

Aplicativo móvil para solución de problemas de transmisión de potencia por cadenas de rodillos

Mobile application to solve power transmission problems by roller chains

Solórzano - Castillo, Byron Agustín^{1,2*}; Jiménez - Cueva, Bryan Santiago¹; Tapia - Peralta, Darwin Giovanni^{1,3}; Suing - Albito, Genoveva Jackelinne^{1,4}

¹ Universidad Nacional de Loja

² <https://orcid.org/0000-0002-0071-2249>

³ <https://orcid.org/0000-0002-1663-7976>

⁴ <https://orcid.org/0000-0003-0281-3147>

* byron.solorzano@unl.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.26871/killkanasocial.v7i3.1411>

Resumen

El presente trabajo está orientado al diseño y desarrollo de una aplicación móvil para el cálculo de transmisiones de potencia por cadenas de rodillos, fundamentada principalmente en las normas ANSI e ISO. Así como en catálogos y prontuarios técnicos especializados de donde se consideraron ecuaciones, tablas y gráficas.

A partir de ello, se define un modelo matemático que en conjunto a un problema tipo, permite encontrar la geometría, la capacidad de potencia, el tipo de lubricación y la vida útil de la transmisión de potencia, teniendo como variables de entrada; la potencia motriz, el tipo de máquina accionada, la velocidad angular del eje más rápido, la relación de transmisión, el número de dientes del piñón, el número de torones y la distancia entre centros. El modelo matemático está conformado de 38 relaciones y 51 variables a partir del cual se obtiene el algoritmo de solución. Como estrategias para establecer el algoritmo se emplean la matriz de Lee y Christensen y el diagrama de Nassi-Scheirman, los que permitieron definir una secuencia acíclica de resolución y la representación gráfica de diseño de un programa estructurado, respectivamente. Este algoritmo se emplea para la generación de una herramienta móvil en el entorno de desarrollo integrado de Android Studio, que utiliza los lenguajes de programación Java y Kotlin para crear aplicaciones nativas de Android. La herramienta móvil se consolida como una interfaz sencilla, portable y accesible que permite solucionar con fundamento ingenieril y de forma precisa un problema de transmisión de potencia por cadenas de rodillos convencionales.

Palabras claves: Aplicación móvil, Transmisión de potencia, Cadenas de rodillo, Modelo Matemático.

Abstract

The present work is focused on designing and developing a mobile application for calculating power transmissions using roller chains, primarily based on ANSI and ISO standards, as well as on specialized technical catalogs and directories from which equations, tables, and graphs were considered. From this, a mathematical model is defined, which, in conjunction with a typical problem, enables finding the geometry, power capacity, lubrication type, and useful life of the power transmission. Input variables for this model include driving power, the type of driven machine, the angular velocity of the fastest shaft, transmission ratio, number of sprocket teeth, number of strands, and distance between centers. The mathematical model comprises 38 relationships and 51 variables, from which the solution algorithm is derived. The Lee and Christensen matrix and the Nassi-Scheirman diagram were used as strategies to establish the algorithm, facilitating the definition of an acyclic resolution sequence and the graphic representation of a structured program design, respectively. This algorithm creates a mobile tool within the Android Studio integrated development environment, employing Java and Kotlin programming languages to build native Android applications. The mobile tool has proven itself as a simple, portable, and accessible interface to provide an accurate, engineering-based solution for conventional roller chain power transmission problems.

Keywords: Mobile application, power transmisión, roller chains, mathematical model

1. Introducción

Con el avance de las nuevas tecnologías, los teléfonos móviles se han convertido en poderosas herramientas multimedia. Hoy en día los aplicativos móviles al ser portables han permitido el acceso a la información y al conocimiento, uno de los softwares más empleados para el desarrollo de estos aplicativos móviles es Android Studio (Hagos, 2018). Es recomendable realizar mejoras continuas a las aplicaciones y determinar su alcance, por ejemplo, asegurarse de que la herramienta pueda resolver un problema específico de manera efectiva (Klarić et al., 2019).

Según Gasca et al. (2014), el uso de aplicaciones móviles vinculadas a modelos matemáticos de ingeniería permite crear herramientas técnicas que facilitan el diseño conceptual de procesos y sistemas, así como la selección de partes, piezas y del diseño de elementos de máquinas. Un ejemplo de aquellas aplicaciones son las ofrecidas por empresas especializadas en el diseño y la comercialización de estos elementos, como RENOLD® (2014) y SKF® (2021) disponibles para ordenadores y teléfonos inteligentes.

De acuerdo con González & García (2007), las transmisiones de potencia por cadenas de rodillos tipo normal presentan ventajas en comparación con otros tipos, entre estas las cadenas rara vez fallan debido a la falta de resistencia a la tensión y a diferencia de las correas, las cadenas no sufren deslizamiento, además, ofrecen una transmisión de potencia más eficiente (Myszka, 2012). El principio de funcionamiento de las cadenas de rodillos se basa en la transferencia de energía y movimiento a través de una cadena que se conecta a los

ejes mediante catarinas. La tracción y fricción entre los eslabones de la cadena y los dientes de las catarinas permiten una transmisión de potencia y torque en maquinaria y sistemas mecánicos (Bell, 1997).

Las transmisiones por cadenas de rodillos están vinculadas directamente con la industria automotriz, agrícola, minera y manufactura, en los casos presentados, la función que más destaca es la transmisión de potencia en mecanismos motrices de vehículos y maquinaria en general. La selección de las cadenas de rodillo está basada en las normativas ANSI B29.1, que establece requisitos y recomendaciones para el diseño, la fabricación, la selección y el rendimiento de la cadena; ISO 606, define las dimensiones clave como el paso, el diámetro del rodillo, el ancho de la cadena, la resistencia mínima a la tracción y tipo de lubricación; y la ISO 1082023:2004 orientada a la vida útil de la cadena (González & García, 2007).

Las casas comerciales evalúan experimentalmente los parámetros relevantes del fenómeno de transmisión permitiendo desarrollar catálogos encaminados a la selección de este tipo de transmisiones de potencia. En base a todo lo expuesto, se puede deducir que estos elementos mecánicos son de gran importancia, siendo necesario contar con una herramienta móvil que agilice el proceso de selección o, al menos, que proporcione una primera aproximación del diseño conceptual de estas transmisiones.

Considerando que el proceso analítico manual es relativamente lento y propenso a errores de cálculo, resulta importante disponer de una aplicación móvil que ayude a corroborar de manera ágil y precisa los resultados obtenidos. La relevancia de este aplicativo móvil radica en su rapidez, portabilidad y accesibilidad para resolver diferentes casos del problema tipo, de manera confiable. De forma general, la importancia del uso de estos aplicativos en el sector industrial radica en optimizar operaciones y fomentar la innovación, motivo por el cual la tendencia del avance tecnológico permite el desarrollo de aplicaciones Android enfocadas en el diseño de componentes de máquinas (Martínez & Rodríguez, 2022).

2. Metodología

El presente trabajo se enmarca dentro del desarrollo tecnológico y aplicado, enfocado en la aplicación de normas técnicas y modelado matemático, con el propósito de desarrollar una herramienta móvil para resolver problemas de transmisión de potencia por cadenas de rodillos. El alcance de la investigación es crear un aplicativo móvil para dispositivos Android, basado en un algoritmo que define la geometría, capacidad de potencia, lubricación y vida útil de las transmisiones de potencia por cadenas de rodillos convencionales.

El método empleado para el cálculo general de transmisiones por cadenas de rodillos tipo normal se fundamenta en la norma ANSI B29.1 e ISO 606. Especialmente, esta norma define requisitos y recomendaciones para el diseño, la fabricación, la selección y el rendimiento de la cadena. Para el cálculo de la vida útil y el tipo de lubricación necesario, se utiliza la norma ISO 1082023:2004.

Los modelos matemáticos de estas normativas constan de funciones, tablas, gráficos, ajustes y otros (González & García, 2007), que, entre los resultados permiten definir principalmente el paso de la cadena normalizada en base a la potencia de diseño, asegurando una vida útil de 15000 horas. Además, se obtiene el tipo de lubricación requerido y la geometría general de la transmisión de potencia.

Previo a la implementación de la aplicación se genera un algoritmo que resuelve un problema tipo con base en un modelo matemático compuesto de 3 submodelos. El conjunto de funciones y/o relaciones se analizan y sintetizan mediante la metodología de Lee y Christensen y el diagrama de Nassi-Scheirman.

El software utilizado para la programación del aplicativo móvil es Android Studio, debido a su compatibilidad con una gran base de usuarios, su apoyo activo desde Google y su potencial de alcance masivo (Hagos, 2018). Finalmente, se usa el aplicativo resolviendo varios problemas para su posterior evaluación y validación de resultados.

2.1 Descripción del problema de transmisión de potencia

El caso de transmisión de potencia por cadenas de rodillo de tipo normal a resolver; requiere como datos de entrada: potencia del motor, relación de transmisión, distancia entre centros de las catarinas, frecuencia de giro y número de dientes de la catarina menor (piñón). Como datos de salida se tiene: el paso y el número de hileras (torones) de la cadena, longitud de la cadena, vida útil y tipo de lubricación.

2.2 Planteamiento del modelo matemático (MM)

El proceso de modelación matemática se clasifica en tres sub modelos: MM de la geometría de la transmisión, MM de capacidad de potencia y MM de vida útil y tipo de lubricación de la cadena. Con fines de resaltar la metodología del modelado, se expone como ejemplo la nomenclatura y relaciones para varios tipos de funciones utilizadas: explícita, tabla, lista y gráfica.

Según Budynas & Nisbett (2019) y Faires (1995), la relación 1, de tipo explícita, define la longitud de la cadena en pasos (L_{cad}):

$$L_{cad} = \frac{2 * Dc_{int}}{\text{paso}} + \frac{Z_c + Z_p}{2} + \frac{(Z_c + Z_p)^2}{4\pi^2 * \frac{Dc_{int}}{\text{paso}}} \quad (1)$$

Donde, (Dc_{int}) representa un valor aproximado para la distancia entre centros, paso es el paso de la cadena en pulgadas, (Z_c) y (Z_p) definen el número de dientes de la catarina y del piñón.

La función 2 tipo tabla, obtenida de Joresa® (2019) y Norton (2011), define el coeficiente de corrección de potencia (K_t) en función del número de hileras (N_h) de la cadena, mostrado en la Tabla 1:

Tabla 1: Factor de corrección según el número de hileras.

$K_t=f(N_h)$	(2)
N_h	K_t
1	1,0

2	1,7
3	2,5
4	3,3
5	3,9
6	4,6
8	6,0

Fuente: Adaptado de Joresa[®] (2019) & Norton (2011) .

Con fines de generalizar la información, para funciones tipo lista y gráfica, se realiza ajustes de curvas polinomiales (ver Tabla 2). En el caso del factor de vida útil de la cadena (fz), definido por el número de dientes del piñón (Z_p) (ver Figura 1), es suficiente una función cuadrática, cuyo error de ajuste es inferior al 1%.

Tabla 2: Factor (fz).

Z_p	fz
10	1,0
15	8,5
20	11
25	13,25
30	15,2
35	17
40	19
45	20,9
50	22,75
55	24,48
60	26,2

Fuente: Adaptado de la Norma ISO 1082023:2004.

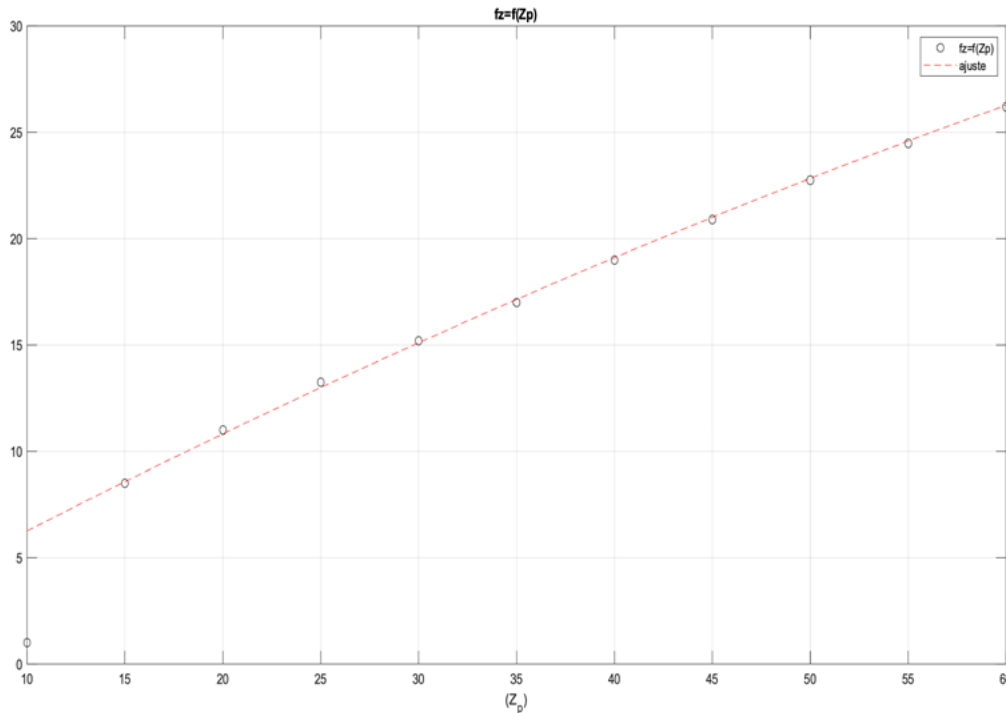


Figura 1: Factor de corrección por el número de dientes (fz).

$$fz = -0,0014 * Z_p^2 + 0,4985 * Z_p + 1,411 \tag{3}$$

2.3 Obtención del algoritmo

Para la elaboración del algoritmo de solución del problema tipo, se comprueba si el modelo matemático posee grados de libertad, es decir que el número de variables sea mayor al número de ecuaciones, para ello se emplea las 38 relaciones y 51 variables, aplicando el método expuesto por Deiros & Alvarez (2011), el cual consiste en realizar la diferencia entre las variables y las relaciones, se tiene 13 variables que conforman los grados de libertad.

A continuación, se analiza tres de las relaciones del modelo matemático con el fin de ejemplificar la aplicación de la metodología de la matriz de Lee y Christensen y del diagrama de Nassi-Scheirman.

La longitud de la cadena (L_{cad}), la distancia entre centros de las catarinas (D_{c_{out}}) y la relación (i) de transmisión son:

$$L_{cad} = \frac{2 * D_{c_{int}}}{paso} + \frac{Z_c + Z_p}{2} + \frac{(Z_c + Z_p)^2}{4\pi^2 * \frac{D_{c_{int}}}{paso}} \tag{1}$$

$$D_{c_{out}} = \frac{paso}{4} * \left[\sqrt{\left(\frac{Z_c - Z_p}{2\pi} - L_{cad} \right)^2 - (8) * \left(\frac{Z_c - Z_p}{2\pi} \right)^2} - \left(\frac{Z_c - Z_p}{2\pi} - L_{cad} \right) \right] \tag{2}$$

$$i = \frac{Z_c}{Z_p} \tag{3}$$

El método sugiere realizar una matriz estructural (ver Tabla 3), teniendo en cuenta que las filas corresponden a las ecuaciones y sus columnas a las variables, además se coloca una X cada vez que la variable sea utilizada en otra ecuación.

Tabla 3: Paso 1, matriz de Lee y Christensen.

Variables							
Relación	L_cad	Dc_out	i	Dc_int	paso	Z_c	Z_p
1	x			x	x	x	x
2	x	x			x	x	x
3			x			x	x

Fuente: Adaptado de Deiros & Alvarez (2011).

Se considera que la longitud de la cadena promedio (Dc_{pr}), el paso de la cadena (paso) y el número de dientes del piñón (Z_p) y la catarina (Z_c), son variables de entrada, el método indica que estas columnas deben ser eliminadas de la matriz de la Tabla 3.

Tabla 4: Paso 2, matriz de Lee y Christensen.

Variables			
Relación	L_cad	Dc_out	i
1	x		
2	x	x	
3			x

Fuente: Adaptado de Deiros & Alvarez (2011).

Para el paso tres, se identifica la columna que contenga una X y se elimina con su respectiva fila, este proceso es iterativo hasta tanto columnas como filas queden eliminadas (ver tabla).

Tabla 5: Paso 3, matriz de Lee y Christensen.

Variables	
Relación	L_cad
1	x

Fuente: Adaptado de Deiros & Alvarez (2011).

El paso cuatro, consiste en presentar la metodología anterior en un diagrama de Nassi-Scheirman. En primer lugar, se exponen las variables de entrada, y luego la secuencia de solución del modelo. En el primer paso, con base a la relación 1 se calcula la longitud de cadena y luego, en el paso dos de forma simultánea se definen la distancia entre centros y la relación transmisión, de las ecuaciones 2 y 3, respectivamente (ver Tabla 6).

Tabla 6: Paso 4, diagrama de Nassi-Scheirman.

Variabes de entrada:	Dc_int, paso, Z_c, Z_p
(Relación 1, L_cad)	
(Relación 2, Dc_out); (Relación 3, i)	

Fuente: Adaptado de Deiros & Alvarez (2011).

A continuación, se representa de forma gráfica el algoritmo de solución para el ejemplo propuesto en la metodología (ver Figura 2).

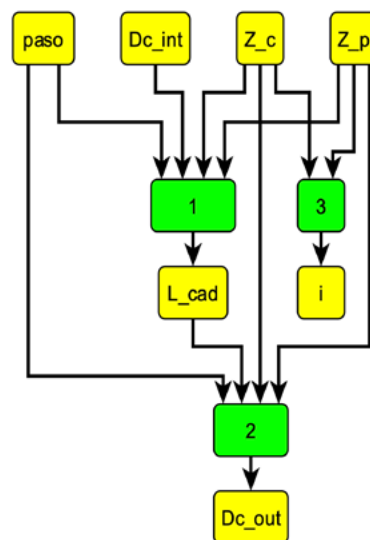


Figura 2: Algoritmo de solución en base a la matriz de Nassi-Scheirman (ver Tabla 6).

2.4 Desarrollo del aplicativo.

Para el desarrollo de la herramienta móvil, se usa el software Android Studio por ser crucial en el desarrollo de aplicaciones Android, ya que proporciona un entorno completo y eficiente para el diseño, codificación, depuración y prueba, lo que garantiza la creación de aplicativos de alta calidad y rendimiento (Hagos, 2018). Se crean múltiples interfaces: para ingreso de datos, de visualización de información del diseño previo a su resolución, de configuración final y de detalle de resultados. De la última interfaz se resaltan la presentación de gráficos de geometría, capacidad de potencia, el tipo de lubricación y la vida útil de la transmisión. Las interfaces son intuitivas y amigables, permitiendo contar con un diseño conceptual preciso y confiable.

En el desarrollo de la aplicación se establece la arquitectura de capas y un listado de tareas ordenadas predeterminadamente para su ejecución, agrupadas en siete sprints, período de tiempo fijo y corto, en el cual se planifican, desarrollan y prueban funcionalidades específicas de una aplicación Android (ver Tabla 7). A partir de cada sprint se proponen los resultados a obtener, iniciando con la programación en el software Android Studio, que permite escribir el código fuente en Java y diseñar las pantallas de la aplicación y finalmente, se realizan pruebas del funcionamiento de la aplicación en emuladores.

Tabla 7: Desarrollo de la aplicación Android.

Tareas	Descripción	Sprint
Crear un nuevo proyecto, diseño de pantalla inicial de carga de aplicación y de la pantalla principal.	Creación de la aplicación	Sprint 1
Diseño de pantalla y de tabla SQLite para datos de entrada, reglas para actualizar información y para validar los datos. Desplegable para selección del factor de servicio.	Datos de entrada	Sprint 2
Diseño de pantalla y creación de reglas para mostrar datos, imagen y simbología de la transmisión bajo diseño.	Datos de transmisión	Sprint 3
Diseño de pantalla, reglas y controles de resultados de características de la cadena.	Presentación de resultados	Sprint 4
Diseño de controles para mostrar la geometría de la cadena y la capacidad de potencia, creación de reglas para calcular la geometría y la capacidad de potencia de la cadena.	Presentación de resultados	Sprint 5
Diseño de controles y creación de reglas para calcular y mostrar el tipo de lubricación y vida útil de la cadena.	Presentación de resultados	Sprint 6
Diseño de la pantalla y controles para presentar resultados, creación de reglas para mostrar el gráfico y resultados en general.	Resultados finales	Sprint 7

Fuente: Los autores

3. Resultados y discusión

El aplicativo logrado con funcionalidad para sistema Android calcula exitosamente las transmisiones por cadenas de rodillo tipo normal, entregando como resultados: la geometría de la transmisión, la capacidad de potencia, el tipo de lubricación recomendada y la vida útil. El MM desarrollado se integra de 38 relaciones y 51 variables, formado por tres sub modelos: el modelo de la geometría de la transmisión consta de 14 variables y 7 relaciones, el modelo de la capacidad de potencia cuenta con 20 relaciones y 31 variables, mientras que el modelo de la vida útil y tipo de lubricación se representan de 21 variables y 11 relaciones.

Previo a la obtención del algoritmo de solución se plantea el problema tipo a resolver cuyos datos de entrada son: distancia entre centros inicial (Dc_{int}), número de dientes del piñón (Z_p), frecuencia de giro del eje motriz (n_{eje_motriz}), potencia motriz (Po_{Mt}), relación de transmisión (i), número de hileras de la cadena (Nh), tipo de máquina (tip_{maq}), tipo de carga (tip_{carg}), tipo de accionamiento o impulsor (tip_{imp}) y tipo de transmisión (tip_{trans}),

<Relación 7, D_p>; <Relación 2, Kt >; <Relación 10, v_lin>; <Relación 12, v_lub_got>; <Relación 19, τ>; <Relación 21, F_T_max _prom >; <Relación 26, Po_men_esl_rod>
<Relación 1, L_cad>; <Relación 11, v_lub_man>; <Relación 13, v_lub_bañ_acei>; <Relación 14, v_lub_forz >; <Relación 20, F_T>; <Relación 31, Po_trans>;
<Relación 36, n_eje_maq>; <Relación 5, Dc_out>; <Relación 15, lub_man>; <Relación 16, lub_got>; <Relación 17, lub_bañ_acei>; <Relación 18, lub_forz>; <Relación 28, Fc_Zp_esla>; <Relación 29, Fc_Zp_rod>; <Relación 30, Fc_Zp_men_esl>; <Relación 30, Fc_Zp_men_rod >; <Relación 20, Fc_Zp_men_esl_rod>; <Relación 35, t_hl>; <Relación 35, F_T_max>; <Relación 3, fz>; <Relación 4, fy>; <Relación 38, Fseg>

Fuente: Adaptado de Deiros & Alvarez (2011)

En cuanto al desarrollo del aplicativo, inicialmente se genera una interfaz de presentación del programa, indicando el uso específico, tal como se muestra en la Figura 4a. En esta parte se incorporan botones para dirigirse a una segunda interfaz, o interfaz de diseño, y hacia una interfaz de ayuda.

En la interfaz de diseño, ver Figura 4b, el usuario asigna los parámetros del problema tipo a resolver: potencia de motor, factor de servicio, frecuencia de giro del eje conductor o motriz, tipo de relación, relación de transmisión, número de dientes de la catarina menor o piñón, número de hileras o torones de la cadena y distancia entre centros de las catarinas. Como se puede observar, junto a las variables se detallan las unidades y en las diversas zonas de ingreso de información existen recomendaciones técnicas. También, para ingresar el factor de servicio, el tipo de transmisión y el número de torones, se consideró integrar listas desplegables, como se observa en la Figura 4c y 4d.

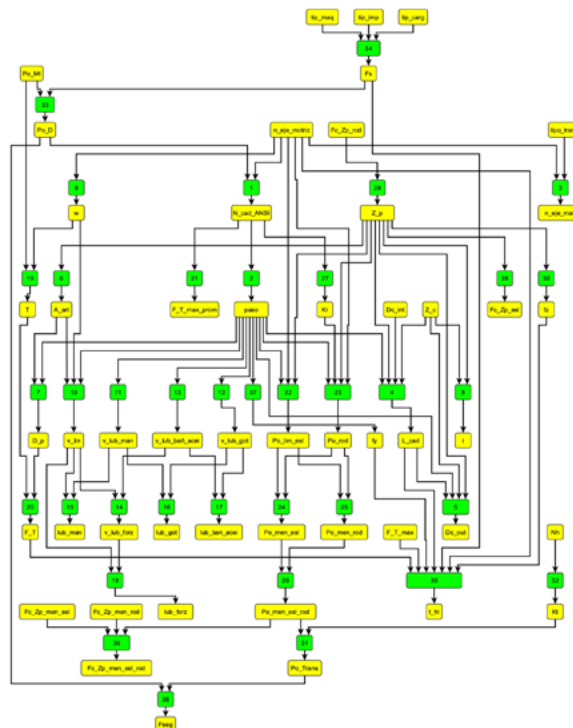


Figura 3: Algoritmo de solución del problema tipo empleado en la programación del aplicativo móvil.

Una vez asignados los datos iniciales, se genera un esquema de la transmisión, mismo que muestra la información previamente asignada, ver Figura 5a. Si los datos ingresados por el usuario son adecuados se procede a realizar la totalidad de cálculos mediante el botón "continuar". Posteriormente, se presentan los resultados, entre ellos: la denominación de la cadena; detallando el paso, el ancho, la carga de rotura, el diámetro del rodillo, tanto en la norma ANSI como la norma ISO, seguido, se exponen la longitud, la distancia entre centros, el factor de seguridad, el tipo de lubricación y la vida útil de la cadena ver Figura 5b. Finalmente, se muestra un esquema de la configuración lograda ver Figura 5c.

En la interfaz de ayuda consta el contexto técnico normativo que sirvió de base para el modelado matemático. También existe una breve explicación sobre el ingreso de datos y los resultados a obtener, así como se muestra en la Figura 5d.

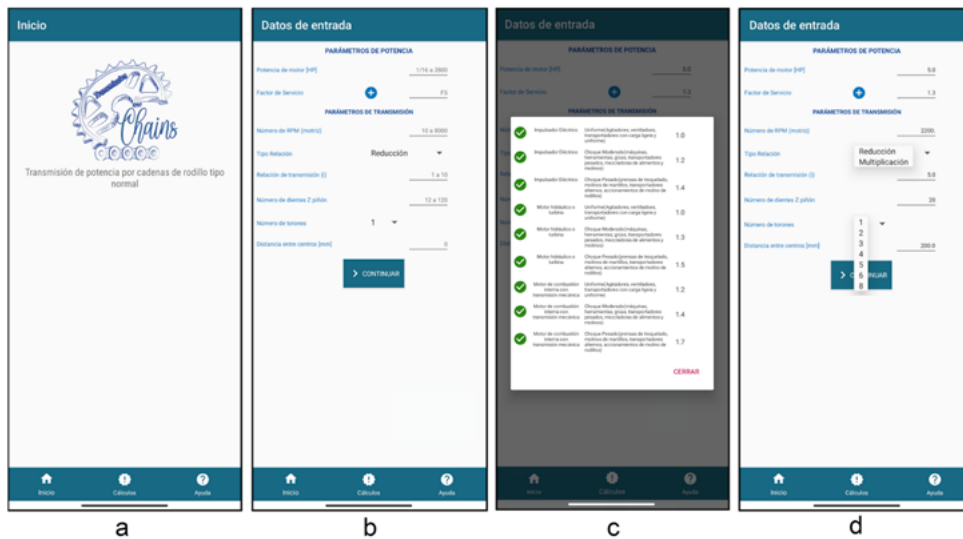


Figura 4: Interfaces de inicio del aplicativo móvil.

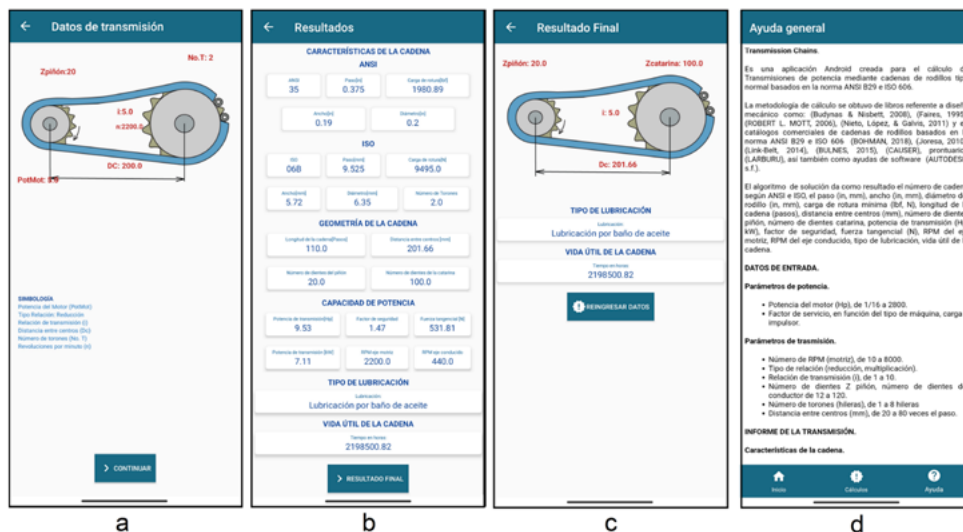


Figura 5: Interfaces de resultados y ayuda del aplicativo móvil.

Con el fin de evaluar los resultados del software móvil, se proponen múltiples casos del problema tipo. Estos se resuelven manualmente y a través del aplicativo. En todos los casos los resultados son precisos, inexistiendo diferencia significativa.

En cuanto al uso del programa sobresale la configuración de la interfaz, resultando fácil de utilizar, amigable para el usuario, brindando una idea clara de la transmisión diseñada, permitiendo, además, reconfigurar o reingresar datos hasta obtener la configuración requerida, logrando flexibilidad y editabilidad características del diseño paramétrico y de las aplicaciones móviles.

4. Conclusiones

El conjunto de expresiones matemáticas basadas en las normativas seleccionadas ha permitido definir exitosamente un modelo matemático para calcular las transmisiones de potencia por cadenas de rodillos. En términos generales, el modelo matemático logrado describe con suficiente detalle la geometría, la capacidad de potencia, el tipo de lubricación recomendada y la vida útil de la transmisión. Está compuesto por 38 relaciones matemáticas y 51 variables.

Las metodologías adoptadas para obtener el algoritmo de solución del problema tipo resultaron ágiles y efectivas, estructurando en 10 pasos la secuencia de solución del problema computacional, así como su nivel de complejidad. Cabe señalar, que en caso de ser aplicadas en modelos de mayor envergadura, es necesario aplicar técnicas adicionales de evaluación de consistencia y solución del problema.

El proceso de programación en el entorno de Android Studio resultó adecuado, además, de garantizar la compatibilidad con dispositivos móviles que utilizan el sistema operativo Android. Esta herramienta de desarrollo de aplicativos permite programar de manera eficaz las diferentes relaciones matemáticas presentes en el modelo matemático planteado, así como las restricciones necesarias para asegurar que la información ingresada por el usuario sea correcta y lógica.

El aplicativo móvil concebido presenta una funcionalidad correcta en los dispositivos Android. Las interfaces logradas se caracterizan por ser intuitivas y amigables. Además, los aspectos de configuración de las diversas interfaces resultaron adecuadas al momento de ingresar la información, gracias a los detalles existentes. Desde el punto de vista de la efectividad en la resolución del problema de diseño, los resultados son altamente precisos, fáciles de interpretar y sobre todo basados en las normativas internacionales vigentes.

Cabe señalar que el modelo matemático planteado puede ser utilizado para resolver diversas tipologías de problemas. Sin embargo, en este caso se ha propuesto solucionar uno de los problemas más comunes de diseño en este tipo de transmisiones. El algoritmo responde exclusivamente a los datos predefinidos como entradas y salidas, sin proporcionar soluciones para otras situaciones. Para abordar diferentes planteamientos, sería necesario llevar a cabo un nuevo análisis y estructuración del algoritmo de solución, lo que resultaría en una aplicación diferente.

5. Referencias Bibliográficas

- Bell, D. (1997, julio 20). Belt and Chain Drives: An Overview. http://www.ele.uva.es/~jesman/BigSeti/ftp/Actuadores/Motores_etc/BeltChan.pdf
- Budynas, R. G., & Nisbett, K. (2019). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (McGraw-Hill Interamericana, Ed.; Novena).
- Deiros, B., & Alvarez, J. (2011). Modelación Matemática y Optimización de sistemas: una propuesta docente metodológica. *Ingeniería Energética*, 23(2), 71 a la 74. <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/237>
- Faires, V. Moring. (1995). Diseño de elementos de máquinas (S. A. Montaner y Simón, Ed.; Cuarta).
- Gasca, M., Camargo, L., & Delgado, B. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Tecnura*, 20-35. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.2.a02>
- González, G., & García, M. E. (2007). Cadenas de rodillos. Tendencias de desarrollo y dimensionales según normas ISO. In *Ingeniería Mecánica (Vol. 2)*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225117646004>
- Hagos, T. (2018). Learn Android Studio 3 Efficient Android App Development. In *Learn Android Studio 3*. Apress, Berkeley, CA. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3156-2_2
- Joresa®. (2019, March 25). Eslabones accesorios para cadenas de rodillos. https://irp-cdn.multiscreensite.com/81612fc9/files/uploaded/cadenas_rodillos_isodin8187.pdf
- Klarić, Š., Hadžiahmetović, H., Novoselović, D., & Havrišan, S. (2019). Implementation and comparative analysis of mobile phone application for learning and teaching in mechanical engineering education. *Tehnicki Vjesnik*, 26(4), 1176-1181. <https://doi.org/10.17559/TV-20180920024253>
- Link Belt®. (2020, febrero 20). Tecnología de cadenas de rodillos. https://lhenriques.com/archivos/catalogo_linkbelt.pdf
- Martínez, J. E., & Rodríguez, L. A. (2022). Uso de aplicaciones móviles como herramienta de apoyo tecnológico para la enseñanza con metodología steam. *Revista Politécnica*, 18(36), 75-90. <https://doi.org/10.33571/RPOLITEC.V18N36A6>
- Myszka, D. H. (2012). MÁQUINAS Y MECANISMOS (PEARSON EDUCACIÓN, Ed.; CUARTO).
- RENOLD®. (2014, julio 22). Renold Chain Selector. <https://www.renoldchainselector.com/ChainSelector>
- Norton, R. L. (2011). DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado: Vol. IV (Pearson Educación, Ed.).
- SKF®. (2021, March 5). SKF Chain Drive Design Calculations (Herramienta SKF para el cálculo de los diseños de transmisión por cadenas) | SKF. <https://www.skf.com/co/support/engineering-tools/chain-drive-design-calculations>

Recibido: 19 de abril de 2023

Aceptado: 29 de junio de 2023