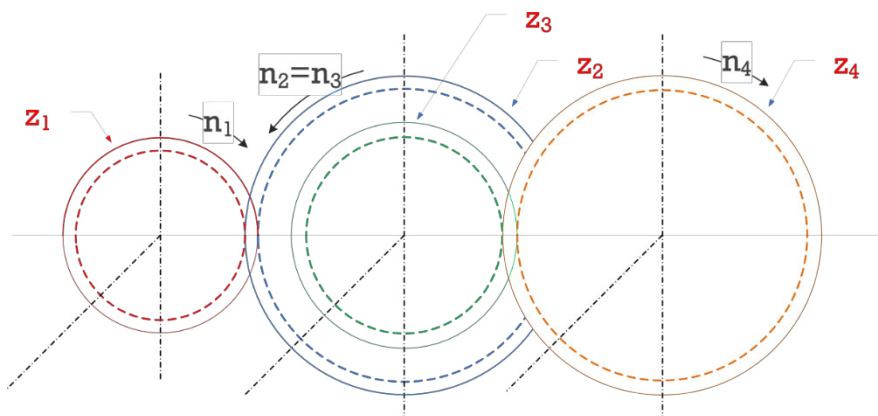


Figura 1.1. Tren de engranes, [1].

1.4.2. Materiales empleados para fabricación de engranes

Para los procesos de manufactura de los engrane usualmente se los fabrica en acero con tratamiento térmico de templado, aunque también es común el uso de aluminio por su bajo peso [1]. A continuación, se presentan otros materiales usados [2]:

- Aceros de alta resistencia
- Aceros inoxidables forjados
- Aleaciones a base de cobre
- Aleaciones de aluminio fundidas o forjadas
- Hierro fundido o fundición gris
- Aleaciones de magnesio

1.4.3. Tipos de engranes

En las industrias de manufactura, minería, farmacéutica, entre otras, se han empezado a realizar un intercambio de correas por engranes para la transmisión de potencia, debido a su mayor rendimiento y tiempo de vida que poseen [1]. Por este motivo se han creado distintos tipos de engranes, cada uno con sus respectivas características y usos. Los tipos de engranes mayormente usados a nivel industrial son [2]:

- Cilíndricos de dientes rectos
- Cilíndricos de dientes helicoidales
- Doble helicoidales o engranes de espina
- Helicoidales cruzados
- Cónicos de dientes helicoidales
- Cónicos hipoides
- Helicoidales de rueda y tornillo sin fin

1.4.4. Engranes rectos

Los engranes rectos poseen sus dientes paralelos al eje de rotación y su principal característica es que su uso esta para transmitir movimiento de un eje a otro paralelo. Entre todos los tipos de engranes este es el más sencillo, ya sea por su proceso de manufactura como también de su estructura y capacidad para transmitir potencia de un eje al otro [3]. En la figura 1.2 se puede ver la estructura de un engrane recto.



Figura 1.2. Engranés rectos, [4].

1.4.4.1. Uso de los engranes rectos

Uno de los principales usos de los engranes rectos es el aumento o reducción el par, potencia, de un objeto (ver figura 1.3). Estos ejemplos se pueden ver en electrodomésticos, equipos de construcción, bombas de combustible, reducción y control de velocidad en automóviles, molinos, máquinas para procesos de manufactura como cortadoras, talados de mesa, tornos, entre otros.



Figura 1.3. Uso de engranes rectos para transmisión de potencia, [1].

En las centrales eléctricas llamamos a un conjunto de engranes como trenes de engranes, los cuales son usados para convertir diferentes tipos de energías en energía eléctrica [5].

1.4.4.2. Ventajas

Entre las ventajas de los engranes rectos están [6]:

- Son fáciles de fabricar comparado a los otros engranes
- Permiten una gran transmisión de potencia
- Ofrecen una relación de velocidad constante y estable

- Gracias al uso de ejes paralelos no se produce un empuje axial
- Son muy fiables

1.4.4.3. Desventajas

Entre las desventajas del uso de engranes rectos se tienen [6]:

- Trabajan con bajas velocidades
- No pueden transmitir potencia entre ejes no paralelos
- No pueden transmitir energía si sus dientes no están en contacto
- Comparado a los otros engranes estos no son muy resistentes

1.4.4.4. Variables de los engranes rectos

Para conocer las variables de un engrane recto se presenta la figura 1.4. en la que se señalan o indican varias partes de los engranes rectos y posteriormente se presentaran mas a detalle a continuación en los siguientes subcapítulos.

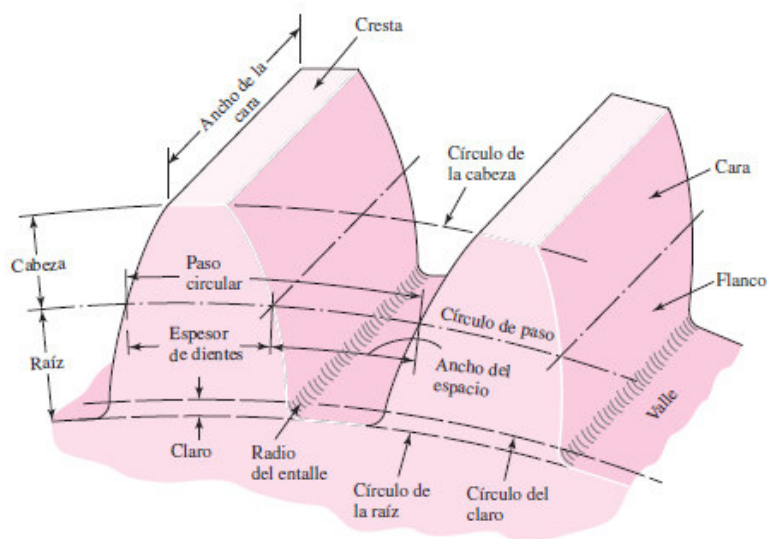


Figura 1.4. Partes principales de los engranes rectos, [3].

1.4.4.5. Círculo de paso

Es un círculo teórico, por lo tanto, de aquí se basan todos los cálculos para el diseño de engranes rectos (ver figura 1.4), de tal manera que su diámetro es el mismo que el diámetro de paso [3].

1.4.4.6. Módulo

Se representa con la letra **m**, y es la relación entre el diámetro de paso con el número de dientes (ver figura 1.4). El módulo señala el índice del tamaño del diente en unidades del Sistema internacional. Su unidad de medida comúnmente suele ser el milímetro [3].

1.4.4.7. Paso circular

El paso circular **p** es igual a la suma del espesor del diente y el ancho del espacio (ver figura 1.4), debido a que es la medida sobre el círculo de paso desde un punto en un diente a un punto correspondiente en un diente adyacente [3].

1.4.4.8. Paso diametral

El paso diametral se representa con la letra **P**, y se encuentra dado por la relación entre el número de dientes en el engrane con respecto al diámetro de paso (ver figura 1.4), por lo tanto, el paso diametral es el recíproco del módulo. La unidad de medida empleado son los dientes por pulgada debido a que el paso diametral esta dado con unidades del sistema inglés [3].

1.4.4.9. Diámetro de paso

Esta determinado a partir del número de dientes y la distancia central a la que operan los engranes, esto se lo puede observar de mejor manera en la figura 1.5 [7].

1.4.4.10. Diámetro primitivo

El diámetro primitivo es la sección a lo largo del piñón donde se engranan los dientes (ver figura 1.5), por lo cual es el punto de partida para el cálculo de las transmisiones por engranes [7].

1.4.4.11. Diámetro exterior

Es el diámetro del cilindro exterior como se lo muestra en la figura 1.5, lo que quiere decir que coincide con la parte superior de los dientes, de tal manera que este término solo se usa para ruedas dentadas exteriores [7].

1.4.4.12. Diámetro interior

También se le conoce como diámetro de pie, y es la circunferencia en la que se encuentra el pie del diente del engrane como se lo muestra en la figura 1.5, [8].

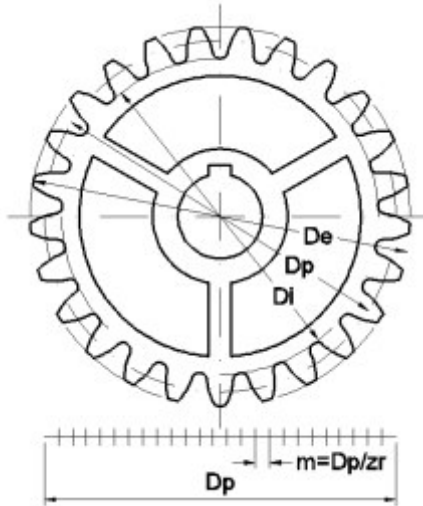


Figura 1.5. Engrane recto, [8].

1.4.4.13. Altura de cabeza del diente

Es la altura radial **a** del diente (ver figura 1.6), la misma que esta medida entre el diámetro primitivo y el diámetro exterior [9].

1.4.4.14. Altura del diente

La altura del diente se representa con la letra **h** (ver figura 1.6), y corresponde a la suma e la altura de cabeza y la del pie del diente [9].

1.4.4.15. Espesor del diente

El espesor del diente se representa con la letra **e** (ver figura 1.6), y es el grueso de un diente por lo que esta medido sobre el diámetro primitivo. Este espesor de diente se lo toma generalmente como la mitad del paso circunferencial [9].

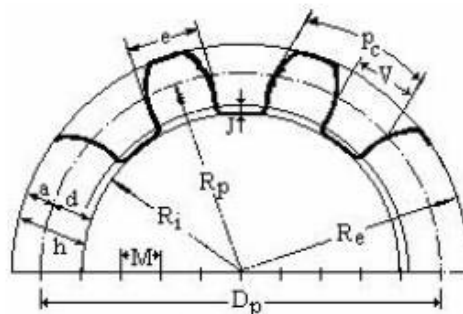


Figura 1.6. Altura de cabeza, altura de diente y espesor de diente, [9]

2 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este proyecto de integración curricular se va a emplear la investigación proyectiva, ya que, según Hurtado [10], este tipo de investigación se basa en la creación de propuestas de soluciones para problemas comunes. Por lo que en primer lugar se va a realizar un análisis acerca de cuáles son los problemas de estudiantes de semestres anteriores en cuanto al diseño de engranes rectos, para después proponer una posible solución a este conflicto realizando una interfaz gráfica que les ayude a realizar estos cálculos a través de modelos matemáticos.

Además, este proyecto posee un enfoque cuantitativo por el motivo que a través de la interfaz gráfica en el App Designer de MatLab, se busca proponer una solución al conflicto de estudiantes de semestres inferiores de la carrera de electromecánica, al momento de diseñar engranes rectos. Y seguidamente a esto, con los datos obtenidos en la interfaz gráfica se pueda seleccionar los elementos mecánicos a través de catálogos normalizados que se encuentren vigentes en el mercado.

En cuanto al estudio del complemento de MatLab “App Designer” se procede a consultar información de su uso a través de diversas plataformas de aprendizaje (como lo son YouTube, MathWorks, foros de internet, entre otros) de su funcionamiento y programación.

Para la obtención de catálogos normalizados de engranes rectos se debe investigar en diferentes empresas relacionadas con la distribución de elementos mecánicos normalizados.

Una vez obtenidos conocimientos de como funciona y se utiliza el complemento de MatLab, se procede a diseñar la interfaz gráfica, en la que a través de modelos matemáticos se programara las distintas ventanas de cálculo, realizando una interfaz gráfica que sea interactiva y de fácil uso para el usuario.

Para verificar el correcto funcionamiento de la interfaz gráfica se procede a crear un video en el que se explica cómo se usa la interfaz gráfica mientras se resuelve un ejercicio resuelto del libro de Shigley (2008), esto para comprobar las respuestas obtenidas en la interfaz gráfica como en los resultados dados del libro.

Finalmente, a través del complemento “Application Compiler” de MatLab se procede a crear un ejecutable (.exe), lo que quiere decir que este complemento hace que la interfaz gráfica sea un archivo externo a MatLab por lo que se podrá instalar en cualquier ordenador sin la necesidad de tener instalado el software Matlab.

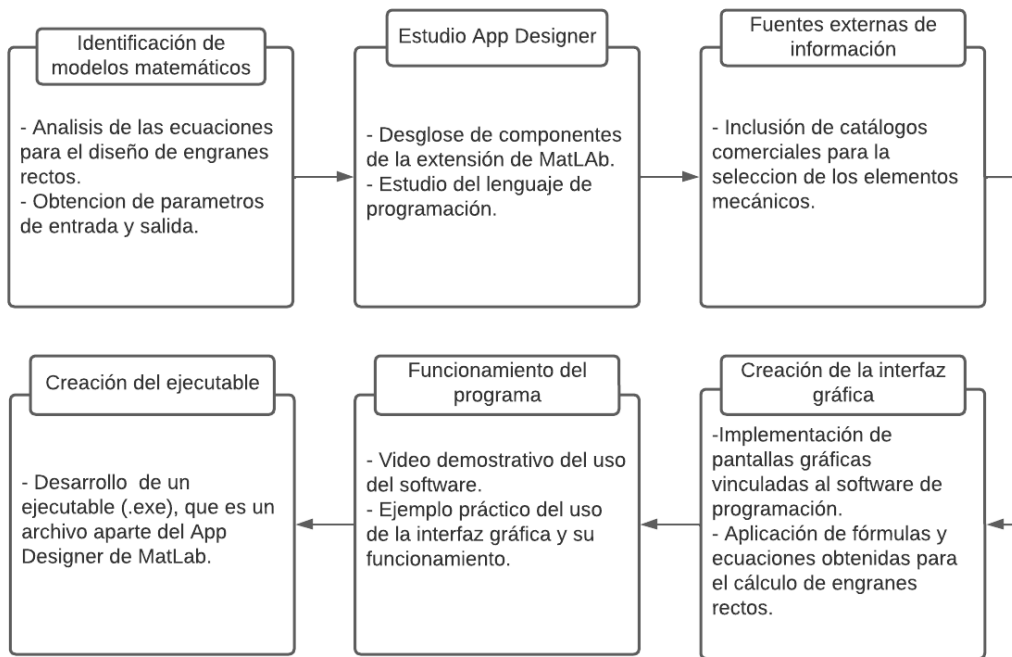


Figura 2.1. Diagrama de flujo.

2.1 Identificación de variables y modelos matemáticos

Para la identificación de las variables que intervienen en el diseño y la selección de engranes rectos, se dirigirá a libros de diseño de engranes rectos como va a ser el de Shigley, Beer, Godno entre otros. Pero para este caso se va a consultar el libro de diseño de ingeniería mecánica de Shigley (2008). En el que se encuentran las ecuaciones (desde la 2.1 hasta la 2.8) que son globales, ósea que sirven para la mayoría de engranes.

$$P = \frac{N}{d}$$

Ecuación 2.1. Ecuación de paso diametral, [3].

$$m = \frac{d}{N}$$

Ecuación 2.2. Ecuación de módulo de un engrane recto, [3].

$$p = \frac{\pi d}{N} = \pi m$$

Ecuación 2.3. Ecuación de paso circular, [3].

$$e = \frac{P}{2}$$

Ecuación 2.4. Espesor de diente, [3].

$$hc = m$$

Ecuación 2.5. Ecuación de altura de cabeza, [3].

$$d_{ext} = d_{prim} + 2 * hc$$

Ecuación 2.6. Ecuación de diámetro exterior, [3].

$$hp = 1.25 * m$$

Ecuación 2.7. Ecuación de altura de pie, [3].

$$d_{int} = d_{prim} - 2 * hp$$

Ecuación 2.8. Ecuación de diámetro interior, [3].

Se puede tener en diferentes sistemas numéricos, pero las ecuaciones son las mismas.
En donde:

P: paso diametral (dientes por pulgadas)

N: número de dientes

m: módulo (*mm*), (*pulg*)

d: diámetro de paso (*mm*), (*pulg*)

p: paso circular (*mm*), (*pulg*)

e: espesor de diente (*mm*), (*pulg*)

hc: altura cabeza del diente (*mm*), (*pulg*)

hp: altura pie del diente (*mm*), (*pulg*)

d_{ext}: diámetro exterior (*mm*), (*pulg*)

d_{int}: diámetro interior (*mm*), (*pulg*)

Para el diseño de engranes rectos en donde el objetivo es determinar el factor de Lewis, están las ecuaciones (desde la 2.9 hasta la 2.23):

$$V = \pi * d * n$$

Ecuación 2.9. Velocidad en un engrane, [3].

$$T = \frac{d}{2} * W_t$$

Ecuación 2.10. Torque en un engrane, [3].

$$H = T * w$$

Ecuación 2.11. Potencia en un engrane, [3].

$$W_t = \frac{H}{V}$$

Ecuación 2.12. Carga tangencial transmitida en un engrane, [3].

$$W_t = 33000 * \frac{H}{V}$$

Ecuación 2.13. Carga tangencial transmitida en un engrane en el S. ingles, [3].

Donde (en la primera parte aparecen las unidades del sistema inglés y después en el sistema internacional):

d : diámetro de paso, (*pulg*), (*mm*)

n : velocidad angular, (*rpm*)

W_t : carga tangencial transmitida, (*lbf*), (*kN*).

H : potencia, (*hp*), (*kW*).

T : torque, (*kgf * m*), (*Nm*).

V : velocidad, (*pulg/min*), (*mm/min*)

La tabla 2.1 hace referencia a la selección del factor de forma de Lewis (Y), que está dado para engranes rectos con un ángulo de 20° de presión, por lo que depende del número de dientes del engrane, dientes de altura completa y paso diametral igual a la unidad.

Tabla 2.1 Factor de forma de Lewis, [3].

Número de dientes	Y	Número de dientes	Y
12	0,245	28	0,353
13	0,261	30	0,359
14	0,277	34	0,371
15	0,29	38	0,384
16	0,296	43	0,397
17	0,303	50	0,404
18	0,309	60	0,422
19	0,314	75	0,435
20	0,322	100	0,447
21	0,328	150	0,46
22	0,331	300	0,472
24	0,337	400	0,48
26	0,346	Cremallera	0,485

Adicionalmente, se consideran los efectos dinámicos (K_v), estas ecuaciones (desde la 2.14 a la 2.17) se dan según su proceso de manufactura y son dadas en unidades del sistema internacional.

$$K_v = \frac{3.05 + V}{3.05}$$

Ecuación 2.14. Hierro fundido, perfil moldeado, [3].

$$K_v = \frac{6.1 + V}{6.1}$$

Ecuación 2.15. Perfil cortado o fresado, [3].

$$K_v = \frac{3.56 + \sqrt{V}}{3.56}$$

Ecuación 2.16. Perfil generado con fresa madre o cepillado, [3].

$$K_v = \sqrt{\frac{5.56 + \sqrt{V}}{5.56}}$$

Ecuación 2.17. Perfil cepillado o esmerilado, [3].

De igual forma están las ecuaciones (desde la 2.18 a la 2.21) para el sistema inglés, por si se da el caso que el usuario posea unidades en el sistema anterior mencionado.

$$K_v = \frac{600 + V}{600}$$

Ecuación 2.18. Hierro fundido, perfil moldeado, [3].

$$K_v = \frac{1200 + V}{1200}$$

Ecuación 2.19. Perfil cortado o fresado, [3].

$$K_v = \frac{50 + \sqrt{V}}{50}$$

Ecuación 2.20. Perfil generado con fresa madre o cepillado, [3].

$$K_v = \sqrt{\frac{78 + \sqrt{V}}{78}}$$

Ecuación 2.21. Perfil cepillado o esmerilado, [3].

Ecuación de flexión de Lewis

Para estimar el esfuerzo de flexión en engranes rectos Wilfred Lewis introdujo una ecuación en la que intervienen distintos aspectos de su estructura, esta ecuación hasta la actualidad sigue siendo la base de diseños de engranes.

Finalmente, el esfuerzo de flexión de Lewis que está dado por las siguientes ecuaciones (desde la 2.22 hasta 2.23) en sus diferentes sistemas de unidades.

$$\sigma = \frac{(K_v W_t P)}{F Y}$$

Ecuación 2.22. Ecuación de Lewis en el SI, [3].

$$\sigma = \frac{K_v W_t}{F m Y}$$

Ecuación 2.23. Ecuación de Lewis en el sistema inglés, [3].

Donde:

K_v : factor dinámico

W_t : carga tangencial transmitida. (*lbf*), (*N*)

F : ancho de cara (*pulg*), (*mm*)

m : módulo (*pulg*), (*mm*)

Y : factor de forma de Lewis (*pulg*), (*mm*)

σ : esfuerzo de flexión (*psi*), (*MPa*)

V : Velocidad (*pie/min*), (*m/s*)

2.2 Diseño de la interfaz gráfica

2.2.1. Pantalla principal

En la figura 2.1 se presenta la pantalla principal del software diseñado.



Figura 2.1. Pantalla principal.

2.2.2. Sistemas de unidades

Para el diseño y selección de engranes se trabaja en dos sistemas diferentes de unidades, dependiendo los datos que disponga el usuario para lo cual está la ventana de la figura 2.2.



Figura 2.2. Elección del sistema a usar.

2.2.3. Diseño de engranes rectos en unidades del sistema internacional

Dependiendo de las variables de entrada que el usuario disponga se elige cualquiera de las siguientes opciones de la figura 2.3.

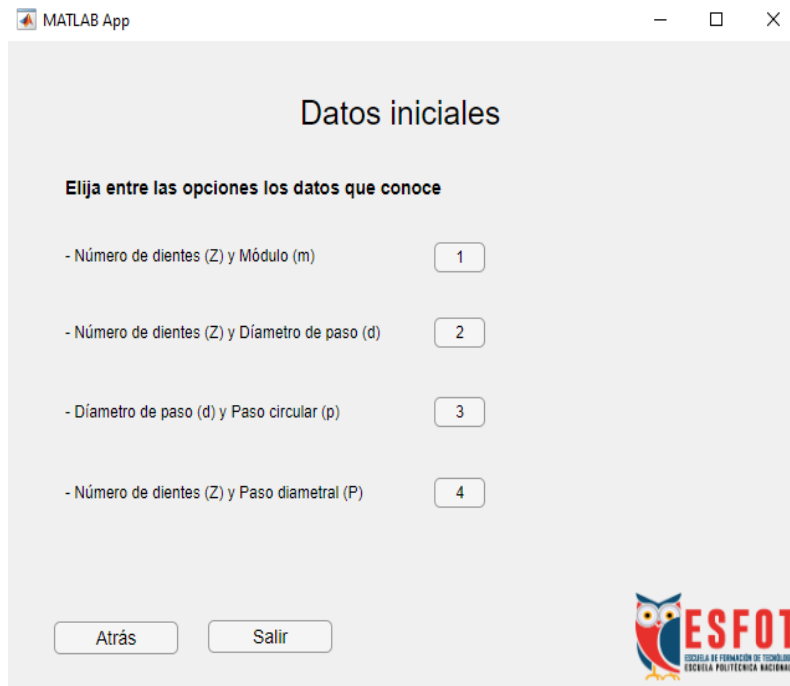


Figura 2.3. Variables conocidas del sistema Internacional.

2.2.4. Ventanas de cálculo en unidades del sistema internacional

Si se elige la primera opción de la figura 2.3 las variables de entrada se ingresan en la figura 2.4.

Engranes Rectos

ESFOT ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Datos para selección engranes rectos

Número de dientes (Shigley 2008, recomienda un engrane de 12 dientes como mínimo)

Módulo [mm] Material

Datos adicionales para diseño de engranes rectos

Velocidad angular [RPM] Efectos Dinámicos
(Siempre elegir los efectos dinámicos)

Potencia [W]

Factor de forma (Y)

Ancho de cara [mm]

Figura 2.4. Primera ventana de cálculo del sistema internacional.

Como ayuda en el uso de la figura 2.4, está la figura 2.5 en donde se presentan instrucciones y recomendaciones. Esta ventana también sirve como ayuda para la ventana 2.16.

ESFOT ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Instrucciones:

- 1) Colocar el número de dientes en el primer cuadro.
- 2) Colocar el módulo del engrane en el segundo cuadro.
- 3) (Opcional) Colocar los datos los demas cuadros para diseño de engranes rectos
- 4) Presionar el botón calcular.

Recomendaciones:

- El módulo debe ser menor al número de dientes.
- El número de dientes debe ser un numero entero.
- Shigley 2008, recomienda que el engrane sea mayor o igual a 12 para evitar pérdidas de potencia.
- En el cuadro donde se ingresa el valor del módulo ingresar valores normalizados.
- Siempre seleccionar los efectos dinámicos del engrane recto.
- Si no se conoce alguna parte del engrane recto ver la siguiente ventana.

Figura 2.5. Ayuda para uso de la ventana de cálculo 1.

Para completar la casilla de factor de forma, existe el botón en la interfaz gráfica con el nombre “tabla” que abre una nueva ventana con la figura 2.6 en el cual posee una tabla de factor de forma. La figura 2.6 también sirve para llenar datos en las ventanas del sistema inglés.

ESFOT ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Tabla de factor de forma (Y)

Número de dientes	Y
12	0.2450
13	0.2610
14	0.2770
15	0.2900
16	0.2960
17	0.3030
18	0.3090
19	0.3140
20	0.3220
21	0.3280
22	0.3310
24	0.3370
26	0.3460

Salir

Figura 2.6. Tabla de factor de forma.

Si no se conoce el ancho de cara engrane recto se presenta una tabla en la figura 2.7, en la que se encuentran valores normalizados.

ESFOT ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Valores de ancho de cara normalizados

Valores normalizados en milímetros

0.0500	0.0600	0.0800	0.1000	0.1600	0.2000
0.8000	0.9000	1.0000	1.1000	1.2000	1.4000
3.0000	3.5000	4.0000	4.5000	5.0000	5.5000
11.0000	12.0000	14.0000	16.0000	18.0000	20.0000
40.0000	45.0000	50.0000	80.0000	100.0000	120.0000

Atrás

Figura 2.7. Valores normalizados de ancho de diente.

Después de llenar todas las casillas y se presiona el botón de calcular, se abre una ventana como la figura 2.8 en la que se presentan los datos para diseño y selección de engranes. La figura 2.8 sirve como visualizador de datos para las otras ventanas de cálculo en el sistema internacional.

Figura 2.8. Datos de diseño y selección.

Si se elige la segunda opción de la figura 2.3 las variables de entrada se ingresan en la figura 2.9. Esta figura también sirve como ayuda para la ventana 2.

Figura 2.9. Segunda ventana de cálculo del sistema internacional.

Como ayuda en el uso de la figura 2.9, está la figura 2.10 en donde se presentan instrucciones y recomendaciones. Esta figura también sirve de ayuda para la ventana de la figura 2.18.

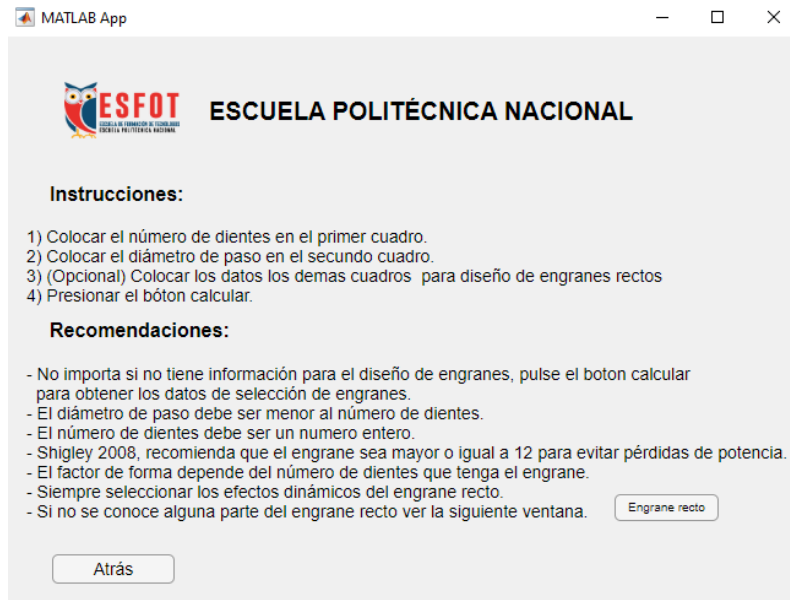


Figura 2.10. Ayuda para uso de la ventana de cálculo 2.

Si se elige la tercera opción de la figura 2.3 las variables de entrada se ingresan en la figura 2.11.



Figura 2.11. Ventana de cálculo 3 del sistema internacional.

Como ayuda en el uso de la figura 2.11, está la figura 2.12 en donde se presentan instrucciones y recomendaciones. La figura 2.12 también sirve como ayuda para la figura 2.19.

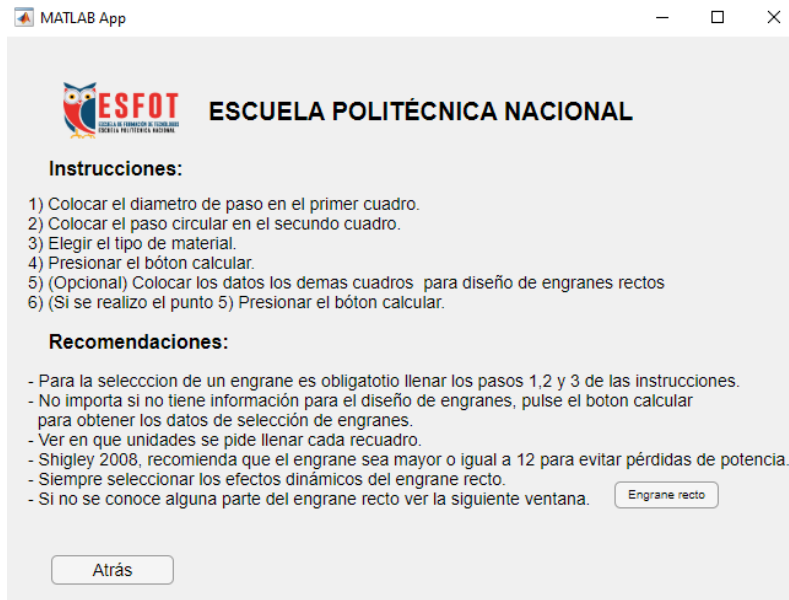


Figura 2.12. Ayuda para uso de la ventana de cálculo 3.

Si se elige la cuarta opción de la figura 2.3 las variables de entrada se ingresan en la figura 2.13.



Figura 2.13. Ventana de cálculo 4 del sistema internacional.

Como ayuda en el uso de la figura 2.13, está la figura 2.14 en donde se presentan instrucciones y recomendaciones. La figura 2.14 también sirve como ayuda para la figura 2.20.

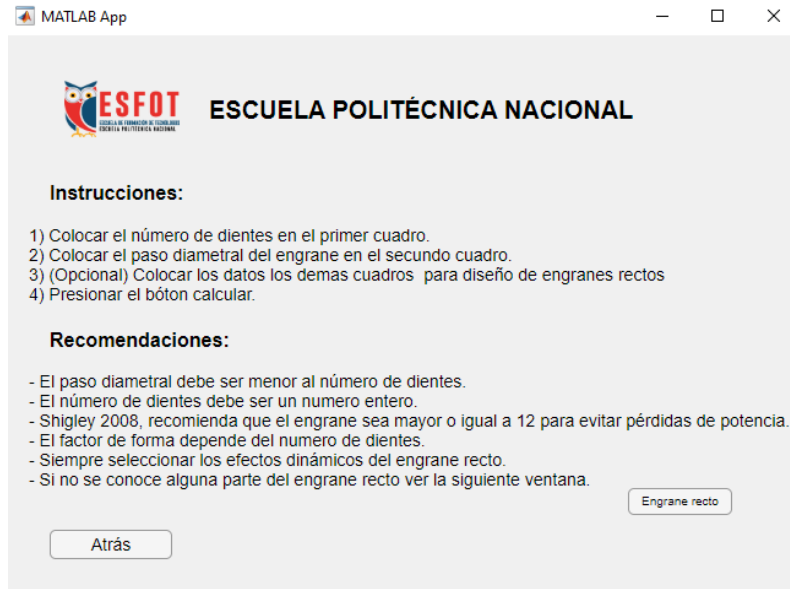


Figura 2.14. Ayuda para uso de la ventana de cálculo 4.

2.2.5. Diseño de engranes rectos en unidades del sistema inglés

En el caso de tener las variables de entrada en unidades del sistema inglés, se abre la ventana de la figura 2.15.



Figura 2.15. Variables conocidas del sistema inglés.

2.2.6. Ventanas de cálculo en unidades del sistema inglés

Si se elige la primera opción de la figura 2.15 las variables de entrada se ingresan en la figura 2.16.

Figura 2.16. Primera ventana de cálculo del sistema inglés.

Si no se conoce el ancho de cara engrane recto se presenta una tabla en la figura 2.16, en la que se encuentran valores normalizados.

Valores normalizados en décimas de pulgadas						
0.0100	0.0120	0.0160	0.0200	0.0250	0.0320	0.0
0.1600	0.2000	0.2400	0.3000	0.4000	0.5000	0.6
1.8000	2.0000	2.4000	2.6000	2.8000	3.0000	3.2
4.6000	4.8000	5.0000	5.2000	5.4000	5.6000	5.8
9.5000	10.0000	10.5000	11.0000	11.5000	12.0000	12.5
15.5000	16.0000	0.5000	17.0000	0.5000	18.0000	0.5

Figura 2.17. Valores normalizados de ancho de diente.

Si se elige la segunda opción de la figura 2.15 las variables de entrada se ingresan en la figura 2.18.

MATLAB App

ESFOT ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Datos para selección engranes rectos

Número de dientes (Shigley 2008, recomienda un engrane de 12 dientes como mínimo)

Diámetro de paso [pulg] Material

Datos adicionales para diseño de engranes rectos

Velocidad [RPM] Efectos Dinámicos
(Siempre elegir los efectos dinámicos)

Potencia [hp]

Factor de forma

Ancho de cara [pulg]

Figura 2.18. Segunda ventana de cálculo del sistema inglés.

Si se elige la tercera opción de la figura 2.15 las variables de entrada se ingresan en la figura 2.19.

ESFOT ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Datos para selección de engranes rectos

Paso circular [pulg] Material

Diámetro de paso [pulg]

Número de dientes

Datos adicionales para diseño de engranes rectos

Velocidad angular [RPM] Efectos Dinámicos
(Siempre elegir los efectos dinámicos)

Potencia [hp]

Factor de forma(Y)

Ancho de cara [pulg]

Figura 2.19. Tercera ventana de cálculo del sistema inglés.

Si se elige la cuarta opción de la figura 2.15 las variables de entrada se ingresan en la figura 2.20.

The image shows a software interface for gear design. At the top, it features the logo of ESFOT (Escuela Politécnica Nacional) and the text 'ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL'. Below this, there are two main sections for data entry:

- Datos para selección engranes rectos:** This section includes a text input for 'Número de dientes' (set to 12) with a note '(Shigley 2008, recomienda un engrane de 12 dientes como mínimo)'. It also has a text input for 'Paso diametral' (set to 0) with the unit '[dientes/pulg]', and a dropdown menu for 'Material' labeled 'Seleccionar'.
- Datos adicionales para diseño de engranes rectos:** This section includes a text input for 'Velocidad angular' (set to 0) with the unit '[RPM]', and a dropdown menu for 'Efectos Dinámicos' labeled 'Seleccionar' with a note '(Siempre elegir los efectos dinámicos)'. It also has text inputs for 'Potencia' (set to 0) with the unit '[hp]', 'Factor de forma (Y)' (set to 0) with a 'Tabla' button, and 'Ancho de cara' (set to 0) with the unit '[pulg]' and a 'Tabla' button.

At the bottom of the form, there are several buttons: 'Calcular', 'Atrás', 'Salir', 'Ayuda', and 'Limpiar'.

Figura 2.20. Cuarta ventana de cálculo del sistema inglés.

Después de llenar todas las casillas y se presiona el botón de calcular, se abre una ventana como la figura 2.21 en la que se presentan los datos para diseño y selección de engranes. La figura 2.21 sirve como visualizador de datos para las otras ventanas de cálculo en el sistema internacional.

The image shows a software interface for gear design, similar to Figure 2.20 but with different data fields. At the top, it features the logo of ESFOT (Escuela Politécnica Nacional) and the text 'ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL'. Below this, there are two main sections for data entry:

- Datos para selección de engranes (Catálogos):** This section includes text inputs for 'Material', 'Número dientes' (set to 12), 'Diámetro primitivo' (set to Inf) with the unit '[pulg]', 'Diámetro exterior' (set to Inf) with the unit '[pulg]', 'Diámetro interior' (set to 0) with the unit '[pulg]', 'Módulo' (set to Inf) with the unit '[pulg]', and 'Espesor de diente' (set to 0) with the unit '[pulg]'.
- Datos para diseño de engranes:** This section includes text inputs for 'Velocidad' (set to 0) with the unit '[pie/min]', 'Torque' (set to 0) with the unit '[kgf*m]', 'Potencia' (set to 0) with the unit '[hp]', 'Carga tangencial' (set to 0) with the unit '[lbf]', 'Ancho de cara' (set to 0) with the unit '[pulg]', and 'Esfuerzo de flexión' (set to 0) with the unit '[psi]'.

At the bottom of the form, there is a link: 'Para seleccionar engranes rectos dirigirse al siguiente enlace: [Catálogos normalizados](#)'. Below the link are two buttons: 'Atrás' and 'Excel'.

Figura 2.21. Datos de diseño y selección S. inglés.

La figura 2.22 muestra partes o elementos de cómo está constituido un engrane recto. Esta ventana está colocada en cada pantalla de ayuda.



Figura 2.22. Elementos de un engrane recto.

2.3 Desarrollo de la programación de la interfaz gráfica

Para el funcionamiento de las ventanas de la interfaz gráfica, se procedió a realizar el siguiente código de programación, donde cada título representa cada botón que se incluyó en las pantallas de cálculo, reconocimiento de variables, sistema de unidades, así como también la sección de ayuda.

2.3.1. Programación de la pantalla ventana principal

Para iniciar el diseño de engranes rectos se presenta la programación de la ventana principal, donde se encontrará colocadas las funciones que tiene cada botón.

- Botón “continuar”

```
% Button pushed function: b1
function b1ButtonPushed(app, event)
    Sistema_seleccionado
    delete(app)
end
```

- Botón “salir”

```
% Button pushed function: Cerrar
function CerrarButtonPushed(app, event)
    delete(app)
```

```
end
```

2.3.2. Programación de la ventana sistema de unidades

Para la elección de sistema de unidades se creó dos botones (sistema internacional y sistema inglés) los cuales dirigen al usuario a una ventana de cálculo acorde a datos que posea.

- **Botón “Sistema Internacional”**

```
% Button pushed function: SistemaInternacionalButton
function SistemaInternacionalButtonPushed(app, event)
    Ventana_1
    delete(app)
end
```

- **Botón “sistema inglés”**

```
% Button pushed function: SistemaInglsButton
function SistemaInglsButtonPushed(app, event)
    Ventana_2
    delete(app)
end
```

- **Botón “atrás”**

```
Button pushed function: SistemaInglsButton
function SistemaInglsButtonPushed(app, event)
    Ventana_2
    delete(app)
end
```

- **Botón “salir”**

```
% Button pushed function: Cerrar
function CerrarButtonPushed(app, event)
    delete(app)
end
```

2.3.3. Programación de la ventana datos iniciales SI

En esta sección de encuentra el código de programación que presenta la figura 2.13. Por lo que se cada botón colocado dirige al usuario a una ventana de cálculo diferente a la anterior.

- **Botón 1**

```
% Button pushed function: ok
```

```

function okButtonPushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos
    delete(app)
end

```

- **Botón 2**

```

% Button pushed function: Button
function ButtonPushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v2
    delete(app)
end

```

- **Botón 3**

```

% Button pushed function: Button_2
function Button_2Pushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v3
    delete(app)
end

```

- **Botón 4**

```

% Button pushed function: Button_3
function Button_3Pushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v4
    delete(app)
end

```

- **Botón “atrás”**

```

Button pushed function: SistemaInglsButton
function SistemaInglsButtonPushed(app, event)
    Sistema_seleccionado

    delete(app)
end

```

- **Botón “salir”**

```

% Button pushed function: Cerrar
function CerrarButtonPushed(app, event)
    delete(app)
end

```

2.3.4. Programación de la primera ventana de cálculo SI

Para la figura 2.4 se tiene la siguiente programación de cada botón o list box, explicando en líneas verdes que tipo de acción posee cada una línea de código creado.

- **List box “Materiales”**

En este apartado se colocan los materiales normalizados, con los que comúnmente se realiza los engranes rectos.

```
% Value changed function: Materiales
function MaterialesValueChanged(app, event)
    global Valor
    value = app.Materiales.Value
    Valor=value;
end
```

- **List box “Efectos dinámicos”**

Esta lista está diseñada para elegir los efectos dinámicos al cual fue sometido el engrane recto.

```
% Value changed function: EfectosDinmicos
function EfectosDinmicosValueChanged(app, event)
    global V Ed
    value = app.EfectosDinmicos.Value;
    if value == 2
        Ed=(3.05+V)/3.05;
    elseif value ==3
        Ed=(6.1+V)/6.1;
    elseif value == 4
        Ed=(3.56+sqrt(V))/3.56;
    elseif value == 5
        Ed=sqrt((5.56+sqrt(V))/5.56);
    end
end
```

- **Botón “Tabla factor de forma”**

En este botón abre una nueva pantalla que nos muestra una tabla en la que se debe buscar el factor de forma en relación al número de dientes.

```
% Button pushed function: TablaButton
function TablaButtonPushed(app, event)
    Factor_de_forma
end
```

- **Botón “Tabla ancho de cara”**

Este botón dirige a una ventana en la que se presenta valores de ancho de cara normalizados.

```
% Button pushed function: TablaButton_2
function TablaButton_2Pushed(app, event)
    Valores_de_ancho_cara
end
```

- **Botón “Calcular”**

Este botón esta creado para calcular los datos ingresados por el usuario.

```
% Button pushed function: Calcular_2
function Calcular_2ButtonPushed(app, event)
    global m z dprim Va V H Y Cargt Torque Ed e P sigma hc hp dint
dext AC FF mat Valor
    m=app.m.Value; %ingreso de variables de entrada
    z=app.Z.Value;
    Va=app.Va.Value;
    H=app.H.Value;
    Y=app.Y.Value;
    AC=app.anchocara.Value;
    dprim=m*z; %Ecuación de diámetro primitivo
    P=z/dprim; %Ecuación de paso diametral
    hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
    dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
    hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
    dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
    e=P/2; %Ecuacion de espesor de diente
    V=(pi*dprim*Va)/60000; %Ecuación de velocidad
    Cargt=H/V; %Ecuacion de carga tangencial
    Torque=(dprim/2)*Cargt; %Ecuación de Torque
    FF=Ed;
    sigma=(FF*Cargt)/(AC*m*Y); %Ecuación de flexión de Lewis
    mat=Valor;
    Resultados_1(m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt, Torque, H, AC,
sigma, mat);
end
```

- **Botón “Ayuda”**

Este botón esta creado para las personas que no sepan cómo funciona la interfaz gráfica, ya que al darle clic, abre una nueva ventana la que muestra instrucciones y recomendaciones de su uso.

```
Button pushed function: AyudaButton
function AyudaButtonPushed(app, event)
    Instrucciones_V1_Sinter
end
```

- **Botón “Limpiar”**

Este botón está diseñado para resetear la ventana, en el caso que el usuario requiera realizar un nuevo cálculo.

```
Button pushed function: LimpiarButton
function LimpiarButtonPushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v1_Singles
    delete(app)
end
```


2.3.5 Programación de ventana de datos de diseño y selección SI

En la siguiente sección se presenta la programación de la imagen 2.5, la que presenta un ingreso de datos con la herramienta “input arguments” y un botón Excel que exporta datos un Excel alternativo a MatLab.

- **Input arguments**

% Code that executes after component creation

```
function startupFcn(app, m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt, Torque, H, AC, sigma, mat)
    app.m.Value=m;
    app.N.Value=z;
    app.dprim.Value=dprim;
    app.de.Value=dext;
    app.di.Value=dint;
    app.espesordediente.Value=e;
    app.Velocidad.Value=V;
    app.Cargatangencial.Value=Cargt;
    app.Torque.Value=Torque;
    app.Potencia.Value=H;
    app.Anchodecara.Value=AC;
    app.Esfuerzodeflect.Value=sigma;
    app.Material.Value=mat;
end
```

- **Botón “Excel”**

% Button pushed function: ExcelButton

```
function ExcelButtonPushed(app, event)
    m=app.m.Value;
    N=app.N.Value;
    dprim=app.dprim.Value;
    de=app.de.Value;
    di=app.di.Value;
    espesordediente=app.espesordediente.Value;
    Velocidad=app.Velocidad.Value;
    Cargatangencial=app.Cargatangencial.Value;
    Torque=app.Torque.Value;
    Potencia=app.Potencia.Value;
    Anchodecara=app.Anchodecara.Value;
    Esfuerzodeflect=app.Esfuerzodeflect.Value;
    Material=string(app.Material.Value);
    tablename = table(m, N, dprim, de, di, espesordediente, Velocidad, Cargatangencial, Torque, Potencia, Anchodecara, Esfuerzodeflect, Material)
    filename = 'Resultados_engranés_rectos.xlsx';
    ruta = strcat('C:\Users\Lumiel\Documents\MATLAB',filename);
    existe = exist(ruta);
    if existe==0
        writetable(tablename,filename,'sheet',1,'Range','A1')
    else
        datos=readtable(filename);
    end
```

```

        (fila,col) =
        celda = strcat ('A', string (fila+2));

writetable(tablename,filename,'sheet',1,'Range',celda,'writeVariableNames',fa
lse)

    end
    open Resultados_engranes_rectos.xlsx
    delete(app)
end

```

- **Botón “atrás”**

```

Button pushed function: SistemaInglsButton
function SistemaInglsButtonPushed(app, event)
    Ventana_2
    delete(app)
end

```

2.3.6. Programación de la segunda ventana de cálculo SI

Para la figura 2.8 se tiene la siguiente programación de cada botón o list box, explicando en líneas verdes que tipo de acción posee cada una línea de código creado.

- **List box “Materiales”**

```

% Value changed function: Materiales
function MaterialesValueChanged(app, event)
    global Valor
    value = app.Materiales.Value
    Valor=value;
end

```

- **List box “Efectos dinámicos”**

```

% Value changed function: EfectosDinmicos
function EfectosDinmicosValueChanged(app, event)
    global V Ed
    value = app.EfectosDinmicos.Value;
    if value == 2
        Ed=(3.05+V)/3.05;
    elseif value ==3
        Ed=(6.1+V)/6.1;
    elseif value == 4
        Ed=(3.56+sqrt(V))/3.56;
    elseif value == 5
        Ed=sqrt((5.56+sqrt(V))/5.56);
    end
end

```

- **Botón “Tabla factor de forma”**

```

% Button pushed function: TablaButton
function TablaButtonPushed(app, event)

```

```

        Factor_de_forma
    end

```

- **Botón “Tabla ancho de cara”**

```

% Button pushed function: TablaButton_2
function TablaButton_2Pushed(app, event)
    Valores_de_ancho_cara
end

```

- **Botón “Calcular”**

```

% Button pushed function: Calcular_2
function Calcular_2ButtonPushed(app, event)
    global z d m p dprim V Va H e Y Cargt Torque sigma Ed hc dext hp
    dint AC FF mat Valor

    z = app.Z.Value; %ingreso de variables de entrada
    d=app.d.Value;
    m=d/z;
    p=pi*m;
    Va=app.Va.Value;
    H=app.H.Value;
    Y=app.Y.Value;
    AC=app.anchocara.Value;
    dprim=m*z; %Ecuación de diámetro primitivo
    P=z/dprim; %Ecuación de paso diametral
    hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
    dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
    hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
    dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
    e=P/2; %Ecuación de espesor de diente
    V=(pi*dprim*Va)/60000; %Ecuación de velocidad
    Cargt=H/V; %Ecuación de carga tangencial
    Torque=(dprim/2)*Cargt; %Ecuación de Torque
    FF=Ed;
    sigma=(FF*Cargt)/(AC*m*Y); %Ecuación de flexión de Lewis
    mat=Valor;
    Resultados_1(m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt, Torque, H, AC,
sigma, mat);
end

```

- **Botón “Ayuda”**

```

Button pushed function: AyudaButton
function AyudaButtonPushed(app, event)
    Instrucciones_V2_Sinter
end

```

- **Botón “Limpiar”**

```

Button pushed function: LimpiarButton
function LimpiarButtonPushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v1_Singles
    delete(app)
end

```

```
end
```

2.3.7. Programación de la tercera ventana de cálculo SI

Para la figura 2.9 se tiene la siguiente programación de cada botón o list box, explicando en líneas verdes que tipo de acción posee cada una línea de código creado.

- **List box “Materiales”**

```
% Value changed function: Materiales
function MaterialesValueChanged(app, event)
    global Valor
    value = app.Materiales.Value
    Valor=value;
end
```

- **List box “Efectos dinámicos”**

```
% Value changed function: EfectosDinmicos
function EfectosDinmicosValueChanged(app, event)
    global V Ed
    value = app.EfectosDinmicos.Value;
    if value == 2
        Ed=(3.05+V)/3.05;
    elseif value ==3
        Ed=(6.1+V)/6.1;
    elseif value == 4
        Ed=(3.56+sqrt(V))/3.56;
    elseif value == 5
        Ed=sqrt((5.56+sqrt(V))/5.56);
    end
end
```

- **Botón “Tabla factor de forma”**

```
% Button pushed function: TablaButton
function TablaButtonPushed(app, event)
    Factor_de_forma
end
```

- **Botón “Tabla ancho de cara”**

```
% Button pushed function: TablaButton_2
function TablaButton_2Pushed(app, event)
    Valores_de_ancho_cara
end
```

- **Botón “Calcular número de dientes”**

```
global p z m dprim dext dint e hc hp Z mat Valor
dprim=app.d.Value; %ingreso de datos
p=app.p.Value;
```

```

p=pi/P;
Z=P*dprim;
z=round(Z);
app.N.Value=z;
m=dprim/z; %Ecuacion de módulo
hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
e=P/2; %Ecuacion de espesor de diente
mat=Valor;
Resultados_3(m, z, dprim, dext, dint, e, mat)
end

```

- **Botón “Calcular”**

```

% Button pushed function: Calcular_2
function Calcular_2ButtonPushed(app, event)
    global z d m p dprim V Va H e Y Cargt Torque sigma Ed hc dext hp
    dint AC FF mat Valor

    z = app.Z.Value; %ingreso de variables de entrada
    d=app.d.Value;
    m=d/z;
    p=pi*m;
    Va=app.Va.Value;
    H=app.H.Value;
    Y=app.Y.Value;
    AC=app.anchocara.Value;
    dprim=m*z; %Ecuación de diámetro primitivo
    P=z/dprim; %Ecuación de paso diametral
    hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
    dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
    hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
    dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
    e=P/2; %Ecuacion de espesor de diente
    V=(pi*dprim*Va)/60000; %Ecuación de velocidad
    Cargt=H/V; %Ecuacion de carga tangencial
    Torque=(dprim/2)*Cargt; %Ecuación de Torque
    FF=Ed;
    sigma=(FF*Cargt)/(AC*m*Y); %Ecuación de flexión de Lewis
    mat=Valor;
    Resultados_1(m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt, Torque, H, AC,
sigma, mat);
end

```

- **Botón “Ayuda”**

```

Button pushed function: AyudaButton
function AyudaButtonPushed(app, event)
    Instrucciones_V3_Sinter
end

```

- **Botón “Limpiar”**

```

Button pushed function: LimpiarButton
function LimpiarButtonPushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v1_Singles
    delete(app)
end

```

2.3.8. Programación de la cuarta ventana de cálculo

Para la figura 2.911 se tiene la siguiente programación de cada botón o list box, explicando en líneas verdes que tipo de acción posee cada una línea de código creado.

- **List box “Materiales”**

```

% Value changed function: Materiales
function MaterialesValueChanged(app, event)
    global Valor
    value = app.Materiales.Value
    Valor=value;
end

```

- **List box “Efectos dinámicos”**

```

% Value changed function: EfectosDinmicos
function EfectosDinmicosValueChanged(app, event)
    global V Ed
    value = app.EfectosDinmicos.Value;
    if value == 2
        Ed=(3.05+V)/3.05;
    elseif value ==3
        Ed=(6.1+V)/6.1;
    elseif value == 4
        Ed=(3.56+sqrt(V))/3.56;
    elseif value == 5
        Ed=sqrt((5.56+sqrt(V))/5.56);
    end
end

```

- **Botón “Tabla factor de forma”**

```

% Button pushed function: TablaButton
function TablaButtonPushed(app, event)
    Factor_de_forma
end

```

- **Botón “Tabla ancho de cara”**

```

% Button pushed function: TablaButton_2
function TablaButton_2Pushed(app, event)
    Valores_de_ancho_cara
end

```

- **Botón “Calcular”**

```

% Button pushed function: Calcular_2
function Calcular_2ButtonPushed(app, event)
    global z d m p dprim V Va H e Y Cargt Torque sigma Ed hc dext hp
    dint AC FF mat Valor

    z = app.Z.Value; %ingreso de variables de entrada
    d=app.d.Value;
    m=d/z;
    p=pi*m;
    Va=app.Va.Value;
    H=app.H.Value;
    Y=app.Y.Value;
    AC=app.anchocara.Value;
    dprim=m*z; %Ecuación de diámetro primitivo
    P=z/dprim; %Ecuación de paso diametral
    hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
    dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
    hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
    dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
    e=P/2; %Ecuacion de espesor de diente
    V=(pi*dprim*Va)/60000; %Ecuación de velocidad
    Cargt=H/V; %Ecuacion de carga tangencial
    Torque=(dprim/2)*Cargt; %Ecuación de Torque
    FF=Ed;
    sigma=(FF*Cargt)/(AC*m*Y); %Ecuación de flexión de Lewis
    mat=Valor;
    Resultados_1(m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt, Torque, H, AC,
sigma, mat);
end

```

- **Botón “Ayuda”**

```

Button pushed function: AyudaButton
function AyudaButtonPushed(app, event)
    Instrucciones_V2_Sinter
end

```

- **Botón “Limpiar”**

```

Button pushed function: LimpiarButton
function LimpiarButtonPushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v1_Singles
    delete(app)
end

```

2.3.3. Programación de la ventana datos iniciales Sistema inglés

En esta sección de encuentra el código de programación que presenta la figura 2.15. Por lo que se cada botón colocado dirige al usuario a una ventana de cálculo.

- **Botón 1**

```

% Button pushed function: ok

```

```

function okButtonPushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v1_Singles
    delete(app)
end

```

- **Botón 2**

```

% Button pushed function: Button
function ButtonPushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v2_Singles
    delete(app)
end

```

- **Botón 3**

```

% Button pushed function: Button_2
function Button_2Pushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v3_Singles
    delete(app)
end

```

- **Botón 4**

```

% Button pushed function: Button_3
function Button_3Pushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v4_Singles
    delete(app)
end

```

- **Botón “atrás”**

```

Button pushed function: SistemaInglsButton
function SistemaInglsButtonPushed(app, event)
    Sistema_seleccionado
    delete(app)
end

```

- **Botón “salir”**

```

% Button pushed function: Cerrar
function CerrarButtonPushed(app, event)
    delete(app)
end

```

2.3.4. Programación de la primera ventana de cálculo S. Inglés

Para la figura 2.16 se tiene la siguiente programación de cada botón o list box, explicando en líneas verdes que tipo de acción posee cada una línea de código creado.

- **List box “Materiales”**


```
% Value changed function: Materiales
function MaterialesValueChanged(app, event)
    global Valor
    value = app.Materiales.Value
    Valor=value;
end
```

- **List box “Efectos dinámicos”**

```
% Value changed function: EfectosDinmicos
function EfectosDinmicosValueChanged(app, event)
    global V Ed
    value = app.EfectosDinmicos.Value;
    if value == 2
        Ed=(600+V)/600;
    elseif value ==3
        Ed=(1200+V)/1200;
    elseif value == 4
        Ed=(50+sqrt(V))/50;
    elseif value == 5
        Ed=sqrt((78+sqrt(V))/78);
    end
end
```

- **Botón “Tabla factor de forma”**

```
% Button pushed function: TablaButton
function TablaButtonPushed(app, event)
    Factor_de_forma
end
```

- **Botón “Tabla ancho de cara”**

```
% Button pushed function: TablaButton_2
function TablaButton_2Pushed(app, event)
    Ancho_cara_SI
end
```

- **Botón “Calcular”**

```
% Button pushed function: Calcular_2
function Calcular_2ButtonPushed(app, event)
    global m z dprim Va V H Y Cargt Torque Ed e P sigma hc hp dint
dext AC FF mat Valor
    m=app.m.Value; %ingreso de variables de entrada
    z=app.Z.Value;
    Va=app.Va.Value;
    H=app.H.Value;
    Y=app.Y.Value;
    AC=app.anchocara.Value;
    dprim=m*z; %Ecuación de diámetro primitivo
    P=z/dprim; %Ecuación de paso diametral
    hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
    dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
```

```

hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
e=P/2; %Ecuación de espesor de diente
V=(pi*dprim*Va)/60000; %Ecuación de velocidad
Cargt=30000*(H/V); %Ecuación de carga tangencial
Torque=(dprim/2)*Cargt; %Ecuación de Torque
FF=Ed;
sigma=(FF*Cargt*P)/(AC*Y); %Ecuación de flexión de Lewis
mat=Valor;
Resultados_4(m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt, Torque, H, AC,
sigma, mat);
end

```

- **Botón “Limpiar”**

```

Button pushed function: LimpiarButton
function LimpiarButtonPushed(app, event)
    Calculo_engranes_rectos_v1_Singles
    delete(app)
end

```

- **Botón “Ayuda”**

```

Button pushed function: AyudaButton
function AyudaButtonPushed(app, event)
    Instrucciones_V1_Sinter
end

```

2.3.5 Programación de ventana de datos de diseño y selección S. Ingles

En la siguiente sección se presenta la programación de la imagen 2.19, la que presenta un ingreso de datos con la herramienta “input arguments” y un botón Excel que exporta datos un Excel alternativo a MatLab

- **Input arguments**

```

% Code that executes after component creation
function startupFcn(app, m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt,
Torque, H, AC, sigma, mat)
    app.m.Value=m;
    app.N.Value=z;
    app.dprim.Value=dprim;
    app.de.Value=dext;
    app.di.Value=dint;
    app.espesordediente.Value=e;
    app.Velocidad.Value=V;
    app.Cargatangencial.Value=Cargt;
    app.Torque.Value=Torque;
    app.Potencia.Value=H;

```

```

app.Anchodecara.Value=AC;
app.Esfuerzodeflect.Value=sigma;
app.Material.Value=mat;
end

```

- **Botón “Excel”**

```

% Button pushed function: ExcelButton
function ExcelButtonPushed(app, event)
    m=app.m.Value;
    N=app.N.Value;
    dprim=app.dprim.Value;
    de=app.de.Value;
    di=app.di.Value;
    espesordediente=app.espesordediente.Value;
    Velocidad=app.Velocidad.Value;
    Cargatangencial=app.Cargatangencial.Value;
    Torque=app.Torque.Value;
    Potencia=app.Potencia.Value;
    Anchodecara=app.Anchodecara.Value;
    Esfuerzodeflect=app.Esfuerzodeflect.Value;
    Material=string(app.Material.Value);
    tablename = table(m, N, dprim, de, di, espesordediente,
Velocidad, Cargatangencial, Torque, Potencia, Anchodecara, Esfuerzodeflect,
Material)

    filename = 'Resultados_engranes_rectos.xlsx';
    ruta = strcat('C:\Users\Lumiell\Documents\MATLAB',filename);
    existe = exist(ruta);
    if existe==0
        writetable(tablename,filename,'sheet',1,'Range','A1')
    else
        datos=readtable(filename);
        (fila,col) =
        celda = strcat ('A', string (fila+2));

writetable(tablename,filename,'sheet',1,'Range',celda,'writeVariableNames',fa
lse)

        end
        open Resultados_engranes_rectos.xlsx
        delete(app)
    end

```

- **Botón “atrás”**

```

Button pushed function: SistemaInglsButton
function SistemaInglsButtonPushed(app, event)
    Ventana_2
    delete(app)
end

```

2.3.6. Programación de la segunda ventana de cálculo S. Inglés

Para la figura 2.17 se tiene la siguiente programación de cada botón o list box, explicando en líneas verdes que tipo de acción posee cada una línea de código creado.

- **List box “Materiales”**

```
% Value changed function: Materiales
function MaterialesValueChanged(app, event)
    global Valor
    value = app.Materiales.Value
    Valor=value;
end
```

- **List box “Efectos dinámicos”**

```
% Value changed function: EfectosDinmicos
function EfectosDinmicosValueChanged(app, event)
    global V Ed
    value = app.EfectosDinmicos.Value;
    if value == 2
        Ed=(600+V)/600;
    elseif value ==3
        Ed=(1200+V)/1200;
    elseif value == 4
        Ed=(50+sqrt(V))/50;
    elseif value == 5
        Ed=sqrt((78+sqrt(V))/78);
    end
end
```

- **Botón “Tabla factor de forma”**

```
% Button pushed function: TablaButton
function TablaButtonPushed(app, event)
    Factor_de_forma
end
```

- **Botón “Tabla ancho de cara”**

```
% Button pushed function: TablaButton_2
function TablaButton_2Pushed(app, event)
    Ancho_cara_SI
end
```

- **Botón “Calcular”**

```
% Button pushed function: Calcular_2
function Calcular_2ButtonPushed(app, event)
    global z d m p dprim V Va H e Y Cargt Torque sigma Ed hc dext hp
    dint AC FF mat Valor
    z = app.Z.Value; %ingreso de variables de entrada
```

```

d=app.d.Value;
m=d/z;
p=pi*m;
Va=app.Va.Value;
H=app.H.Value;
Y=app.Y.Value;
AC=app.anchocara.Value;
dprim=m*z; %Ecuación de diámetro primitivo
P=z/dprim; %Ecuación de paso diametral
hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
e=P/2; %Ecuación de espesor de diente
V=(pi*dprim*Va)/60000; %Ecuación de velocidad
Cargt=30000*(H/V); %Ecuación de carga tangencial
Torque=(dprim/2)*Cargt; %Ecuación de Torque
FF=Ed;
sigma=(FF*Cargt*P)/(AC*Y); %Ecuación de flexión de Lewis
mat=Valor;
Resultados_4(m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt, Torque, H, AC,
sigma, mat);
end

```

- **Botón “Ayuda”**

```

Button pushed function: AyudaButton
function AyudaButtonPushed(app, event)
Instrucciones_V2_Sinter
end

```

- **Botón “Limpiar”**

```

Button pushed function: LimpiarButton
function LimpiarButtonPushed(app, event)
Calculo_engranes_rectos_v1_Singles
delete(app)
end

```

2.3.7. Programación de la tercera ventana de cálculo S. Inglés

Para la figura 2.18 se tiene la siguiente programación de cada botón o list box, explicando en líneas verdes que tipo de acción posee cada una línea de código creado.

- **List box “Materiales”**

```

% Value changed function: Materiales
function MaterialesValueChanged(app, event)
global Valor
value = app.Materiales.Value
Valor=value;
end

```

- **List box “Efectos dinámicos”**

```
% Value changed function: EfectosDinmicos
function EfectosDinmicosValueChanged(app, event)
    global V Ed
    value = app.EfectosDinmicos.Value;
    if value == 2
        Ed=(600+V)/600;
    elseif value ==3
        Ed=(1200+V)/1200;
    elseif value == 4
        Ed=(50+sqrt(V))/50;
    elseif value == 5
        Ed=sqrt((78+sqrt(V))/78);
    end
end
```

- **Botón “Tabla factor de forma”**

```
% Button pushed function: TablaButton
function TablaButtonPushed(app, event)
    Factor_de_forma
end
```

- **Botón “Tabla ancho de cara”**

```
% Button pushed function: TablaButton_2
function TablaButton_2Pushed(app, event)
    Ancho_cara_SI
end
```

- **Botón “Calcular número de dientes”**

```
global p P z m dprim dext dint e hc hp Z mat Valor
dprim=app.d.Value; %ingreso de datos
p=app.p.Value;
p=pi/P;
Z=P*dprim;
z=round(Z);
app.N.Value=z;
m=dprim/z; %Ecuacion de módulo
hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
e=P/2; %Ecuacion de espesor de diente
mat=Valor;
Resultados_6(m, z, dprim, dext, dint, e, mat)
end
```

- **Botón “Calcular”**

```
% Button pushed function: Calcular_2
function Calcular_2ButtonPushed(app, event)
```

```

global z d m p P dprim V Va H e Y Cargt Torque sigma Ed hc dext hp
dint AC FF mat Valor

z = app.Z.Value; %ingreso de variables de entrada
d=app.d.Value;
m=d/z;
p=pi*m;
Va=app.Va.Value;
H=app.H.Value;
Y=app.Y.Value;
AC=app.anchocara.Value;
dprim=m*z; %Ecuación de diámetro primitivo
P=z/dprim; %Ecuación de paso diametral
hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
e=P/2; %Ecuación de espesor de diente
V=(pi*dprim*Va)/60000; %Ecuación de velocidad
Cargt=30000*(H/V); %Ecuación de carga tangencial
Torque=(dprim/2)*Cargt; %Ecuación de Torque
FF=Ed;
sigma=(FF*Cargt*P)/(AC*Y); %Ecuación de flexión de Lewis
mat=Valor;
Resultados_4(m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt, Torque, H, AC,
sigma, mat);
end

```

- **Botón “Ayuda”**

```

Button pushed function: AyudaButton
function AyudaButtonPushed(app, event)
Instrucciones_V3_Sinter
end

```

- **Botón “Limpiar”**

```

Button pushed function: LimpiarButton
function LimpiarButtonPushed(app, event)
Calculo_engranes_rectos_v1_Singles
delete(app)
end

```

2.3.8. Programación de la cuarta ventana de cálculo S. Ingles

Para la figura 2.20 se tiene la siguiente programación de cada botón o list box, explicando en líneas verdes que tipo de acción posee cada una línea de código creado.

- **List box “Materiales”**

```

% Value changed function: Materiales
function MaterialesValueChanged(app, event)
global Valor
value = app.Materiales.Value

```

```

    Valor=value;
end

```

- **List box “Efectos dinámicos”**

```

% Value changed function: EfectosDinmicos
function EfectosDinmicosValueChanged(app, event)
    global V Ed
    value = app.EfectosDinmicos.Value;
    if value == 2
        Ed=(600+V)/600;
    elseif value ==3
        Ed=(1200+V)/1200;
    elseif value == 4
        Ed=(50+sqrt(V))/50;
    elseif value == 5
        Ed=sqrt((78+sqrt(V))/78);
    end
end
end

```

- **Botón “Tabla factor de forma”**

```

% Button pushed function: TablaButton
function TablaButtonPushed(app, event)
    Factor_de_forma
end

```

- **Botón “Tabla ancho de cara”**

```

% Button pushed function: TablaButton_2
function TablaButton_2Pushed(app, event)
    Ancho_cara_SI
end

```

- **Botón “Calcular”**

```

% Button pushed function: Calcular_2
function Calcular_2ButtonPushed(app, event)
    global z d m p P dprim V Va H e Y Cargt Torque sigma Ed hc dext hp
    dint AC FF mat Valor

    z = app.Z.Value; %ingreso de variables de entrada
    d=app.d.Value;
    m=d/z;
    p=pi*m;
    Va=app.Va.Value;
    H=app.H.Value;
    Y=app.Y.Value;
    AC=app.anchocara.Value;
    dprim=m*z; %Ecuación de diámetro primitivo
    P=z/dprim; %Ecuación de paso diametral
    hc=m; %Ecuación de altura de cabeza
    dext=dprim+2*hc; %Ecuación de diámetro exterior
    hp=1.25*m; %Ecuación de altura de pie
    dint=dprim-2*hp; %Ecuación de diámetro interior
    e=P/2; %Ecuacion de espesor de diente

```



```

V=(pi*dprim*Va)/60000; %Ecuación de velocidad
Cargt=30000*(H/V); %Ecuación de carga tangencial
Torque=(dprim/2)*Cargt; %Ecuación de Torque
FF=Ed;
sigma=(FF*Cargt*P)/(AC*Y); %Ecuación de flexión de Lewis
mat=Valor;
Resultados_1(m, z, dprim, dext, dint, e, V, Cargt, Torque, H, AC,
sigma, mat);
end

```

- **Botón “Ayuda”**

```

Button pushed function: AyudaButton
function AyudaButtonPushed(app, event)
Instrucciones_V4_Sinter
end

```

- **Botón “Limpiar”**

```

Button pushed function: LimpiarButton
function LimpiarButtonPushed(app, event)
Calculo_engranes_rectos_v1_Singles
delete(app)
end

```

2.3.9. Programación de ventanas de ayuda

- **Botón “atrás”**

```

Button pushed function: SistemaInglsButton
function SistemaInglsButtonPushed(app, event)
delete(app)
end

```

- **Botón “Engrane recto”**

```

%Button pushed function: Engranerecto
function EngranerectoButtonPushed(app, event)
Partes_engrane_recto
end

```

2.4 Creación del archivo ejecutable (.exe)

Luego de haber realizado la programación de la interfaz gráfica correspondiente a cada ventana del cálculo de variables para el diseño y selección de engranes rectos, lo siguiente es la creación del archivo ejecutable (.exe) con la finalidad que la interfaz gráfica se pueda ejecutar en cualquier computadora independiente de MatLab, lo que

quiere decir que el usuario a utilizar la interfaz gráfica no necesita obligatoriamente tener el software MatLab instalado en su ordenador.

Para crear el archivo ejecutable se procede de la siguiente manera:

- 1) Acceder a MatLab y seleccionar la opción Apps, la subsección “Application compiler” como se muestra en la figura 2.23.

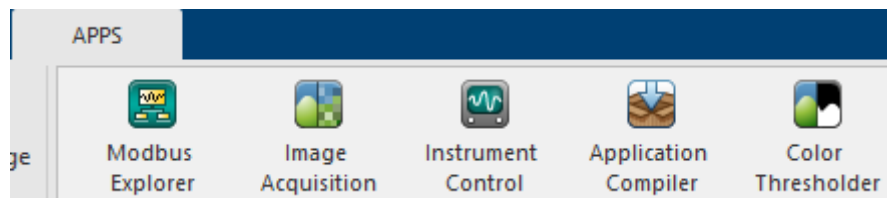


Figura 2.23. Application compiler

Una vez dentro se presenta la siguiente pantalla (ver figura 2.24), en la que se debe llenar con todos los datos solicitados. En la parte izquierda de esta ventana se puede cargar una nueva imagen que servirá como icono para el ordenador.

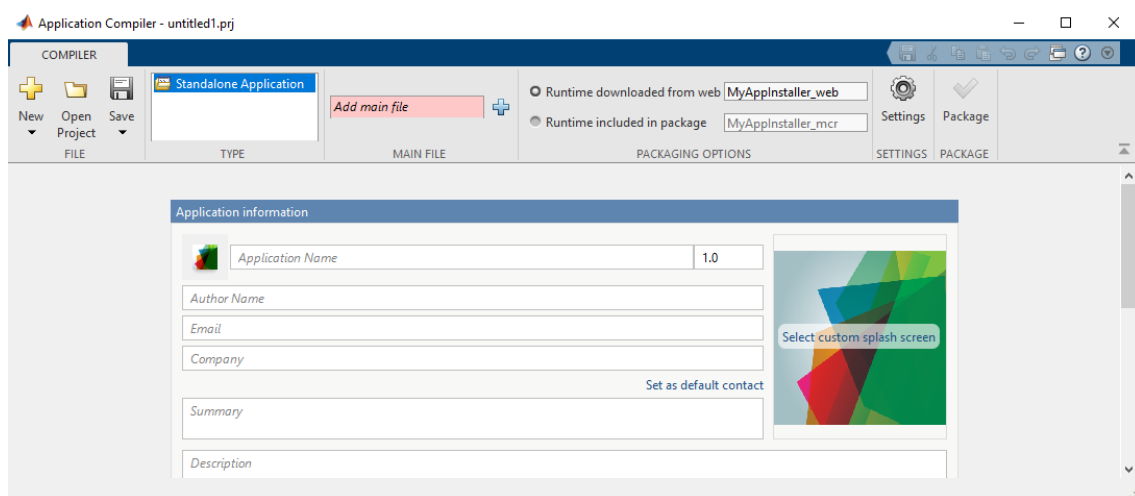


Figura 2.23. Interfaz application compiler

Una vez llenos los campos en blanco se procede a elegir el runtime, ósea desde donde se va a descargar, para este caso será desde la web como se lo puede ver en la figura 2.24, y seguidamente de esto clic en “Package”.

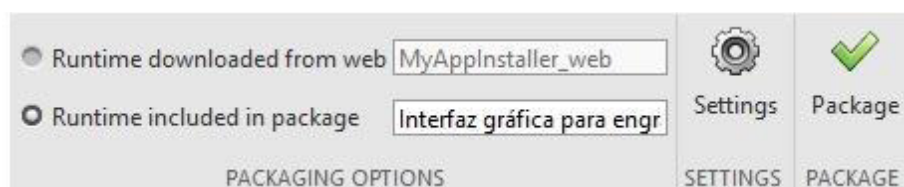


Figura 2.24. Runtime y Package

Después se elige el lugar donde se va a guardar el archivo ejecutable (ver figura 2.25)

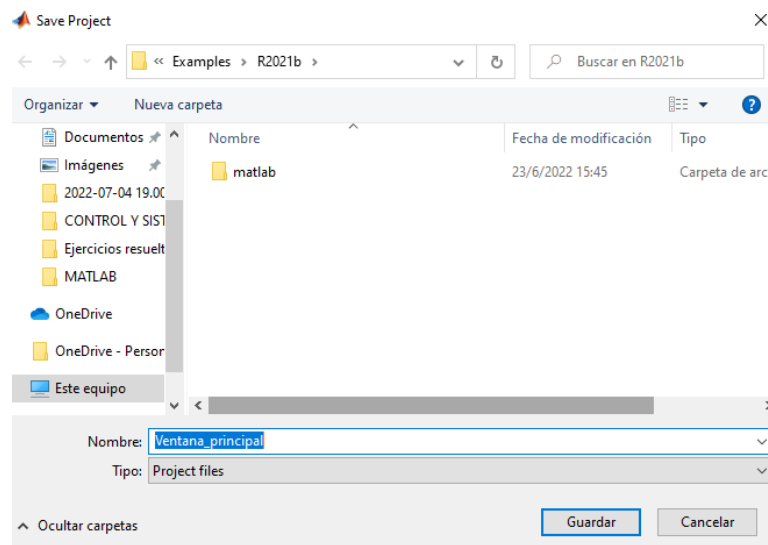


Figura 2.25. Elección del lugar de descarga del ejecutable.

Una vez seleccionado el lugar de descarga, se tiene que esperar hasta que se instale en el ordenador el programa ejecutable, en la figura 2.26 se puede observar que el archivo se instaló correctamente en el ordenador.

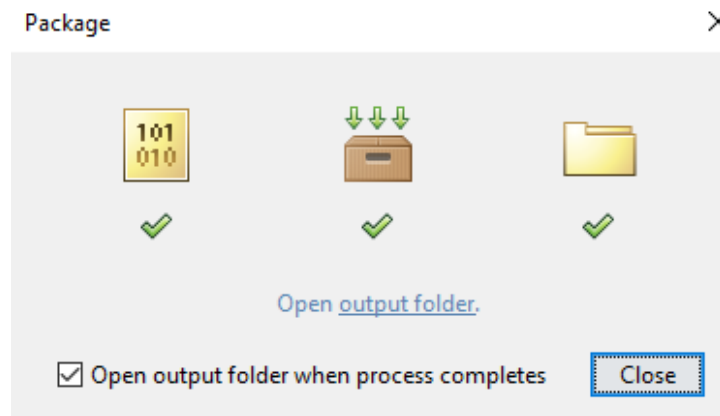


Figura 2.26. Descarga completa del archivo (.exe).

Una vez completa la descarga, se abre automáticamente el grupo de carpetas donde se descargó el archivo ejecutable (ver figura 2.27), se procede a abrir la primera carpeta donde está el programa.

	for_redistribution	10/7/2022 18:51	Carpeta de archivos	
	for_redistribution_files_only	10/7/2022 18:51	Carpeta de archivos	
	for_testing	10/7/2022 18:50	Carpeta de archivos	
	PackagingLog	10/7/2022 18:51	Opera GX Web Do...	1 KB

Figura 2.27. Ubicación del ejecutable.

Una vez abierta la carpeta “for_distribution” aparece el programa (.exe.) listo para ser instalado (ver figura 2.28).


Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
 Interfaz gráfica para engranes rectos	3/8/2022 20:18	Aplicación	822.539 KB

Figura 2.28. Instalación del programa.

El programa se instala como cualquier otra aplicación para ordenador para lo cual una vez finalizada la instalación se tendrá este icono en el ordenador (ver figura 2.29)

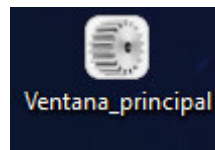


Figura 2.29. Interfaz gráfica para el diseño y selección de engranes rectos.

Requerimientos mínimos del sistema

Para poder instalar la interfaz gráfica se presentan los requerimientos mínimos del sistema:

- 4 GB de Ram
- 1 GB de almacenamiento en el disco.
- Windows 32 o 64 bits.

3 RESULTADOS

Finalmente, se implementó de manera exitosa la interfaz gráfica de diseño y selección de engrane rectos, donde al colocar datos fundamentales como el ancho de cara, paso diametral, número de dientes, entre otros le permitirá al usuario que la utilice conseguir los parámetros necesarios para el diseño y selección de los elementos mecánicos a través de catálogos normalizados existentes en el mercado.

3.1 Archivo ejecutable (.exe)

El archivo ejecutable al ser creado sin errores como se lo mostró en el desarrollo del punto 2.4, se lo colocó en una carpeta ubicada en la nube, para acceder a ello se creó un código QR, el mismo que al ser escaneado con cualquier dispositivo guiará a la ubicación de este, el código QR se presenta en la figura 3.1.



Figura 3.1. Interfaz gráfica para diseño y selección de engranes rectos.

Link OneDrive: [Interfaz gráfica para diseño y selección de engranes rectos](#)

3.2 Instalación del software

Para la instalación del ejecutable, se creó un video en el cual se explica acerca de cuáles son los pasos para instalar el software en cualquier ordenador. Este video se lo podrá ver escaneando el código QR que se presenta en la figura 3.2.



Figura 3.2. Interfaz gráfica para diseño y selección de engranes rectos.

Link de YouTube: <https://youtu.be/vsQH1Y0dNC8>

3.3 Pruebas y Análisis de Resultados

Para probar el uso y funcionamiento de la interfaz gráfica se procedió a realizar un video en el que se resuelve un problema planteado por el libro de Shigley, para el cual al finalizar la resolución del ejercicio se analiza los resultados obtenidos en la interfaz gráfica con los presentados con la solución. Para ver el video dirigirse al QR que se encuentra en la figura 3.3.



Figura 3.3. Funcionamiento del software.

Link de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=l2A7h5eakjo>

4 CONCLUSIONES

- El libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley es una herramienta teórica fundamental para este proyecto de investigación, debido a que en este libro se halló las diferentes variables y modelos matemáticos a utilizar para en el desarrollo de la programación de la interfaz gráfica en el App Designer de MatLab. De igual manera este proyecto se apoya en diferentes catálogos normalizados porque a través de estos se tiene el conocimiento acerca de qué tipo de variables se necesita para la selección de engranes rectos.
- El App designer de MatLab es una herramienta muy interesante, ya que posee una interfaz gráfica iterativa que hace fácil la creación de ventanas, en la que a través de iconos ubicados su librería se puede desarrollar interfaces gráficas agradables para los futuros usuarios.
- De igual forma la programación en el App designer de MatLab es muy iterativa con esto se dice que el programador que intente crear una interfaz gráfica no necesariamente debe ser una persona con estudios en la rama de programación, por lo que se podría aprender a programar las ventanas creadas anteriormente con códigos de programación bastantes sencillos aprendidos a través de cursos online o videos encontrados en plataformas de reproducción de videos.
- La interfaz gráfica esta desarrollada en un ejecutable (.exe) la cual al ser creada en el complemento App Compiler de MatLab se convierte un archivo independiente del software original, lo que quiere decir que el usuario no necesariamente necesita tener instalado el software MatLab en su ordenador para usar la interfaz gráfica ya que como se sabe el MatLab es un programa muy pesado y no podría ser instalado en cualquier dispositivo.
- La ventaja de usar la interfaz gráfica es que el usuario optimiza su tiempo al momento de diseñar, buscar diferentes catálogos normalizados que se encuentren en vigencia y seleccionar engranes rectos.
- La interfaz gráfica se encuentra debida mente programada, debido a que en las pruebas de funcionamiento y análisis de resultados se obtuvieron los mismos resultados que los calculados analíticamente en el libro de Shigley.
- El complemento App Designer de MatLab es muy útil al momento de crear y programar interfaces de usuario, por la razón de que su interfaz es muy interactiva y fácil de entender. De manera de que para poder usar el App Designer el programador no necesariamente debe ser alguien con estudios en la rama de programación.

- El complemento “Application Compiler” de MatLab, también es un apartado de super utilidad al momento de crear ejecutables (.exe), por la única razón de que a través de este complemento se puede crear ejecutables que sean externos al software MatLab.

5 RECOMENDACIONES

- Para la identificación de las variables de entrada y salida, así como también los modelos matemáticos a usar se recomienda la utilización de libros que se dediquen al diseño de elementos mecánicos, debido a que estos libros traen consigo las diferentes especificaciones de cómo usar sus modelos matemáticos o bajo que circunstancias se aplican cada uno de ellos.
- Cuando se crea una nueva ventana es fundamental el uso de pocos colores o uso de colores que combinen entre sí, debido a que si se usa una variedad de colores la interfaz gráfica va a perder la seriedad que debe presentarse al usuario que va a ocuparla en un futuro.
- Al momento de colocar iconos que permitan ingresar datos se debe tomar en cuenta que tipo de dato se requiere ingresar (ya sea solo letras o números) o que rango de valores se puede ingresar, debido a que si se coloca letras en una casilla que recoja números no provoque ningún error en los modelos matemáticos adheridos a este lugar.
- Se recomienda que al realizar el ejecutable (.exe) este contenga imágenes acerca del tema a tratar en su pantalla de carga, así como en su icono ya que de esta manera el usuario antes de usar la interfaz gráfica ya tendrá una pequeña idea sobre que trata el software a instalarlo en su ordenador.
- Se concluye que a través de la interfaz gráfica diseñada se ahorra mucho tiempo en el diseño de engranes rectos, y además es muy eficiente. Por lo que se recomienda a docentes y estudiantes hagan su uso, para que puedan obtener cálculos que les permitan ser más eficientes en sus procesos o a su vez que lo usen para comparar los cálculos analíticos.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. T. Búa, «Emgranajes,» 04 30 2014. [En línea]. Available: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/43_engranajes.html.
- [2] CLR, «Tipos de engranajes y sus aplicaciones,» CLR, [En línea]. Available: <https://clr.es/blog/es/tipos-de-engranajes-y-sus-aplicaciones/>. [Último acceso: 8 7 2022].
- [3] R. y. B. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México: Mc Graw Hill, 2008.
- [4] R. Sarmiento, «Como hacer una simulación de engranajes rectos en SOLIDWORK,» Youtube, 2019. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=DDCZLSoURyg>. [Último acceso: 05 29 2022].
- [5] L. Vera, «Engranajes de dientes rectos,» 2016. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/luisvera95/engranajes-de-dientes-rectos-62166336>.
- [6] CLR, «¿Engranajes helicoidales o engranajes rectos?,» 31 03 2020. [En línea]. Available: <https://clr.es/blog/es/engranajes-rectos-engranajes-helicoidales/>.
- [7] GRINDEL, «Diámetro primitivo,» [En línea]. Available: <https://www.grindelgears.com/es/glosario/diametro-primitivo>.
- [8] Unican, «Transmisión de movimiento,» 2005. [En línea]. Available: https://ocw.unican.es/pluginfile.php/228/course/section/139/tema_5%201.pdf.
- [9] E. industrial, «Elementos de los engranajes cilíndricos de dientes rectos,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/483calcelementosdemaquinas/elementos-de-los-engranajes-cilindricos-de-dientes-rectos>.
- [10] J. Hurtado, El proyecto de investigación, Caracas: Quirón, 2012.

- [11] L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [12] Godno, James M., Mecánica de materiales, Santa Fe: CENGAGE learning, 2009.
- [13] R. y. F. Beer, Mecánica de materiales, México: Mc Graw Hill, 2010.

7 ANEXOS

ANEXO I. CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
CAMPUS POLITÉCNICO "ING. JOSÉ RUBÉN ORELLANA"**

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, D.M. 05 de septiembre de 2022

De mi consideración:

Yo, JONATHAN GABRIEL LOOR BAUTISTA, en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado DISEÑO Y SELECCIÓN DE ENGRANES RECTOS asociado al DESARROLLO DE UNA INTERFAZ GRÁFICA EN MATLAB PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS elaborado por el estudiante LATACUNGA GUSHCASHANA KEVIN DANIEL de la carrera en Tecnología Superior en Electromecánica, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito completo, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 3%.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,

**Ing. Jonathan Gabriel Looor Bautista Mg.
Técnico docente politécnico
ESFOT**

Fecha de entrega: 08-ago-2022 05:24p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1880422857

Nombre del archivo: lectromec_nica_Latacunga_Guishcashana_Kevin_Daniel_REV1-MSI.docx (2.13M)

Total de palabras: 10272

Total de caracteres: 60282

TIC 1ra revisión

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.utp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

2

[Submitted to Universidad del Atlántico](#)

Trabajo del estudiante

1%

3

losengranajesdemecanismos.blogspot.com

Fuente de Internet

<1%

4

[Submitted to Eton School](#)

Trabajo del estudiante

<1%

ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 10 de agosto de 2022

Yo, Jonathan Gabriel Loor Bautista, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de la interfaz gráfica para el diseño y selección de engranes rectos, el cual fue implementado por el estudiante Kevin Daniel Latacunga Guishcashana.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar las instalaciones con seguridad para los equipos y las personas.



DIRECTOR

Ing. Jonathan Gabriel Loor Bautista Mg.

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | PB 02 | Oficina 03 - 23
Correo: jonathan.loor@epn.edu.ec | **Ext:** 2746